Проф. К. Кейльгакъ.

ПОДЗЕМНЫЯ ВОДЫ
и
ИСТОЧНИКИ

РУКОВОДСТВО ДЛЯ ГЕОЛОГОВЪ, ГИДРОЛОГОВЪ, ГИДРОТЕХНИКОВЪ, ИНЖЕНЕРОВЪ, АГРОНОМОВЪ, СЕЛЬСКИХЪ ХОЗЯЕВЪ И ВРАЧЕЙ.

Авторизованный переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей

прив.-доц. **П. В. Отоцкаго.**

Председателя Геолог. Ком. И. Р. Геогр. О-ва.

Съ дополненіями адъюнкт-геолога **А. Д. Архангельскаго** и редактора.

ПОДЗЕМНЫЯ ВОДЫ

и

ИСТОЧНИКИ.

Проф. К. КЕЙЛЬГАКЪ.

ПОДЗЕМНЫЯ ВОДЫ

и

ИСТОЧНИКИ.

РУКОВОДСТВО ДЛЯ ГЕОЛОГОВЪ, ГИДРОЛОГОВЪ, ГИДРОТЕХНИКОВЪ, ИНЖЕНЕРОВЪ, АГРОНОМОВЪ, СЕЛЬСКИХЪ ХОЗЯЕВЪ И ВРАЧЕЙ.

АВТОРИЗ. ПЕРЕВОДЪ СЪ НѢМЕЦКАГО, ПОДЪ РЕДАКЦІЕЙ

прив.-доц. **П. В. ОТОЦКАГО,**

Предсѣдателя Гидрол Ком И Р Геогр О-ва.

Съ дополненіями адъюктъ-геолога **А. Д. Стопневича** и **редактора.**

Съ 249 иллюстраціями въ текстѣ.

1914.

Изданіе журнала „ПОЧВОВѢДѢНІЕ“.
С.-Петербургъ.
1914.

Печ въ тип. К Маттисена, Юрьевъ, Лифл

Отъ редактора.

Книга Кейльгака — первое и единственное полное научное руководство по подземной гидрологіи. Насущная потребность въ такомъ руководствѣ ощущалось давно, но въ настоящій моментъ, когда наше правительство, законодательныя палаты, общественныя организаціи, печать — охвачены небывалымъ стремленіемъ къ поднятію производительныхъ силъ страны (землеустройство, колонизація, поднятіе агрикультуры, меліораціи и пр.), самый успѣхъ предпринимаемыхъ грандіозныхъ работъ въ немалой степени зависитъ отъ распространенія именно тѣхъ свѣдѣній, какія содержатся въ предлагаемомъ сочиненіи. Вотъ почему редакція „Почвовѣдѣнія“, не колеблясь, пошла навстрѣчу пожеланію ея сотрудниковъ и друзей — издать книгу Кейльгака на русскомъ языкѣ.

Въ первоначальный планъ изданія входило: снабдить текстъ оригинальными дополненіями, касающимися нѣкоторыхъ научныхъ вопросовъ гидрогеологіи, а также иллюстрировать примѣрами изъ русской природы и гидрологической практики. Такія примѣчанія для первыхъ главъ были даже составлены, но при этомъ выяснилось, что они грозятъ увеличить объемъ книги чутьли не вдвое и, слѣдовательно, не по средствамъ издателямъ; кромѣ того, они сильно задержали-бы и безъ того затянувшееся, вслѣдствіе типографской забастовки, печатаніе книги. Такимъ образомъ, пришлось отказаться отъ дополненій, оставивъ ихъ только для главъ о водномъ правѣ и законодательствѣ. Въ пользу принятаго рѣшенія говорили и слѣд. соображенія: въ настоящее время, насколько редакціи извѣстно, по иниціативѣ проф. П. Н. Чирвинскаго, планируется изданіе детальнаго очерка подземныхъ водъ Россіи, основаннаго на обширномъ литературномъ матеріалѣ; что-же ка-

сается научныхъ вопросовъ гидрогеологіи, то имъ всецѣло будетъ посвящена первая часть „Грунтовыхъ водъ“, подготовляемая къ печати нижеподписавшимся. Изъ нея, между прочимъ, будетъ видно, что отсутствіе примѣчаній въ настоящемъ сочиненіи было-бы ошибочно приписывать полному совпаденію во взглядахъ автора (проф. Кейльгака) и редактора по всѣмъ научнымъ вопросамъ гидрогеологіи.

Не обошлось безъ затрудненій при переводѣ нѣкоторыхъ спеціальныхъ терминовъ, въ особенности такихъ, которые не привились въ русской геологической литературѣ, напр., „дилювій“, геологическая „формація“ (въ смыслѣ „система“) и др. Однако, первый терминъ мы рѣшили сохранить для обозначенія древнихъ наносовъ; второй-же примѣняли лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда рѣчь идетъ не столько о возрастѣ, сколько объ опредѣленныхъ свойствахъ той или иной одновозрастной свиты горныхъ породъ. Терминъ „грунтовыя воды“ выдѣленъ для обозначенія перваго, ближайшаго къ земной поверхности уровня водъ. Въ транскрипціи иностранныхъ собственныхъ именъ мы держались правила — гдѣ возможно писать ихъ по-русски, но въ иностранномъ произношеніи.

Кромѣ редактора, въ переводѣ книги принимали участіе геологи Е. А. Толмачева-Карпинская, П. В. фонъ Виттенбургъ, А. Д. Стопневичъ, почвовѣдъ-химикъ А. И. Хаинскій и ученый лѣсоводъ Г. К. Линде; наибольшая работа пришлась на долю послѣднихъ трехъ. А. Д. Стопневичу принадлежитъ и переработка юридическихъ главъ.

П. Отоцкій.

Мартъ, 1914.

СОДЕРЖАНІЕ.

Введеніе.

Стр.

Глава 1. Значеніе подземныхъ водъ въ жизни человѣка 1

I. Вспомогательныя для подземной гидрологіи знанія.

1. Гидрологическія основы ученія о подземныхъ водахъ.

Глава 2 Предварительныя петрографическія свѣдѣнія. Составъ изверженныхъ, метаморфическихъ и осадочныхъ породъ. Типы порозности. Цементація. Обломочныя породы 5

Глава 3. Образованіе рыхлыхъ проницаемыхъ породъ: 1) путемъ разрушенія твердыхъ породъ на мѣстѣ, 2) разрушительнымъ дѣйствіемъ морского прибоя, 3) путемъ переноса рѣкою, 4) — вѣтромъ, 5) — ледникомъ, 6) дѣйствіемъ вулканическихъ силъ, 7) силою тяжести 17

Глава 4. Слоистость и трещиноватость Выклиниваніе слоевъ 31

Глава 5. Условія залеганія горныхъ породъ. Напластованія согласное и иесогласное. Складчатость. Флексуры 34

Глава 6. Трещиноватость и изломы горныхъ породъ. Скважины, щели, волосные ходы. Формы отдѣльностей 40

Глава 7. Нарушенія напластованій. Сбросы, сдвиги, перебросы. Зоны дислокацій. Горсты и грабены 47

Глава 8. Происхожденіе пустотъ въ земной корѣ. Первичныя пустоты: лавовыя, коралловыя. Вторичныя пустоты: въ известнякахъ, гипсахъ и песчаникахъ. Карстовыя явленія 53

Глава 9. Основы стратиграфіи Таблица геологическихъ періодовъ и системъ 56

2. Основы химическаго изученія подземныхъ водъ.

Глава 10. Хнмія атмосферныхъ агентовъ. Растворимость породообразующихъ минераловъ въ водѣ Химическое дѣйствіе почвенной влажности и грунтовой воды 59

3. Основы физическаго изученія подземныхъ водъ.

Глава 11. Нѣкоторые законы гидромеханики 68

II. Ученіе о подземныхъ водахъ.

1. Происхожденіе подземныхъ водъ.

Стр.

Глава 12. Опредѣленіе понятій: грунтовыя воды, подземная гидрологія, зеркало и скатерть грунтовыхъ водъ, водоносный слой, водоупорное ложе, грунтовый водораздѣлъ, горизонтъ и ярусы подземныхъ водъ; источники, линія и горизонтъ ключевыхъ водъ; обыкновенныя и артезіанскія подземныя воды; профиль грунтовой воды 70

Глава 13. Балансъ подземной влаги. Расходъ: стокъ, потребленіе растительностью, испареніе, химическое связываніе, потребленіе человѣкомъ. Приходъ: осадки, конденсація, ювенильныя воды . . 74

Глава 14. Историческое развитіе воззрѣній на происхожденіе грунтовыхъ водъ: Платовъ, Аристотель, Ѳалесъ, Лукрецій Каръ, Витрувій, Гельмонтъ, Кеплеръ, Агрикола, Декартъ, Кюнъ, Кирхеръ, Палисси, Фоссій, Маріоттъ, Деламетри, Кеферштейнъ, Фольгеръ . 77

Глава 15. Теоріи подземныхъ водъ: a) инфильтраціонная, b) конденсаціонная. Испареніе, поверхностный стокъ, просачиваніе. Вліяніе растительности. Рѣчной стокъ. Теорія паросферической влаги. Основанія конденсаціонной теоріи 88

Глава 16. Формы почвенной влаги. Ледъ, грунтовый ледъ, почвенная и грунтовая влажность. Капиллярная и капельножидкая влага. Газообразная вода. Химически связанная вода 102

2. Физическія свойства горныхъ породъ по отношенію къ водѣ.

Глава 17. Водоудерживающая и водопроводящая способность породъ. Почвенно-грунтовая влажность Водоупорныя и слабо водопоглощающія породы. Водонепроницаемыя и сильно водопоглощающія породы. Труднопроницаемыя и сильно водопоглощающія породы. Легкопроницаемыя и сильно водопоглощающія породы. 104

Глава 18. Капиллярность. Установленіе понятія. Экспериментальное опредѣленіе. Числовыя данныя 109

Глава 19. Порозность горныхъ породъ и ея опредѣленіе. Объемный вѣсъ. Объемъ поръ. Способы опредѣленія. Числовыя данныя . . . 111

Глава 20. Опредѣленіе паденія грунтовыхъ водъ. Измѣреніе уровня. Изготовленіе гидрогеологическихъ картъ. Опредѣленіе по тремъ точкамъ 113

Глава 21. Опредѣленіе сопротивленія горныхъ породъ на треніе 120

Глава 22. Температурныя условія подземныхъ и ключевыхъ водъ. Теплые и холодные источники. Колебанія температуры и ихъ значеніе. Непостоянство температуры подземныхъ водъ. Причина нагрѣванія горячихъ источниковъ. Пониженіе температуры съ высотой. Примѣненіе термическихъ наблюденій 123

3. Грунтовыя воды въ рыхлыхъ водопроницаемыхъ образованіяхъ.

Глава 23. Движеніе грунтовой воды въ почвѣ при отсутствіи водонепроницаемыхъ пластовъ. Грунтовыя озера, потоки, водопады . . 133

Глава 24. Грунтовыя воды въ мергвыхъ долинахъ. Сѣверо-германскія древнія долины. Старыя долиины средней Германіи 135

Глава 25. Грунтовыя воды въ живыхъ долинахъ. Взаимоотношенія между рѣчной и грунтовой водою 143

Стр.

Глава 26. Грунтовыя воды на дилювіальныхъ плато. Наивысшія залеганія грунтовыхъ водъ въ ихъ отношеніи къ поверхностнымъ водораздѣламъ 149
Глава 27. Грунтовыя воды въ дюниыхъ областяхъ 154
Глава 28. Взаимоотношенія прѣсныхъ и соленыхъ водъ на водопроницаемыхъ побережьяхъ. Принципъ Герцберга и Бадонъ-Гюйбенса. Прѣсныя и соленыя воды подъ островами и въ прибрежныхъ областяхъ 155
Глава 29. Соотношеніе между грунтовыми и поверхностными потоками. Просачиваніе рѣчныхъ водъ въ рыхлыхъ и твердыхъ породахъ. Отношеніе грунтовыхъ водъ къ рѣчнымъ въ долинахъ Шпре, Одера, Майна и Дуная 165
Глава 30. Колебаніи уровня грунтовыхъ водъ. Недостатокъ насыщенія. Годовыя колебанія для Мюнхена, Берлина, Франкфурта на М., Брюнна и Бремена 187
Глава 31. Режимъ грунтовыхъ водъ при чередованіи водопроницаемыхъ и непроницаемыхъ слоевъ. Равнинное и линзеобразное водоупорное ложе 201
Глава 32. Искусственное пониженіе грунтовыхъ водъ и сопутствующія ему явленія. Длительное пониженіе, воронка пониженія, районъ откачки. Кривыя пониженія. Использованіе температурныхъ наблюденій 213

4. Подземныя воды въ твердыхъ въ общемъ водопроницаемыхъ породахъ.

Глава 33. Подземныя воды въ обыкновенныхъ твердыхъ породахъ. Движеніе воды по трещинамъ и разсѣлинамъ. Скорость движенія. Нижняя граница трещинныхъ водъ. Активная, пассивная и нейтральная зоны. Вода въ трещиноватыхъ прослойкахъ въ массѣ водонепроницаемыхъ плотныхъ породъ 225
Глава 34. Гидрографическія условія карстовыхъ областей. Формы поверхности карстоваго ландшафта. Карры, воронки, мульды и провалья. Гидрографическое различіе между карстомъ и некарстомъ. Гипотеза карстовыхъ водъ Грунда. Непостоянство уровня трещинныхъ водъ 236

5. Артезіанскія воды.

Глава 35. Опредѣленіе попятій и историческія данныя. Водонапорная система. Высота напора. Піэзометрическій уровень. Плоскость давленія. Водонапорныя линіи 252
Глава 36. Формы залеганія горныхъ породъ, необходимыя для образованія артезіанской воды. Мульдообразное залеганіе. Флексуры. Наклонные пласты. Смѣна водопроницаемыхъ и непроницаемыхъ слоевъ. Водонепроницаемые прослои. Налеганіе водонепроницаемыхъ слоевъ. Уменьшающаяся кверху проницаемость согласныхъ напластованій. Образованіе пустотъ и трещинъ . . . 255
Глава 37. Происхожденіе артезіанскихъ водъ и образованіе гидростатическаго давленія. Тепловыя условія 262
Глава 38. Измѣренія напора и водонапорныя линіи. Положительное и отрицательное положеніе піэзометрической плоскости по отношенію къ земной поверхности. Вліяніе источниковаго стока на форму піэзометрической поверхности 266

Стр.

Глава 39. Производительность или дебитъ артезіанскихъ колодцевъ. Кривыя пониженія артезіанскихъ и обыкновенныхъ водъ. Осиовы артезіанскаго водоснабженія. Положеніе и размѣры области питанія. Взаимовліяніе артезіанскихъ колодцевъ 270

Глава 40. Описаніе артезіанскихъ бассейновъ. Парижскій бассейнъ. Южная Дакота, Уисконсинъ, Техасъ, Ореталь, провинція Позенъ, область сѣверо-германской мульды, Венеція, Ломбардская низменность . 279

6. Происхожденіе источниковъ.

Глава 41. Введеніе. Классификація источниковъ. Источники въ наносахъ и коренныхъ породахъ. Восходящіе и нисходящіе источники . 298

Глава 42. Нисходящіе источники: 1. Съуженіе профиля водоноснаго слоя. Уменьшеніе площади сѣченія. Уменьшеніе водопроводимости водоноснаго слоя. Уменьшеніе паденія водоноснаго горизонта. Примѣры 300

Глава 43. Нисходящіе источники: 2. Естественный предѣлъ водоноснаго слоя. Лавовые источники. Источники въ наносахъ 303

Глава 44. Нисходящіе источники: 3. Пластовые источники въ эрозіонныхъ обнаженіяхъ. Обзоръ водопроницаемыхъ и водоупорныхъ слоевъ въ отдѣльныхъ формаціяхъ сѣверной Германіи. Горизонтальное и наклонное залеганіе водоупорныхъ слоевъ. Примѣры . 307

Глава 45. Нисходящіе источники: 4. Переливающіеся источники. Воклюзъ. Пфальцъ. Мейснеръ. Альпы 319

Глава 46. Нисходящіе источники: 5 Плотинные источники. Примѣры . . 330

Глава 47. Нисходящіе источники: 6. Трещинные источники 333

Глава 48. Нисходящіе источники: 7. Сбросовые источники. Примѣры . . 334

Глава 49. Нисходящіе источники: 8. Перемежающіеся источники. Объясненіе механизма. Примѣры 339

Глава 50. Восходящіе источники: 1. Поднятіе вслѣдствіе гидростатическаго давленія. a) Пластовые источники. b) Сбросовые источники. Примѣры 342

Глава 51. Восходящіе источники: 2. Поднятіе газами. a) Водяные пары. b) Углекислота. c) Углеводороды 349

Глава 52. Измѣнчивость источниковъ въ отношеніи химическаго состава, температуры и дебита Кривыя производительности. Примѣры. Вліяніе землетрясеній на источники и подземныя воды 358

7. Химія подземныхъ водъ.

Глава 53. Общія замѣчанія о химизмѣ минерализованныхъ водъ. Формы растворимыхъ солей. Іонизація. Электролиты и неэлектролиты. Электролитическая диссоціація. Степень диссоціаціи. Анализъ минерализованныхъ водъ 370

Глава 54. Происхожденіе солей и газовъ вь обыкновенныхъ грунтовыхъ и минеральныхъ водахъ a) Твердыя растворимыя составныя части: хлориды, сульфаты, сульфиды, карбонаты, желѣзо, марганецъ, литій, стронцій, барій, фосфаты, борная кислота, мышьякъ, кремнекислота, амміакъ, азотная и азотистая кислоты. b) Газообразныя составныя части. Классификація минеральныхъ источниковъ. 1. Холодные источники. 2. Теплые источники. 3. Кислые 4. Щелочноземельные. 5. Щелочные. 6. Соляные. 7 Горькосоленые. 8. Желѣзистые. 9. Сѣрные. Опредѣленіе и примѣры 381

Стр

Глава 55. Вліяніе водоноснаго слоя на химическій составъ воды. Анализы Мейснерскихъ минеральныхъ водъ въ порядкѣ проходимыхъ горныхъ породъ 395

Глава 56. Отложенія подземныхъ водъ и источниковъ. Желѣзо, известковый туфъ, пизолитъ, кремнистый туфъ, сѣра, органическіе осадки. Естественное расширеніе путей ключевыхъ водъ 402

8. Изслѣдованіе подземныхъ водъ.

Глава 57. Пріемы взятія пробъ. Взятіе пробъ изъ источниковъ и буровыхъ скважинъ. Количество воды. Температура воды. Бѣглыя испытанія на глазъ, вкусъ, запахъ и реакціи. Особенности мѣстныхъ и метеорологическихъ условій 408

Глава 58. Бактеріологическое изслѣдованіе. Взятіе пробъ, посѣвъ, приготовленіе питательной среды, исчнслеиіе зародышей 415

Глава 59. Опредѣленіе взвѣшенныхъ твердыхъ частицъ, сухого остатка и жесткости 421

Глава 60. Опредѣленіе вредныхъ веществъ. Качественное опредѣленіе азотной и азотистой кислотъ, амміака, сѣрной кислоты, хлора, сѣроводорода и углекислоты 425

Глава 61. Автоматическая запись колебаній соленосности воды 429

9. Развѣдки на воду.

Глава 62. Поиски источниковъ. Заболачиваніе склоновъ, отложенія известковаго туфа, образовавіе иишъ вслѣдствіе оползней, желѣзняки, метеорологнческіе и біологическіе признаки. Отысканіе источниковъ въ твердыхъ породахъ при ихъ горизонтальномъ, наклонномъ, складчатомъ, плитчатомъ и трещиноватомъ сложеніи, при налнчности вулканическихъ явленій, въ щебенчатыхъ конусахъ и террасахъ. Развѣдки въ рыхлыхъ породахъ, преимущественно въ ледниковыхъ отложеніяхъ. Разсмотрѣніе источниковъ съ точки зрѣнія ихъ происхожденія и санитарнаго значенія. Правила и наставленія прн каптажѣ источниковъ. Каптажи минеральныхъ источниковъ 435

Глава 63. Поиски грунтовыхъ водъ и выясненіе геологическаго строенія и гидрографическихъ условій. Развѣдки буреніемъ 455

Глава 64. Опредѣленіе дебита грунтовыхъ водъ и источниковъ. Методы измѣреній. Сужденіе о производительности ключей. Опредѣленіе производительности подземныхъ водъ. Опредѣленіе быстроты теченія источниковъ. Методы А. Тима и Слихтера. Методъ Тнма опредѣленія количества подземныхъ водъ. Спеціальный дебитъ. Методы вычисленій Рихерта. Методъ Г. Тима. Опыты съ длительной откачкой 460

Глава 65. Изслѣдованіе потоковъ подземныхъ водъ 470

Глава 66. Минировка буровыхъ скважинъ 474

III. Водное право и законодательство.

Глана 67. Подземныя и ключевыя воды съ юридической точки зрѣиія Водное законодательство въ различныхъ странахъ. Баденъ. Вюртембергъ. Саксонія. Баварія. Водное законодательство въ Россіи. Австрія. Венгрія. Франція. Соедин. Штаты Сѣв. Америки. Австралія 476

Стр.

Глава 68. Законодательныя нормы относительно охраны источниковъ, имѣющихъ общественное значеніе. Баварія. Вюртембергъ. Саксонія. Франція. Россія 494
Глава 69 Охрана артезіанскихъ водъ отъ истощенія 507

Приложеніе.

Глава 70. Схематическій очеркъ залеганія грунтовыхъ водъ на равнинѣ Евр. Россіи 516
Указатель мѣстностей 523
Указатель авторовъ 533

ВВЕДЕНІЕ.

ГЛАВА 1.

О значеніи грунтовыхъ водъ въ жизни человѣка.

Ученіе о водныхъ источникахъ и грунтовыхъ водахъ, т. е. ученіе о происхожденіи, передвиженіи и выходѣ воды, циркулирующей подъ земною поверхностью, имѣетъ выдающееся практическое значеніе. Съ древнѣйшихъ временъ обитаемость какой либо мѣстности обусловливалась наличностью воды, скрытой на незначительной глубинѣ или выходящей на поверхность въ видѣ источниковъ. На тѣсную связь, существующую между обитаемостью и условіями воднаго режима, указываютъ названія многихъ поселеній, каковы: Lippspringe, Heilbronn, Paderborn. Въ болѣе широкомъ масштабѣ эта зависимость иллюстрируется тѣмъ обстоятельствомъ, что всѣ болѣе или менѣе крупные древніе города возникли на мѣстахъ, располагавшихъ большими количествами легко доступной воды: можно указать хотя бы на Римъ, Вѣну, Парижъ. Эту связь, однако, можно прослѣдить и на городахъ позднѣйшаго происхожденія. Въ Лондонѣ всѣ старыя части города пріурочены къ хрящеватой почвѣ, богатой грунтовыми водами, всѣ же промежуточныя части, съ выходящими на поверхность эоценовыми неводоносными глинами, были застроены лишь впослѣдствіи. То же въ Берлинѣ: старый городъ залегъ въ долинѣ рѣки Шпре, между тѣмъ какъ болѣе возвышенные сѣверные и южные районы были заселены лишь послѣ устройства водопровода. Въ горныхъ областяхъ, бѣдныхъ водою, поселенія тѣснятся въ районахъ водныхъ источниковъ, что наблюдается, напр., у подножія Швабскихъ горъ, а также въ нѣкоторыхъ частяхъ Шампани. Но зависимость между обитаемостью и выходомъ водныхъ источниковъ или возможностью вывода ихъ на земную поверхность особенно наглядна въ пустыняхъ, гдѣ единственными заселенными мѣстами, оазисами, являются мѣстности, въ которыхъ

Да и всѣ, вообще, отрасли промышленности предъявляютъ очень значительные запросы на воду. Для многочисленныхъ химическихъ, сахарныхъ, крахмальныхъ, пивоваренныхъ заводовъ, электрическихъ станцій расходъ воды въ 5—10 куб. метр. въ минуту является правиломъ, при чемъ количества ея, расходуемаго однимъ такимъ предпріятіемъ крупныхъ размѣровъ, было бы достаточно для обихода цѣлаго города съ сотнями тысячъ жителей. Если вода для нуждъ промышленности не можетъ быть взята изъ открытыхъ водоемовъ и водныхъ артерій, то средства къ извлеченію ея изъ нѣдръ земныхъ должны быть указаны ученіемъ о подземныхъ водахъ.

Весьма важную роль подземныя воды играютъ также въ стоительномъ дѣлѣ. Укажемъ хотя бы на затрудненія, которыя возникали при устройствѣ туннелей въ горахъ, гдѣ мѣстами (Монсенисъ) горныя породы оказывались настолько сухими, что даже воду, необходимую для производства работъ, приходилось проводить со стороны, въ другихъ же случаяхъ, наоборотъ, изобиліе подземныхъ водъ, направшихъ со всѣхъ сторонъ, создавало величайшія неудобства.

Даже въ обыкновенныхъ желѣзнодорожныхъ выемкахъ водоносность пересѣченныхъ пластовъ важна въ томъ отношеніи, что ею могутъ быть вызваны сдвиги и оползни откосовъ, ведущіе къ необходимости иногда обширныхъ ремонтныхъ работъ.

При устройствѣ современныхъ подземныхъ путей, съ грунтовыми водами приходится, разумѣется, сильно считаться, и какія исполинскія сооруженія необходимы для осушки участковъ предполагаемаго пути — объ этомъ наглядное свидѣтельство представила постройка подземной дороги въ Берлинѣ.

Но и при возведеніи обыкновенныхъ наземныхъ построекъ нельзя игнорировать условій воднаго режима грунта. Устройство фундамента на пескѣ-плывунѣ, напр., сопряжено подчасъ съ очень большими трудностями, при чемъ можетъ явиться необходимость особыхъ осушительныхъ работъ или потребоваться закладка чрезвычайно глубокаго и дорогого фундамента. Въ тѣхъ случаяхъ, когда приходится строить глубоко подъ земной поверхностью, напр., при сооруженіи подвальныхъ помѣщеній большихъ театровъ, оборудованіе наносовъ, для удаленія воды изъ ямъ и рвовъ, опредѣляется на основаніи вычисленія возможнаго количества грунтовой воды.

Выдающаяся роль подземной воды въ дѣлѣ прорытія каналовъ понятна сама собой, ибо здѣсь, съ одной стороны, должно быть обезпечено питаніе канала сосѣдними резервуарами грунтовой воды, съ другой — должна быть устранена возможность ухода воды канала черезъ водопроницаемые пласты его русла.

есть родники или гдѣ вода можетъ быть добыта устройствомъ колодцевъ.

Ученіе о подземныхъ водахъ имѣетъ первостепенное значеніе для самыхъ разнообразныхъ дисциплинъ и, прежде всего, въ области современной гигіены. Примитивный способъ снабженія хозяйства водою изъ колодцевъ въ наше время постепенно замѣняется центральнымъ водоснабженіемъ; здѣсь-то подземной гидрологіи и принадлежитъ указаніе путей и средствъ, отысканіе тѣхъ мѣстъ, гдѣ съ успѣхомъ могли бы быть предприняты поиски на воду и опредѣленіе возможныхъ ея запасовъ.

Ученію о почвенныхъ водахъ суждено играть немаловажную роль и въ вопросѣ объ удаленіи сточныхъ водъ, такъ какъ при современной системѣ на небольшихъ, сравнительно, площадяхъ, съ цѣлью очищенія и фильтраціи, почвѣ возвращаются большія количества воды, которыя, поступая въ круговоротъ грунтовыхъ водъ, вызываютъ въ нихъ существенныя, а иногда и очень важныя, измѣненія.

Далѣе, для многочисленныхъ отраслей современной техники знаніе и изученіе водныхъ условій подпочвы имѣетъ большое значеніе, которое съ полной ясностью хотя и сказалось лишь въ прошломъ столѣтіи, но съ тѣхъ поръ, въ виду изумительнаго роста промышленности и развитія путей сообщенія, постоянно и неуклонно возрастаетъ.

Изъ всѣхъ отраслей индустріи горное дѣло слѣдуетъ признать наиболѣе заинтересованнымъ въ водномъ вопросѣ. Извѣстно, какихъ значительныхъ жертвъ требуетъ борьба съ притекающею въ шахты грунтовой водой. Даже судьба цѣлыхъ горнопромышленныхъ районовъ зависитъ иногда единственно отъ возможности полнаго удаленія подземныхъ водъ. Напомнимъ лишь объ ужасныхъ катастрофахъ въ соляныхъ копяхъ, которыя были вызваны именно прорывомъ воды; напомнимъ о тѣхъ затрудненіяхъ, съ которыми такъ часто приходится бороться въ мѣстахъ добычи бураго угля.

Открытыя разработки рудъ, бураго угля и другихъ полезныхъ ископаемыхъ, какъ и работы въ каменоломняхъ, могутъ преуспѣвать также лишь при условіи успѣшнаго удаленія подземныхъ водъ. Быстрое развитіе машиностроенія сдѣлало въ настоящее время доступными тѣ залежи ископаемыхъ, эксплоатація которыхъ, вслѣдствіе слишкомъ неблагопріятныхъ водныхъ условій, была невозможна для нашихъ предковъ. Производится же теперь открытая разработка даже въ такихъ мѣстахъ, гдѣ самая возможность эксплоатаціи связана съ необходимостью перекачиванія громадныхъ количествъ воды, до 150,000 литровъ въ минуту.

Къ тому же каналъ, пересѣкая возвышенную гряду, можетъ вызвать существенныя измѣненія въ условіяхъ воднаго режима окружающей мѣстности, что наблюдается, напр., въ районѣ возвышенности, расположенной къ югу отъ Берлина и пересѣченной Телтовскимъ каналомъ, а также — въ области канала, соединяющаго Сѣверное море съ Балтійскимъ.

Въ дѣлѣ устройства искусственныхъ водоемовъ съ цѣлью задержанія рѣчной воды для утилизированія ея живой силы учению о подземныхъ водахъ принадлежитъ рѣшеніе немаловажныхъ вопросовъ, каковы: установленіе степени питанія водоема грунтовыми водами, изслѣдованіе возможности ухода ея черезъ сосѣднія горныя породы, указаніе средствъ къ устраненію этой опасности.

Въ задачи ученія о грунтовыхъ водахъ входятъ также отысканіе, открытіе и защита цѣлебныхъ источниковъ — термальныхъ и минеральныхъ, — которыми въ бальнеологическомъ леченіи такъ широко пользуется современная медицина.

Значеніе почвенныхъ водъ въ органической жизни природы, разумѣется, чрезвычайно велико, и это въ полной мѣрѣ отражается, прежде всего, на сельскомъ хозяйствѣ. Гдѣ нѣтъ воды въ почвѣ, гдѣ не выпадаетъ достаточнаго количества атмосферныхъ осадковъ, тамъ нѣтъ и растительной, а стало быть — и животной жизни, тамъ нѣтъ и людскихъ поселеній. Но выводомъ на земную поверхность источниковъ, открытыхъ въ нѣдрахъ земной коры, проведеніемъ воды изъ сосѣднихъ, иногда очень отдаленныхъ рѣчныхъ системъ для устройства искусственного орошенія, человѣку удалось превратить въ цвѣтущія нивы и раіїскіе сады большія площади такихъ враждебныхъ культурѣ областей. Чрезвычайно много сдѣлано въ этомъ отношеніи въ безводной западной части Соединенныхъ Штатовъ Сѣверной Америки, во многихъ мѣстахъ Австраліи, въ Индіи.

Однако, и внѣ этихъ рѣзкихъ контрастовъ, въ предѣлахъ отдѣльнаго хозяйства, важность грунтовыхъ водъ вполнѣ очевидна. Сельское хозяйство различаетъ два основныхъ вида, землепользованія: пашню и лугъ. Ихъ различіе въ условіяхъ воднаго режима: луга пріурочены къ низкимъ мѣстамъ съ избыткомъ влаги, пашня занимаетъ пространства болѣе возвышенныя и болѣе сухія. Здѣсь-то, въ области регулированія водныхъ условій почвы, путемъ ли искусственнаго орошенія или устройствомъ дренажа, открывается широкое поле дѣятельности для техники воднаго хозяйства, которая, съ своей стороны, найдетъ весьма цѣнныя указанія въ ученіи о подземныхъ водахъ.

I. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЯ ДЛЯ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОЛОГІИ ЗНАНІЯ.

Въ ряду вспомогательныхъ для ученія о подземныхъ водахъ и источникахъ наукъ первое мѣсто занимаетъ геологія, послѣдующее — физика и химія. Поэтому необходимо прежде всего дать представленіе объ основахъ этихъ трехъ наукъ, имѣющихъ столь большое значеніе для предмета нашего изложенія.

1. Геологическія основы ученія о подземныхъ водахъ.

Ученіе о подземныхъ водахъ представляетъ собою крупный отдѣлъ общей геологіи. Съ другой стороны, наиболѣе важное значеніе для подземной гидрологіи имѣютъ слѣдующія четыре отрасли геологическихъ знаній:

1) Петрографія или ученіе о составныхъ частяхъ горныхъ породъ.

2) Динамическая геологія, поскольку она занимается вопросами образованія рыхлыхъ обломочныхъ и разрушенія плотныхъ породъ.

3) Тектоника или ученіе о характерѣ залеганія и строенія породъ.

4) Стратиграфія или ученіе о возрастѣ породъ.

ГЛАВА 2.

Предварительныя петрографическія свѣдѣнія.

Составъ породъ имѣетъ двоякій интересъ: съ одной стороны, онъ вліяетъ на химическій составъ воды, а съ другой — механическое соединеніе отдѣльныхъ частицъ породы обусловливаетъ ея большую или меньшую водопроницаемость.

По своему habitus'у, породы раздѣляются на кристаллическія и на кластическія или обломочныя.

а) Въ кристаллическихъ породахъ мы находимъ слагающіе ихъ минералы или въ видѣ вполнѣ развившихся, ограниченныхъ ровными плоскостями кристалловъ, или—разнообразно сросшимися, такъ что отдѣльныя зерна не могли достигнуть развитія своей кристалличности, не смотря на отсутствіе между ними связочнаго матеріала. Типичнымъ примѣромъ кристаллической породы можетъ служить гранитъ.

b) Имъ противопоставляются кластическія или обломочныя породы, сложенныя изъ отдѣльныхъ минераловъ или обломковъ, образующія при этомъ скопленія рыхлыя или-же связанныя особымъ цементомъ. Если отдѣльныя включенія обломочной породы угловаты и ребристы, то она носитъ названіе брекчіи; напротивъ, при большей или меньшей окатанности составныхъ частей говорятъ о конгломератахъ. Если размѣръ зерна отдѣльныхъ обломочныхъ частицъ достигаетъ незначительной величины и сцементированныя зерна окатаны, порода называется песчаникомъ, при угловатости же зеренъ — граувакко́й. По достиженіи размѣра отдѣльныхъ обломочныхъ частичекъ величины неразличимой болѣе невооруженнымъ глазомъ образуются различныя глинистыя породы.

Другое дѣленіе породъ основано на различіи въ ихъ образованіи; подраздѣляются онѣ такимъ образомъ на три большихъ группы. Первая обнимаетъ всѣ породы, которыя излились въ расплавленномъ состояніи наружу изъ нѣдръ земли и образовались при охлажденіи расплавленнаго потока. Называются онѣ изверженными или эруптивными породами

Вторая группа обнимаетъ всѣ породы, возникшія путемъ осажденія въ водѣ или воздухѣ; онѣ называются осадочными или слоистыми породами.

Между этими двумя группами находится третья — кристаллическіе сланцы. Она включаетъ кристаллическія сланцевыя породы, которыя представляютъ собою или измѣненныя осадочныя, или осланцевавшіяся путемъ давленія изверженныя породы.

а) ИЗВЕРЖЕННЫЯ ПОРОДЫ.

Важнѣйшими минералами, принимающими участіе въ строеніи эруптивныхъ породъ, являются кварцъ, полевой шпатъ, слюда, авгитъ, роговая обманка, нефелинъ, лейцитъ, оливинъ и нѣкоторые другіе слѣдующаго химическаго состава:

кварцъ = SiO_2 = чистая кремневая кислота

полевой шпатъ:
- ортоклазъ = $K_2Al_2Si_6O_{16}$ = каліевый алюмосиликатъ
- альбитъ = $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ = натровый „
- анортитъ = $CaAl_2Si_2O_8$ = известковый „
- микроклинъ = $K_2Al_2Si_6O_{16}$ = каліевый „
- олигоклазъ = $Na_2Al_2Si_6O_{18}$ / $CaAl_2Si_2O_8$ = щелочной „

слюда:
- біотитъ = $(KH)_2(MgFe)_2(AlFe)_2SiO_3O_{12}$ = калійно-магнезіально-желѣзистый алюмосиликатъ
- мусковитъ = $H_4K_2Al_6Si_6O_{24}$ = калійный алюмосиликатъ

авгитъ = $(FeMg)CaSi_2O_6$ / $(FeMg)Al_2SiO_6$ = известковый желѣзо-магнезіальный алюмосиликатъ

роговая обманка = $Ca(FeMg)_2Si_4O_{12}$ / $(FeMg)_2(AlFe)_4Si_2O_{12}$ = тоже

нефелинъ = $(NaK)_8Al_8Si_9O_{34}$ = щелочный алюмосиликатъ

лейцитъ = $K_2Al_2Si_4O_{12}$ = калійный „

оливинъ = $(MgFe)_2SiO_4$ = желѣзо-магнезіальный силикатъ

діаллагъ = $CaMgSi_2O_6$ съ Al_2O_3 = щелочно-земельный силикатъ

апатитъ = $3\ Ca_3P_2O_8 . Ca(ClF)_2$ = фторо-фосфатъ извести

энстатитъ = $MgSiO_3$ = силикатъ магнія

гиперстенъ = $(FeMg)SiO_3$ = силикатъ желѣзо-магнезіальный

эпидотъ = $H_2Ca_4(AlFe)_6Si_6O_{26}$ = известково-желѣзистый алюмосиликатъ

гранатъ = известковый желѣзо-магнезіальный алюмосиликатъ

магнетитъ = Fe_3O_4 = окись-закись желѣза

пиритъ = FeS_2 = сѣрнистое желѣзо

рутилъ = TiO_2 = титановая кислота

титанитъ = $Ca(TiSi)O_3$ = силикатъ известково-титановый

Важнѣйшія изверженныя породы:

1. Гранитъ, неправильно-зернистая, съ зернами всевозможнаго размѣра, порода, состоящая изъ полевого шпата, кварца и слюды.

2. Порфиръ, порода, содержащая въ плотной основной массѣ большіе кристаллы или зерна тѣхъ же минераловъ, кото-

рые находятся и въ основной породѣ. Главными полевыми шпатами этой породы являются ортоклазы. Главнѣйшіе типы порфира — кварцевый порфиръ и гранитовый порфиръ.

3. Сіенитъ, ровнозернистая, иногда порфировидная порода, существенныя составныя части которой-полевой шпатъ и одинъ изъ трехъ минераловъ: роговая обманка, слюда или авгитъ. Въ силу этого, различаютъ три группы: роговообманковый, авгитовый и слюдистый сіенитъ.

4. Діабазъ, большею частью, темноцвѣтная порода, сложенная изъ полевого шпата и авгита, которая образуетъ въ зависимости отъ присоединяющихся минераловъ, цѣлый рядъ разновидностей.

5 Мелафиръ — порфировая порода сѣро-зеленаго до черноватаго цвѣта, состоящая изъ известково-натроваго полевого шпата, авгита и оливина.

6. Габбро — средне- и крупнозернистая порода, состоящая изъ свѣтлаго полеваго шпата и темнозеленаго пироксена.

7. Діоритъ, отличающійся отъ діабаза только замѣщеніемъ авгита роговою обманкой.

8. Порфиритъ, отличающійся отъ порфира только тѣмъ, что въ немъ ортоклазъ замѣщается плагіоклазовымъ полевымъ шпатомъ. Въ зависимости отъ присутствія крупныхъ зеренъ и кристалловъ выдѣлившихся минераловъ, различаютъ роговообманковый, слюдистый и авгитовый порфиритъ.

9. Оливиновыя породы обладаютъ, большею частью, темнозеленымъ цвѣтомъ: ихъ существенная составная часть — оливинъ, къ которому присоединяются, на ряду съ подчиненными полевыми шпатами, слюда или минералы группы роговой обманки и авгита.

Происшедшіе изъ оливиновыхъ или роговообманковыхъ и авгитовыхъ породъ продукты метаморфоза образуютъ змѣевикъ, представляющій собою, въ сущности, водный магнезіальный силикатъ.

Упомянутыя эруптивныя породы пріурочены, въ большей части, къ древнимъ отложеніямъ земной коры, въ то время какъ нижеслѣдующія породы извѣстны какъ болѣе молодыя образованія. Наиболѣе важныя изъ нихъ слѣдующія:

1. Трахитъ, безкварцевая порода, состоящая изъ санидина, роговой обманки, слюды или авгита.

2. Андезитъ, образованный изъ плагіоклаза, роговой обманки или темной слюды.

3. Фонолитъ, сложенный изъ полевого шпата и нефелина съ авгитомъ.

мелкозернистое скопленіе кварцевыхъ зеренъ, параллельно расположенныхъ и имѣющихъ сланцеватый видъ. Наряду съ кварцемъ, встрѣчаются слюдяные листочки и другіе минералы.

c) СЛОИСТЫЯ ПОРОДЫ.

По своему происхожденію, слоистыя породы подраздѣляются на пять группъ:

a) органогенныя,
b) химическіе осадки,
c) вулканическія обломочныя породы.
d) отложившіеся въ водѣ кластическіе осадки,
e) отложившіяся на воздухѣ, безъ участія вулканизма, обломочныя породы.

a) Породы органическаго происхожденія могутъ образоваться какъ результатъ жизнедѣятельности растеній и животныхъ. Скопленіе чистыхъ растительныхъ остатковъ, въ видѣ углеродистыхъ соединеній, встрѣчаются какъ въ новѣйшихъ, такъ и въ древнѣйшихъ системахъ. Образующіяся въ настоящее время породы называются торфомъ, болѣе древнія, относящіяся, большею частью, къ третичной системѣ, — бурымъ углемъ, древнѣйшія — каменнымъ углемъ.

Совершенно иначе образуется второй родъ фитогенныхъ осадпроисшедшихъ въ результатѣ скопленія мелкихъ кремневыхъ раковинъ одноклѣточныхъ водорослей, это кизельгуръ, т. е. гнилостно-илистая порода, встрѣчающаяся особенно часто въ болѣе молодыхъ отложеніяхъ третичной и четвертичной системъ.

Иного происхожденія такъ называемые альговые фитогенные известняки; это породы, происшедшія путемъ накопленія выдѣляющихъ известь водорослей. Они образуютъ, напримѣръ въ верхнетретичныхъ отложеніяхъ острова Сициліи, обширныя отложенія бѣлаго, шишковатаго известняка, литотамніеваго известняка, встрѣчающагося и въ болѣе древнихъ отложеніяхъ.

Не менѣе значительно количество породъ, происшедшихъ подъ вліяніемъ жизнедѣятельности животныхъ. Сюда относятся прежде всего многочисленные известняки, образовавшіеся или непосредственно изъ скопленій известковыхъ скелетовъ разнообразныхъ животныхъ, или вслѣдствіе превращенія обломковъ этихъ скелетовъ: сюда относятся преимущественно кораллы, выступающіе въ роли выдающихся породообразователей, затѣмъ многочисленные виды улитокъ, двустворчатыхъ раковинъ, плеченогихъ, а также остатки обширной группы иглокожихъ. Примѣромъ можетъ служить коралловый известнякъ, мшанковый, кри-

4. Базальтъ, темная до черноты, плотная порода, сложенная изъ полевого шпата, авгита, оливина и магнитнаго или титанистаго желѣзняка.

5. Лава. Подъ этимъ именемъ мы подразумѣваемъ базальтовыя изверженія современныхъ вулкановъ.

b) МЕТАМОРФИЧЕСКІЯ ПОРОДЫ

Къ нимъ причисляются гнейсы, слюдистые, роговообманковые, хлоритовые и кварцевые сланцы и филлиты. Всѣ они имѣютъ ясно выраженное кристаллическое строеніе и примыкаютъ въ этомъ отношеніи къ эруптивнымъ породамъ, между тѣмъ какъ ясно представленная слоистость и параллельное расположеніе составныхъ частей приближаютъ ихъ къ осадочнымъ образованіямъ. Мы встрѣчаемъ ихъ преимущественно въ древнихъ и древнѣйшихъ системахъ земли и должны въ нихъ видѣть, большею частью, продукты превращенія осадочныхъ породъ, претерпѣвшихъ значительныя качественныя и видовыя измѣненія при горообразовательныхъ процессахъ или чрезъ воздѣйствіе значительныхъ эруптивныхъ массъ. Подобныя превращенныя, нѣкогда типичныя осадочныя отложенія встрѣчаются также среди новѣйшихъ системъ земной коры. Остальные кристаллическіе сланцы представляютъ собою изверженныя породы, измѣненныя въ своемъ строеніи вслѣдствіе сжатія.

Гнейсъ обладаетъ составомъ, подобнымъ граниту, и, слѣдовательно, его составныя части представлены полевымъ шпатомъ, кварцемъ и слюдою.

Слюдяной сланецъ вполнѣ выраженная сланцеватая порода, которая состоитъ, главнымъ образомъ, изъ слюды и кварца и отличается отъ гнейса отсутствіемъ полевого шпата.

Роговообманковый сланецъ или амфиболитъ состоитъ, главнымъ образомъ, изъ роговой обманки, къ которой присоединяются еще другіе минералы, какъ полевой шпатъ, кварцъ, хлоритъ, слюда.

Хлоритовый сланецъ состоитъ изъ чешуйчато-зернистаго или чешуйчато-сланцеватаго хлорита съ примѣсью кварца, частью полевого шпата и слюды.

Подъ филлитомъ подразумѣваютъ темныя съ шелковистымъ блескомъ, большею частью тонкослоистыя, похожія на глинистый сланецъ, породы, состоящія въ главной своей массѣ изъ слюдистыхъ минераловъ, къ которымъ присоединяются кварцъ, хлоритъ, полевой шпатъ и желѣзнякъ.

Наконецъ, кварцитовый сланецъ представляетъ собою

питовый, теребратуловый и т. д. Раковины микроскопически малыхъ животныхъ, фораминиферъ и радіолярій могутъ также выступать породообразователями и слагаютъ въ такихъ случаяхъ радіоляріевыя породы, нуммулитовый и фузулиновый известняки.

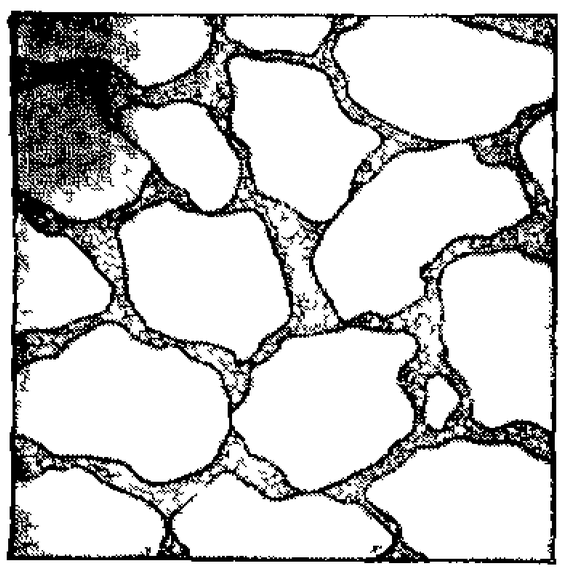
Растительнаго же, частью животнаго происхожденія сапропелисты или гнилостноилистыя породы, образовавшіяся при совершенномъ отсутствіи воздуха, содержащія въ непостоянномъ количествѣ неорганическія примѣси (песокъ, глину и известь) и встрѣчающіяся въ видѣ осадковъ стоячихъ водъ во всѣхъ системахъ.

b) Химическія выдѣленія. Къ таковымъ относятся выкристаллизовывающіяся осадочныя образованія различныхъ солей вслѣдствіе пересыщенія раствора. Какъ извѣстно, каждая соль растворима въ водѣ до опредѣленнаго процентнаго содержанія и, въ силу этого, происходитъ немедленное выдѣленіе избытка при дальнѣйшемъ насыщеніи раствора. Такимъ путемъ образовались, особенно въ мезозоѣ, безчисленныя отложенія ангидрита (безводнаго соединенія сульфата кальція), гипса (воднаго соединенія сульфата кальція), каменной соли и большого количества минеральныхъ солей, такъ называемыхъ отбросныхъ солей или каліевой соли цехштейна.

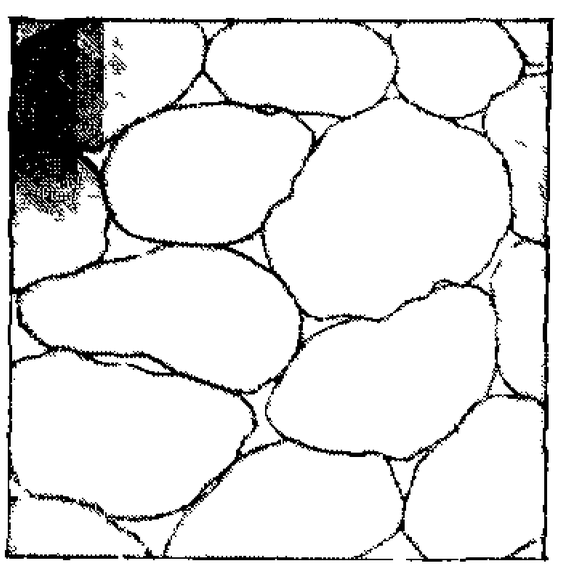
Подобнымъ образомъ произошли въ прѣсной водѣ, путемъ осажденія кремневой кислоты, извѣстные прѣсноводные кварциты и, вслѣдствіе осажденія углекислой извести, рыхлые известняки пористо-клѣтчатой структуры, такъ называемые известковые туфы.

c) Вулканическія обломочныя породы. Между вулканическими обломочными породами первое мѣсто занимаютъ туфы и туфовыя породы; онѣ представляютъ накопленіе рыхлаго вулканическаго матеріала, который выдувался изъ вулкановъ въ видѣ мелкихъ частичекъ породы, падалъ на дно, гдѣ скрѣплялся связочнымъ матеріаломъ, а частью измѣнялся; онѣ могли отложиться изъ воздуха на дневной поверхности либо въ водѣ. Возможно также и то, что вулканическія обломочныя породы отложились на поверхности, но впослѣдствіи были внесены въ водный бассейнъ, гдѣ и нашли свое окончательное пристанище. Размѣры зеренъ отдѣльныхъ составныхъ частицъ колеблятся въ этихъ туфахъ отъ мельчайшаго вулканическаго пепла до крупнѣйшихъ кусковъ, такъ называемыхъ вулканическихъ бомбъ. Туфы и туфовыя породы находятся преимущественно въ области болѣе молодого вулканизма, большею частью тамъ, гдѣ въ настоящее время еще находятся дѣйствующіе вулканы. Нѣкоторые изъ нихъ

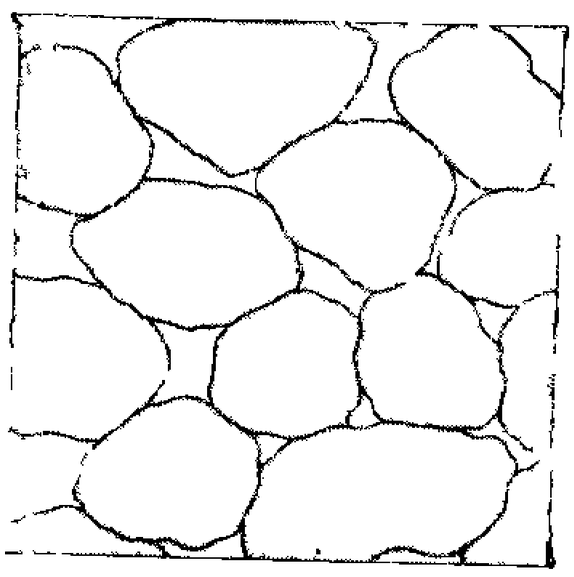
4. Плотное соединеніе минераловъ съ большими связанными между собою ходами поръ.
5. Многочисленныя мелкія поры между зернистыми составными частями (текстурныя поры).
6. Многочисленныя текстурныя поры и отдѣльныя большія пустоты (структурныя поры).
6. Очень обильныя поры сложенія и отдѣльныя болѣе значительныя пустоты (структурныя поры).
7. Сѣть капиллярныхъ ходовъ въ цементѣ безъ большихъ пустотъ.
8. Сѣть капиллярныхъ ходовъ въ цементѣ и отдѣльныя болѣе значительныя пустоты.
9. Водопроницаемая промежуточная масса, прерывисто залегающая среди водонепроницаемой основной массы.



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

10. Водопроницаемая промежуточная масса, прерывисто залегающая среди водопроницаемой основной массы.
11. Водопроницаемая промежуточная масса, непрерывно заполняющая пустоты въ водопроницаемой основной массѣ.
12. Водопроницаемая промежуточная масса, непрерывно заполняющая пустоты въ водопроницаемой основной массѣ.

Ясно, что изъ этихъ типовъ 1-й и 9-й представляютъ водонепроницаемыя породы, 2-ой и 7-ой — умѣренно проницаемыя, а остальные — болѣе или менѣе легко проницаемыя.

Для песчаниковъ, являющихся особо важными проводниками воды, Гиршвальдъ устанавливаетъ слѣдующіе типы цементаціи:

1. Цементація посредствомъ кристаллографически оріентированнаго кварца, безъ текстурныхъ поръ.
2. Цементація посредствомъ неоріентированнаго однороднаго кварца, безъ текстурныхъ поръ.
3. Цементація посредствомъ зернистаго кварца, безъ текстурныхъ поръ (фиг. 1).

вообще не производили лавоваго потока, а построены исключительно изъ рыхлыхъ породъ изверженія. Въ областяхъ третичной вулканической дѣятельности туфы играютъ исключительно важную роль, но они не отсутствуютъ въ древнихъ мезозойскихъ и палеозойскихъ отложеніяхъ, выступая ихъ спутниками. По одновременному происхожденію и по минералогическому составу соотвѣтствующихъ имъ массивныхъ эруптивныхъ породъ, различаютъ древнія вулканическія обломочныя породы, какъ то порфировые-, діабазовые-, базальтовые-, трахитовые-, фонолитовые-, андезитовые и т. д. туфы.

Самые рыхлые и пористые туфы — пемза — состоятъ, главнымъ образомъ, изъ измѣненныхъ пемзовыхъ выбросовъ, какъ и изъ обломковъ измѣненныхъ вулканическихъ породъ. Пуццоланы римской Кампаньи и Флегрейскихъ полей, трассъ долины Броль у Рейна — туфы трахитовыхъ изверженныхъ породъ.

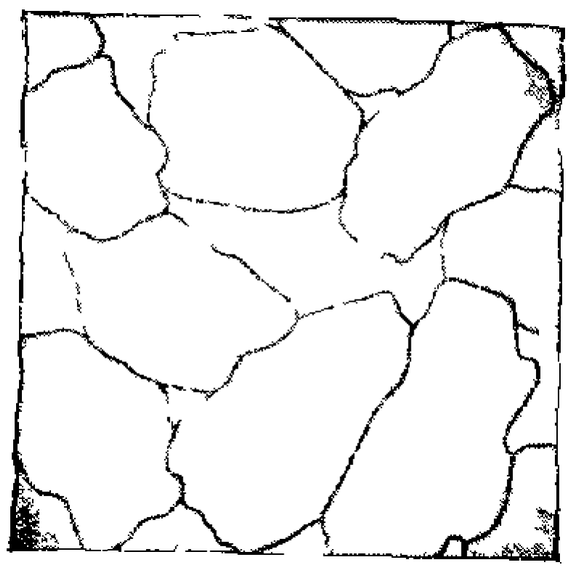
d) Кластическія породы, отложившіяся въ водѣ или воздухѣ. Всѣ относящіяся сюда породы находятся или въ своемъ первоначальномъ несвязанномъ положеніи, при чемъ отдѣльные обломки лежатъ неплотно другъ подлѣ друга, или же онѣ являются болѣе или менѣе прочно связанными послѣдующими процессами. Цементомъ служитъ кремневая кислота, которая доставляется обычно породѣ въ растворенномъ состояніи, а затѣмъ выкристаллизовывается; далѣе также глина, мергель, углекислый кальцій, доломитъ, гипсъ, гидрокись желѣза и нѣкоторыя другія его соединенія. Цементированіе [1]) можетъ быть совершеннымъ или же неполнымъ, т. е. пространство между отдѣльными минеральными зернами можетъ быть вполнѣ заполнено связующимъ веществомъ или же первоначальныя пустоты частью сохраняются и цементъ занимаетъ лишь нѣкоторыя изъ промежуточныхъ пространствъ. Въ виду большого значенія различныхъ способовъ цементированія для водоносности породъ, здѣсь приводятся нѣкоторыя данныя изъ упомянутаго труда Гиршвальда, который различаетъ 12 типовъ пористости породъ:

1. Плотное соединеніе минераловъ съ рѣдкими несвязанными капиллярами.
2. Плотное соединеніе минераловъ съ большимъ числомъ сѣтчато расположенныхъ соединяющихся капилляровъ.
3. Плотное соединеніе минераловъ съ сѣтчато расположенными капиллярами и отдѣльными большими пустотами.

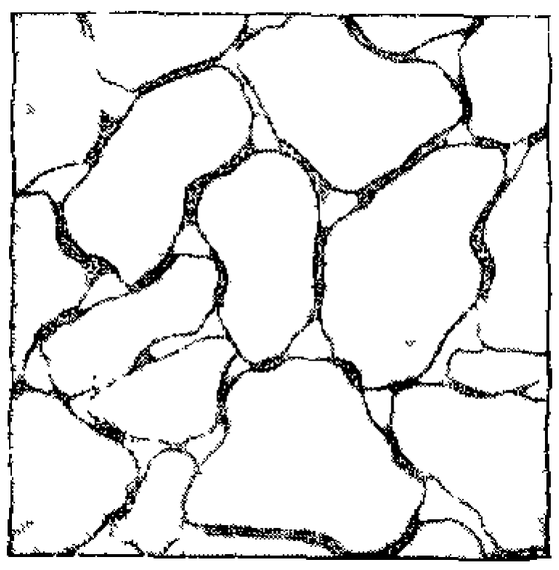
---

1) J Hirschwald, Handbuch der bautechnischen Gesteinsuntersuchung I, Berlin 1911.

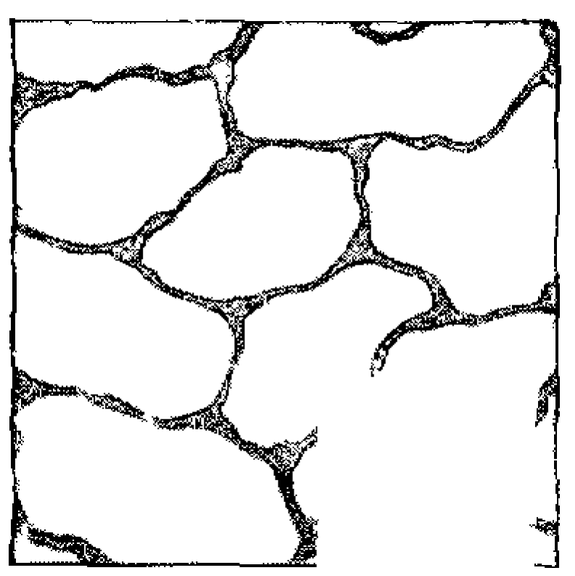
4. Цементація посредствомъ корки оріентированнаго кварца съ пустыми текстурными порами (фиг. 2 и 3).
5. Цементація посредствомъ корки оріентированнаго кварца съ незаполненными текстурными и структурными порами (фиг. 4).
6. Цементація посредствомъ корки оріентированнаго кварца. Текстурные поры заполнены другимъ цементомъ.
7. Цементація посредствомъ корки оріентированнаго кварца. Текстурныя поры заполнены другимъ цементомъ. Структурныя поры пустыя.
8. Цементація посредствомъ корки оріентированнаго кварца. Текстурныя и структурныя поры заполнены другимъ цементомъ.



Фиг. 4.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

9. Цементація посредствомъ различнаго контактоваго цемента, иного состава, чѣмъ кварцевыя зерна, съ незаполненными текстурными порами (фиг. 5).
10. Цементація различнымъ контактовымъ цементомъ съ заполненными текстурными порами (фиг. 6).
11. Цементація базальтовымъ цементомъ.

Естественно, что изъ этихъ типовъ 1—3, 6, 10 и 11 совершенно или довольно непроницаемы, а 4, 5, 7 и 9 болѣе или менѣе способны впитывать воду.

Кластическія осадочныя породы этой группы могутъ быть подраздѣлены по формѣ и величинѣ отдѣльныхъ обломочныхъ составныхъ частей слѣдующимъ образомъ:

1. *Угловатые обломки* различныхъ, *но всегда* значительныхъ размѣровъ. Размѣръ ихъ неограниченъ, и среди горныхъ обваловъ мы встрѣчаемъ, напримѣръ, обломки, величина которыхъ превышаетъ размѣры дома.

Наряду съ *обломочнымъ матеріаломъ, встрѣчающимся* особенно часто въ высокогорьѣ и покрывающимъ пологіе склоны и дно долинъ, мы наблюдаемъ подобныя породы, сложенныя изъ

угловатыхъ обломковъ, въ такъ называемыхъ коническихъ накопленіяхъ наноса, т. е. въ осыпяхъ, образовавшихся у подошвы крутыхъ склоновъ изъ разрыхленнаго вывѣтриваніемъ и отколовшагося отъ скалъ матеріала. Если эти угловатые обломки сцементированы, то получившуюся породу мы называемъ брекчіей. Цементъ ея состоитъ, въ большинствѣ случаевъ, изъ углекислой извести

2. Округленные или окатанные обломки значительной величины. Изъ рыхлыхъ образованій сюда относятся галечникъ, окатанный прибоемъ волнъ, моренный мусоръ, а также грубый щебень быстро текущихъ горныхъ рѣкъ. Если подобныя образованія сцементированы, то мы обозначаемъ ихъ какъ конгломераты, которые, въ свою очередь, различаются въ зависимости отъ связующаго ихъ цемента.

3. Щебень и гравій. Подъ этими названіями мы подразумѣваемъ всѣ рыхлыя образованія, встрѣчающіяся въ видѣ большихъ скопленій, при величинѣ зерна не менѣе 2 мм. Если подобныя образованія сцементированы, то мы ихъ называемъ тоже конгломератами. Отъ двухъ упомянутыхъ ниже группъ они отличаются лишь размѣрами зеренъ.

4. Песчаныя образованія. Всѣ окатанные обломки горныхъ породъ, у которыхъ величина зеренъ колеблется между 2 и 0,1 мм., мы называемъ пескомъ. Въ составѣ этого образованія участвуетъ значительное число минераловъ, но въ большинствѣ случаевъ главную роль играетъ кварцъ. Въ многочисленныхъ пескахъ каменноугольной системы эта роль принадлежитъ почти исключительно кварцу. Въ мощныхъ скопленіяхъ ледниковаго песка на долю кварца приходится 90 %, и такая же пропорція наблюдается и въ песчаныхъ отложеніяхъ болѣе древнихъ періодовъ. Наряду съ кварцемъ, встрѣчаются слѣдующіе минералы: полевой шпатъ, слюда, авгитъ, роговая обманка, магнитный желѣзнякъ и глауконитъ. Многіе пески заключаютъ въ себѣ известковыя зерна, и иногда наблюдаются пески, состоящіе почти всецѣло изъ окатанныхъ обломковъ известняка. Если песокъ сцементированъ, то получаются различные песчаники: кварцитъ, кварцевый песчаникъ, песчаники съ глинистымъ, известковымъ, кремнистымъ, доломитовымъ и желѣзистымъ цементомъ. Особымъ видомъ песчаника является сѣрая вакка, состоящая изъ зеренъ кварца и обломковъ цѣлаго ряда другихъ минераловъ и горныхъ породъ, какъ-то кварцита, кремнистаго сланца, полевого шпата, слюды. Размѣры зеренъ въ сѣрой ваккѣ очень разнообразны, и наблюдаются переходы отъ зернистой породы къ совершенно плотной. Она встрѣчается преимущественно въ древнѣйшихъ формаціяхъ, кончая каменноугольной.

5. Мелкій песокъ. Этимъ названіемъ мы обозначаемъ мельчайшій песчаный порошкообразный продуктъ. величина зеренъ котораго бываетъ меньше 0,1 мм. Тѣ же минералы, о которыхъ упомянуто въ предыдущемъ параграфѣ, могутъ участвовать и въ образованіи мелкаго песка. Цементація превращаетъ его въ плотный песчаникъ. Быть можетъ, сюда же относятся нѣкоторыя породы, обозначаемыя, какъ кремнистый сланецъ, и состоящія изъ мелкаго песка, сцементированнаго кремнистымъ цементомъ.

6. Глина. Мельчайшій илъ, который рѣки несутъ въ видѣ мути и который отлагается позднѣе въ спокойной водѣ, образуетъ глинистыя отложенія. Водный силикатъ глинозема, собственно пластическая глина, является обыкновенно лишь частью этихъ отложеній. Въ составъ ихъ входятъ еще мельчайшая кварцевая мука, углекислая известь, карбонатъ кальція и магнія (доломитъ), гипсъ и желѣзистыя соединенія, а часто и органическія вещества. Глинистыя образованія новѣйшихъ формацій встрѣчаются еще преимущественно въ рыхломъ состояніи, т. е. въ водѣ они совершенно распускаются и разлагаются на отдѣльныя частицы. Въ отложеніяхъ мезозойской эры глинистыя породы встрѣчаются еще часто въ подобномъ состояніи, тогда какъ въ болѣе древнихъ формаціяхъ онѣ, большей частью, сцементированы и метаморфизованы путемъ вторичныхъ химическихъ процессовъ. Въ такомъ случаѣ мы ихъ называемъ глинистыми сланцами или сланцеватыми глинами. Совершенно особую разновидность глинистыхъ сланцевъ представляетъ по своей структурѣ въ высшей степени равномѣрно наслоенный такъ называемый кровельный сланецъ. Если глины обладаютъ значительной примѣсью извести или доломита, то ихъ называютъ мергелями, а при одновременномъ присутствіи сѣрнокислой извести — гипсовыми мергелями.

7. Обломочныя породы, отложившіяся на открытомъ воздухѣ. Сюда относятся, конечно, до извѣстной степени и вулканическія обломочныя породы, о которыхъ была рѣчь въ параграфѣ b), но, кромѣ нихъ, и значительныя песчанистыя отложенія, образующіяся дѣйствіемъ вѣтра и называемыя дюнами, такъ же какъ и встрѣчающіяся на громадномъ протяженіи отложенія мелкаго песка и пыли, обозначаемыя какъ лёссъ. Дюнный песокъ встрѣчается въ настоящее время въ дюнахъ въ видѣ рыхлыхъ не сцементированныхъ нагроможденій преимущественно кварцеваго песка. Только на нѣкоторыхъ известняковыхъ берегахъ образуются настоящія дюны изъ известковаго песка. Въ ископаемомъ состояніи дюнный песокъ становится обыкновеннымъ песчаникомъ.

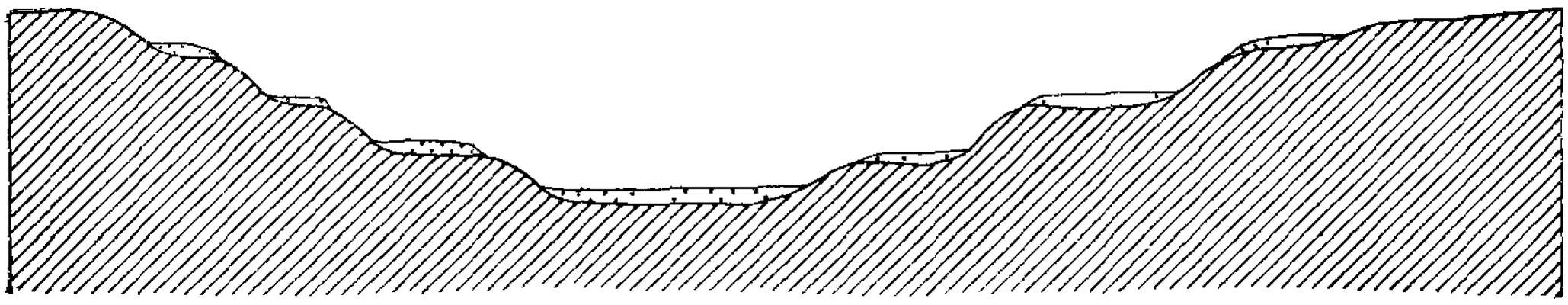
породахъ распаденіе происходитъ при вывѣтриваніи не по контурамъ отдѣльныхъ минераловъ, но, большею частью, неправильно по трещинамъ и скважинамъ горной породы, и продукты распада состоятъ изъ угловатыхъ отдѣльностей.

Величина отдѣльностей продуктовъ вывѣтриванія зависитъ отъ степени измельченія породы и колеблется въ довольно широкихъ предѣлахъ, отъ мельчайшихъ частицъ до плитъ и кусковъ въ метръ діаметромъ. У мелкослойныхъ породъ продукты распада мелкозернисты, у крупнослойныхъ — отдѣльности болѣе крупны.

2. Дѣйствіемъ морского прибоя берегъ моря разрушается, и твердыя горныя породы превращаются въ рыхлыя, обломочныя. Въ первоначальной стадіи процесса разрушенія отвѣсный берегъ подтачивается морской волной; лишенныя опоры нависшія части обрываются, и непрерывная работа волнъ завершаетъ разрушеніе обломковъ. Происшедшія такимъ образомъ и впослѣдствіи вели-колѣпно отшлифованныя волнами отдѣльности нагромождаются длинными рядами вдоль берега и могутъ, при отрицательномъ передвиженіи береговой линіи, т. е. при выходѣ на поверхность частей морского дна, образовать значительныя по пространству террассы рыхлыхъ, большею частью крупнозернистыхъ, обломочныхъ породъ. Примѣры: Бретань, Уэльсъ и многія другія побережья, старыя береговыя розсыпи въ Скандинавіи, въ Крыму и въ др. мѣстахъ.

3. Чрезвычайно важнымъ факторомъ въ процессѣ образованія проницаемыхъ рыхлыхъ породъ является дѣятельность текучихъ водъ. Продукты вывѣтриванія со склоновъ долинъ непрерывно сносятся въ рѣки, гдѣ подвергаются дальнѣйшему перемѣщенію. Отдѣльности горныхъ породъ при этомъ шлифуются и принимаютъ округлую форму, превращаясь въ гальку, хрящъ, гравій и песокъ и уменьшаясь въ объемѣ отъ непрерывной шлифовки. Поэтому въ руслѣ каждой рѣки имѣется матеріалъ самой разнообразной величины зерна, шлифовка котораго тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ дальше обломки перекатывались водою. При этомъ совершается естественная сортировка матеріала, ибо переносъ отдѣльностей имѣетъ мѣсто лишь до тѣхъ поръ, пока быстрота и сила теченія воды въ рѣкѣ достаточна для переноса. Пусть лишь только уменьшится паденіе рѣки — и наиболѣе крупные изъ передвигаемыхъ обломковъ останавливаются; но такъ какъ паденіе большинства нормально развитыхъ рѣкъ уменьшается постепенно отъ истоковъ къ устью, то, вообще, болѣе крупный хрящъ располагается по верхнему теченію рѣкъ, гравій — по среднему, песчаныя отложенія — по нижнему. Раздробленіе матеріала, однако, не останавливается на образованіи песка, но продолжается

непрерывно и въ итогѣ даетъ матеріалъ настолько мелкозернистый, что отдѣльныя зерна еле различимы невооруженнымъ глазомъ, а затѣмъ — матеріалъ еще болѣе мелкозернистый, надѣленный свойствомъ пластичности и составляющій уже переходъ къ глинамъ. И такъ, отъ крупнаго хряща до тончайшихъ глинъ имѣется непрерывный генетическій рядъ безъ рѣзкихъ границъ между отдѣльными образованіями. Но образованіе и осажденіе рыхлыхъ рѣчныхъ осадковъ совершается не только въ современныхъ рѣкахъ и современныхъ долинахъ, но совершалось всегда, въ каждой рѣкѣ, во всѣ періоды ея историческаго развитія. Современная картина рѣчныхъ долинъ является лишь временной, переходной стадіей ихъ развитія. Въ минувшія времена рѣки текли на болѣе высокомъ уровнѣ и лишь постепенно углубляли свои долины. Эти древнія, болѣе высокія положенія рѣчного дна сохранилось во многихъ мѣстахъ еще и понынѣ въ формѣ болѣе



Фиг. 7. Эрозіонныя террассы.

или менѣе возвышенныхъ террассъ. состоящихъ преимущественно изъ древнихъ рыхлыхъ рѣчныхъ осадковъ (фиг. 7 и 9).

Составъ отложенныхъ рѣкою горныхъ породъ, который, разумѣется, въ сильной степени отражается на свойствахъ циркулирующей въ нихъ воды, отнюдь не всегда является показательнымъ для петрографическаго состава области данной рѣки. Обломки породъ, попадающіе въ рѣку, подвергаются здѣсь нѣкоторому естественному отбору, такъ какъ болѣе мелкія породы весьма скоро оказываются совершенно растертыми и превращенными въ мельчайшіе пески и глины. Сюда относятся мягкіе песчаники, глинистые сланцы, суглинки, мергель, известняки и доломиты. Важное значеніе принадлежитъ, далѣе, растворимости породъ въ водѣ. Обломки гипсовыхъ породъ, вынесенные въ рѣку, очень быстро подвергаются полному растворенію. Сильно растворяется также известковый матеріалъ, особенно — глинообразный. Цѣлый рядъ другихъ породъ, каковы: всѣ изверженныя породы, гнейсъ, слюдяной сланецъ, амфиболитъ, кварцитъ, грауваккa, напротивъ, очень хорошо сохраняются во время водяного транспорта и, въ концѣ концовъ, достигаютъ преобладанія среди рѣчной гальки, отнюдь не господствуя въ петрографическомъ составѣ данной области.

Лёссъ представляетъ собою смѣсь мельчайшей песчаной пыли и обладаетъ своеобразной структурой въ видѣ волосныхъ трубокъ, т. е. онъ прорѣзанъ безчисленными развѣтвляющимися вертикальными ходами, выстланными, большей частью, углекислой известью. Подобныя отложенія наблюдаются во всей Европѣ и Азіи отъ Бретани до Китая, занимая область, постепенно расширяющуюся къ востоку. (Сравн. дюны и лёссъ въ гл. 3).

ГЛАВА 3.

Образованіе рыхлыхъ проницаемыхъ породъ.

Рыхлыя породы, залегающія на поверхности земли или на незначительной глубинѣ, играютъ на громадномъ пространствѣ земной поверхности чрезвычайно важную роль въ качествѣ проводниковъ воды. Мы ихъ будемъ разсматривать по способу ихъ образованія, такъ какъ послѣднее знакомитъ насъ и съ ихъ географическимъ распредѣленіемъ. Рыхлыя породы образуются:

1. путемъ разрушенія твердыхъ породъ на мѣстѣ,
2. разрушительнымъ дѣйствіемъ морского прибоя,
3. путемъ переноса рѣкой,
4. путемъ переноса ледникомъ,
5. путемъ переноса вѣтромъ,
6. дѣйствіемъ вулканическихъ силъ,
7. силою тяжести

1. Различные процессы вывѣтриванія (химическое растворенiе, дѣйствіе мороза, органическая дѣятельность) разрушаютъ поверхностные слои большинства горныхъ породъ и превращаютъ твердую породу въ рыхлое обломочное образованіе, переходящее постепенно вглубь въ невывѣтрѣлую породу, причемъ между послѣдними проходитъ иногда довольно рѣзкая граница. Нѣкоторыя породы имѣютъ свойство. растворяясь, превращаться въ аггрегатъ отдѣльныхъ составляющихъ ихъ минераловъ, такъ что структура породы всецѣло сохраняется, но твердость ея утрачивается. Подобнымъ преобразованіямъ особенно часто подвергаются граниты, причемъ верхніе рыхлые слои могутъ достигать значительной мощности. Гранитъ обладаетъ еще той особенностью, что разрыхленіе происходитъ вокругъ болѣе прочныхъ, остающихся твердыми, зеренъ, выступающихъ въ видѣ большихъ крѣпкихъ валуновъ изъ общей рыхлой массы, или, когда послѣдняя уносится, покрываютъ вывѣтрѣлыя части породы въ видѣ моря валуновъ. Примѣромъ служатъ: Брокенъ, Фихтельгебирге, Богемскій лѣсъ, Оденвальдъ. Въ твердыхъ осадочныхъ

4. Нѣкоторое сходство съ дѣятельностью текучей воды обнаруживаютъ ледники, оказывающіе въ высшей степени разрушающее вліяніе на горныя породы, съ которыми соприкасаются, принимая отъ примыкающихъ отвѣсныхъ и нависающихъ стѣнъ большія количества рыхлыхъ обломковъ.

Весь матеріалъ, попадающій въ ледникъ какъ со дна его, такъ и съ боковъ и сверху, постепенно окружается льдомъ и слѣдуетъ общему движенію льда въ ледникѣ, при чемъ отдѣльныя глыбы, вслѣдствіе неодинаковой быстроты передвиженія, приходя въ соприкосновеніе одна съ другой, взаимно шлифуются. Этимъ обстоятельствомъ, а также и тѣмъ, что первоначальные размѣры отдѣльностей, попадающихъ въ ледникъ, весьма различны, обусловлено то явленіе, что среди обломковъ горныхъ породъ въ ледникѣ имѣются всѣ размѣры, отъ мельчайшей пыли до исполинскихъ валуновъ. Этотъ матеріалъ отлагается льдомъ въ двоякомъ видѣ: либо въ видѣ донной морены, либо въ видѣ конечной морены, представляющей грудообразное скопленіе обломковъ въ мѣстѣ окончательнаго стапванія ледника. Одновременно съ образованіемъ обѣихъ моренъ, талыя воды ледника, образующіяся иногда въ большихъ количествахъ, производятъ естественное отмучиваніе матеріала, слѣдствіемъ котораго является тщательное раздѣленіе и сортировка отдѣльностей. Поэтому воды ледниковъ чрезвычайно богаты взвѣшенными веществами и молочнобѣлы по окраскѣ. Мелкія глинистыя части выносятся рѣками, берущими начало въ ледникахъ, либо въ большія озера, гдѣ и осаждаются (Боденское, Женевское озеро), либо, за отсутствіемъ таковыхъ, — въ море, между тѣмъ какъ всѣ болѣе крупныя части — песокъ, гравій, крупная галька — переносятся рѣкою на болѣе или менѣе значительное разстояніе, сообразно паденію рѣки и ея водному богатству, т. е. сообразно живой силѣ рѣки. Всѣ эти явленія, наблюдаемыя нами въ настоящій геологическій періодъ на всѣхъ горныхъ ледникахъ, какъ и отложеніе всѣхъ выше названныхъ рыхлыхъ образованій, каковы: донная морена, конечная морена, отложенія гравія, песка, глины, происходили въ несравненно большемъ маспитабѣ въ такъ называемый ледниковый періодъ, когда большая часть сѣвернаго полушарія, какъ въ Америкѣ такъ и въ Европѣ, была покрыта исполинскимъ ледянымъ покровомъ. Перемѣннымъ отложеніемъ чисто-ледниковыхъ осадковъ (морены) и рѣчныхъ образованій, т. е. гравія, песка и глины, были созданы слоистые пласты, достигающіе въ областяхъ, покрытыхъ прежде ледниками, мощности 200 метровъ и больше. Съ подобными условіями мы встрѣчаемся на всемъ пространствѣ Голландской, Сѣверо-Германской и сѣверной части Русской низ-

менности, которыя на огромныхъ протяженіяхъ покрыты рыхлыми обломочными породами. Наряду съ этимъ большимъ Скандинавскимъ ледникомъ, и въ другихъ горныхъ областяхъ Европы ледники были развиты значительно сильнѣе, по сравненію съ ихъ современныхъ состояніемъ. Въ Альпахъ брали начало исполинскіе ледниковые потоки, которые изливались до Вероны и Милана на югѣ, до Ліона — на западѣ, въ область Дуная Верхней Баваріи — на сѣверѣ, и вездѣ создавали мощныя отложенія глины, песка, гравія и моренныхъ образованій.

Для гидрографическихъ условій Сѣверной Германіи ледниковыя долины съ ихъ рыхлыми заполненіями имѣютъ особенно выдающееся значеніе. Въ ледниковый періодъ, когда материковые льды совершенно покрывали всю область Балтійскаго моря и значительную часть Сѣвернаго моря, рѣки, возникавшія на южной окраинѣ ледника, естественно, должны были течь къ морю въ совершенно иномъ направленіи, нежели въ наше время, а именно къ западу и сѣверо-западу вдоль ледяной гряды, преграждавшей имъ путь къ сѣверу. Такъ какъ отступаніе ледниковъ къ сѣверу и очищеніе средне-европейской низменности совершались лишь постепенно, и такъ какъ, вслѣдствіе общаго пониженія земной поверхности съ юга на сѣверъ, при каждомъ новомъ этапѣ открывались пространства болѣе низменныя, то при каждомъ новомъ положеніи ледника создавался новый тальвегъ. Такихъ дилювіальныхъ рѣчныхъ долинъ, обозначаемыхъ терминомъ „древнія долины“, въ Сѣверной Германіи насчитывается 5, которыя и изображены на приложенной картѣ, фиг. 8. Современныя большія германскія рѣки текутъ послѣдовательно въ нѣсколькихъ такихъ древнихъ долинахъ, переходя изъ южной въ болѣе сѣверную по узкимъ соединительнымъ перешейкамъ, направленнымъ съ сѣвера на югъ. И такъ, каждая изъ этихъ древнихъ долинъ, направленныхъ съ востока на западъ, соотвѣствовала нѣкоторой стадіи въ процессѣ отступанія ледниковъ, въ теченіе которой и служила тальвегомъ, при чемъ наиболѣе южная долина отводила талыя воды ледника при сильнѣйшемъ его развитіи, а каждая слѣдующая по направленію къ сѣверу долина въ болѣе позднюю стадію процесса исполняла тѣ же функціи и, кромѣ того, принимала въ себя воды текущихъ съ юга рѣкъ. Самая южная изъ долинъ — Бреславль-Бременская долина, которая, начинаясь въ Силезіи, проходитъ черезъ Лаузицъ, провинцію Саксонію и Альтмаркъ. При ея возникновеніи, какъ уже было сказано, материковые льды были развиты наиболѣе сильно, и ихъ южная окраина покоилась въ сѣверной Силезіи, на Флемингѣ и на возвышенностяхъ Люнебургской равнины. Въ

послѣдующей стадіи край отошедшаго на сѣверъ ледника лежалъ въ южной части Познани, въ южной части Бранденбурга и нѣсколько сѣвернѣе нижняго теченія Эльбы. Его талыя воды текли по Глогау-Барутской древней долинѣ и впадали въ Сѣверное море черезъ долину нижняго теченія Эльбы. Съ дальнѣйшимъ отступаніемъ ледниковъ, южная окраина льда остановилась на увалахъ, проходящихъ черезъ Познань, южный Нейнаркъ и Миттельмаркъ, а талыя воды направлялись въ Сѣверное море черезъ Варшаво-Берлинскую долину, которая начинается въ глубинѣ Россіи и вблизи Виттенберга соединяется съ тальвегами прежняго стоянія ледника. Послѣдующее отступаніе льдовъ довело ихъ южную границу до Балтійской гряды. Эта фаза великолѣпнымъ образомъ отмѣчена непрерывными рядами конечныхъ моренъ, направленіе которыхъ отъ Шлезвигъ-Гольштиніи черезъ Мекленбургъ, Померанію, западную и восточную Пруссію вглубь Россіи весьма легко прослѣдить. Въ этой стадіи талыя воды шли долиной Торнъ-Эберсвальде, которая также близъ Виттенберга соединялась съ долинами предыдущихъ стадій. Съ отступаніемъ южной границы льдовъ въ область Балтійскаго побережья была достигнута новая стадія покоя, во время которой создалась Померанская долина, направляющаяся параллельно Балтійскому побережью отъ Данцига на Любекъ.

На пути этихъ большихъ древнихъ долинъ мѣстами образовались озера, иногда очень обширныя — до 10 миль и больше длиною, такъ называемыя ледниковыя озера, для которыхъ льды ледника, окаймлявшіе ихъ съ сѣвера, служили водосдерживающей плотиной. Прежнее мѣстоположеніе этихъ озеръ можно опредѣлить по тому признаку, что образовавшіяся въ нихъ песчаныя отложенія лежатъ совершенно горизонтально, между тѣмъ какъ собственно рѣчныя отложенія древнихъ долинъ имѣютъ наклонъ съ востока на западъ.

Въ области къ западу отъ Одера до Эльбы рѣчное дно древнихъ долинъ лежитъ на одномъ уровнѣ, но въ долинѣ самаго Одера и во всѣхъ областяхъ въ востоку отъ этой рѣки, а также въ областяхъ Везера, Рейна, Дуная сдѣлано то наблюденіе, что въ долинѣ имѣется нѣсколько донъ, расположенныхъ одно надъ другимъ такимъ образомъ, что полосы песчаныхъ отложеній по краямъ долины занимаютъ наиболѣе высокое положеніе, въ серединѣ — наиболѣе низкое. Иногда эти песчаныя полосы связаны между собою равномѣрно наклоненными площадками, но во многихъ случаяхъ онѣ круто обрываются, и тогда возникаютъ террассы — такъ называемыя долинныя террассы (фиг. 9). Происхожденіе ихъ объясняется внезапнымъ пониженіемъ уровня



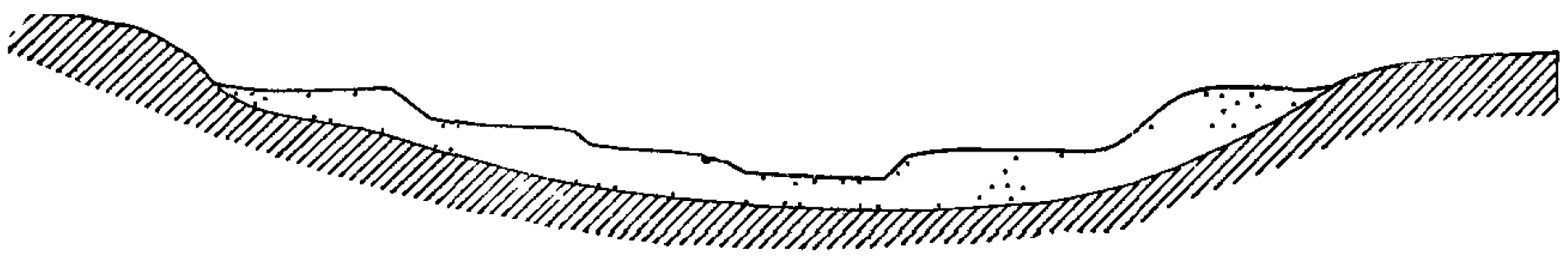
Фиг. 8. Конечныя морены и древнія долины Сѣв. Германіи.

Толстыя линіи — к. морены послѣдняго оледенѣнія; пунктирныя — к. морены предпослѣдняго оледенѣнія; точечныя пространства — древнія долины.

рѣкъ, протекавшихъ по этимъ долинамъ въ ледниковый періодъ. Можно принять, что такого рода быстрое пониженіе водной поверхности рѣкъ сразу на 10—15 метровъ было вызвано тѣмъ обстоятельствомъ, что совершившееся отступаніе ледника открыло сточнымъ водамъ новые болѣе низменные пути. Этимъ явленіемъ было вызвано обнаженіе большой части рѣчного дна, и послѣдующія песчаныя отложенія не могли уже достигнуть уровня обнажившихся.

На ряду съ этими исполинскими восточно-западными древними долинами, пересѣкающими всю сѣверную Германію, имѣется, конечно, цѣлый рядъ возникшихъ одновременно второстепенныхъ долинъ, пересѣкающихъ теперь возвышенное плато въ видѣ безводныхъ сухихъ долинъ и дающихъ вѣрную картину прежняго направленія ледниковыхъ потоковъ.

Эти древнія долины особенно важны какъ по необыкновенной ихъ ширинѣ, достигающей 10—15, а то и 20—30 километровъ, такъ и по значительной мощности заполняющихъ ихъ рыхлыхъ



Фиг. 9. Долинныя террассы.

образованій. Мощность отложеній песка и гравія въ 20, 25 и 30 метровъ здѣсь не рѣдкость. Два поперечныхъ разрѣза древнихъ долинъ, построенныхъ на основаніи многочисленныхъ буреній и взятыхъ: одинъ для южной долины въ Лаузицѣ, а другой для Берлинской долины въ Берлинѣ, изображены на приложенныхъ здѣсь профиляхъ (фиг. 10 и 11). Величина зерна рыхлыхъ образованій германскихъ древнихъ долинъ опредѣляется совершенно тѣми же законами, какъ и для современныхъ рѣчныхъ долинъ: чѣмъ сильнѣе паденіе, тѣмъ больше величина зерна; поэтому, въ низменныхъ областяхъ Сѣверной Германіи, т. е. по нижнему теченію древнихъ долинъ, преобладаютъ пески малой и средней крупности зерна, и лишь въ частяхъ болѣе возвышенныхъ имѣются отложенія гравія. Вообще, можно принять для древнихъ долинъ, что въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ паденіе ихъ менѣе 1 : 600, гравій въ отложеніяхъ долженъ совершенно отсутствовать или составлять лишь небольшую примѣсь.

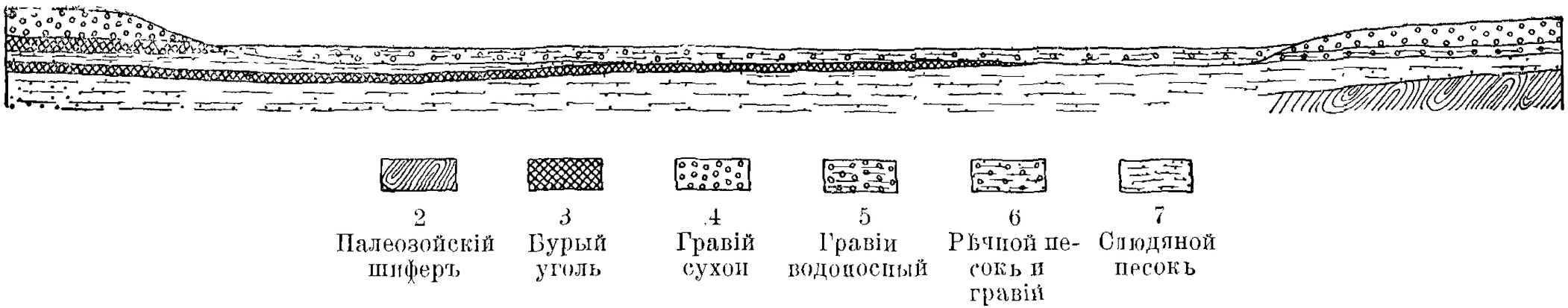
Однако материковые льды образовали громадныя песчаныя отложенія не только въ долинахъ, но и на возвышенномъ плато.

Дѣло въ томъ, что, по наблюденіямъ на современныхъ лед-

никахъ, талыя воды ледниковъ, направляясь не по узкимъ долинамъ, а по *широкому*, ровному мѣсту, имѣютъ свойство часто мѣнять свое русло, дѣлиться на рукава, расходящіеся и снова сходящіеся. Вслѣдствіе этого обстоятельства, одна рѣка постепенно можетъ покрыть своими отложеніями обширныя пространства въ нѣсколько миль протяженіемъ. Явленіе это связано съ тѣмъ, что ледниковыя рѣки при большой быстротѣ теченія, перенося огромныя количества песка и гравія и отлагая ихъ, сами преграждаютъ себѣ путь, вздуваются за образовавшимися песчаными грядами и устремляются куда-либо въ сторону, въ мѣста болѣе низкія. Поэтому то въ области прежняго распространенія материковыхъ льдовъ громадныя площади, отнюдь не имѣющія характера долинъ, покрыты отложеніями ледниковыхъ потоковъ.

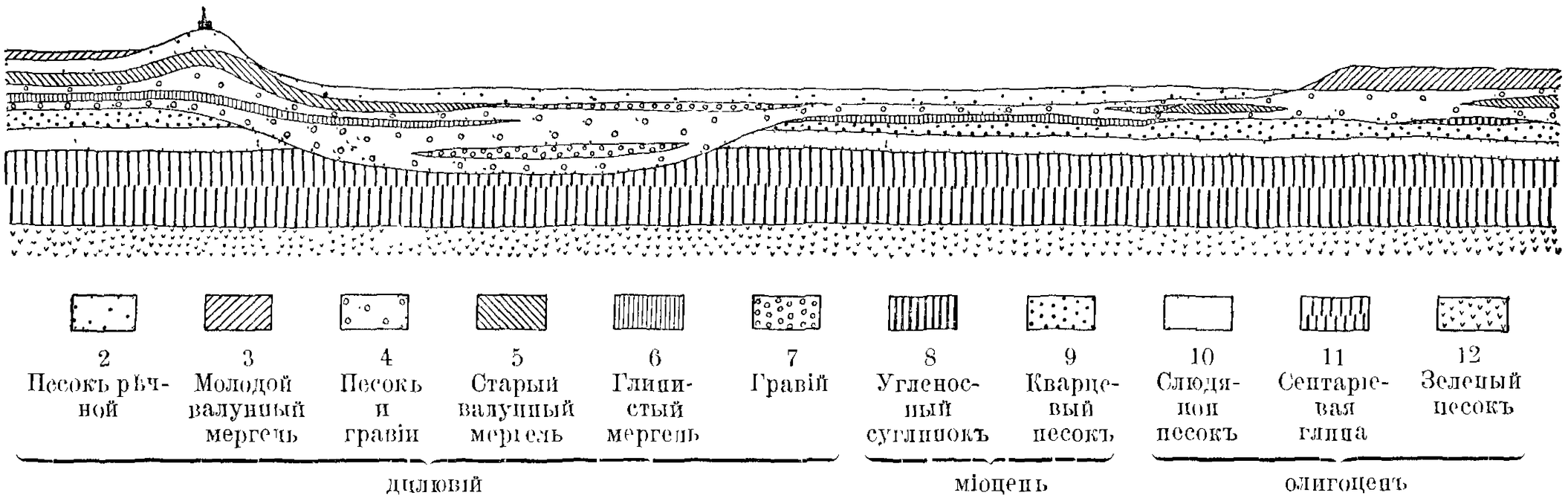
Какъ сказано, рѣка сначала осаждаетъ крупнозернистый матеріалъ, но такое строгое раздѣленіе, какое получается при искусственной отмывкѣ, здѣсь не можетъ быть достигнуто; дѣло въ томъ, что быстрота теченія ледниковыхъ потоковъ подвержена значительнымъ колебаніямъ, которыя повторяются ритмически въ различное время дня и года, такъ какъ интенсивность таянія льдовъ различна днемъ и ночью, лѣтомъ и зимою. Поэтому отложенія ледниковыхъ потоковъ характеризуются постоянно мѣняющеюся величиною зерна, такъ какъ въ нихъ идетъ постоянная смѣна слоевъ крупнаго гравія, мелкаго гравія, крупнаго песка, среди которыхъ могутъ даже попадаться прослойки мелкопесчаныя и глинистыя. Общее же положеніе таково, что весь грубый матеріалъ отлагается по верхнему теченію потоковъ.

Въ томъ случаѣ, если ледниковый потокъ на своемъ пути къ морю долженъ пройти черезъ озеро, въ которомъ теченіе воды, разумѣется, сильно задерживается, то происходитъ осажденіе мелкихъ частицъ песка и глины, и проходятъ черезъ озеро лишь мельчайшія глинистыя части. Въ конечномъ итогѣ, на мѣстѣ такихъ озеръ получаются обширныя отложенія чрезвычайно мелкозернистыхъ глинистыхъ песковъ или м е р г е л ь н ы х ъ п е с к о в ъ, — вслѣдствіе высокаго процентнаго содержанія въ нихъ извести. Часто въ такихъ отложеніяхъ замѣчается смѣна тонкихъ глинистыхъ и нѣсколько болѣе грубыхъ мелкопесчаныхъ прослоекъ, которыя придаютъ поперечному разрѣзу такого отложенія нарядный, пестрый видъ. Такого рода отложенія называются л е н т о ч н ы м и г л и н а м и. Въ тѣхъ водоемахъ, наконецъ, для которыхъ быстрота теченія воды равна нулю, которые, стало быть, либо не имѣютъ стока, либо имѣютъ лишь періодически притокъ богатой рѣчною мутью воды, либо представляютъ изъ себя глубокія бухты вышеназванныхъ озеръ —



Фиг. 10. Профиль черезъ Лаузицкую древнюю долину.

1



Фиг. 11. Профиль черезъ Берлинскую древнюю долину отъ Крейцберга до Гезундбруннена.

образователей мергельныхъ песковъ, осаждается вся, даже мельчайшая рѣчная муть, и происходятъ жирныя, тонко-слоистыя глины и глинистые мергели. Этимъ исчерпанъ рядъ ледниковыхъ рѣчныхъ отложеній.

5. Вѣтромъ создаются два рѣзко различныхъ по своимъ свойствамъ образованія, а именно: a) песчаныя дюны и b) лёссовыя отложенія.

a) Подъ „дюнами“ разумѣютъ скопленія чистаго песка, принесеннаго и отложеннаго исключительно дѣйствіемъ движущагося воздуха. Величина зерна дюнныхъ песковъ находится въ зависимости отъ силы вѣтра. При малой силѣ, напр. при 5 баллахъ, вѣтеръ еще не въ состояніи поднимать и уносить зерна песка. Эта способность вѣтра начинается лишь при силѣ 6 балловъ. Такъ какъ болѣе сильные вѣтры имѣютъ чаще всего силу 6—8 балловъ, ураганы же и вихри большой силы встрѣчаются несравненно рѣже, то величина зерна отлагаемыхъ вѣтромъ песчаныхъ массъ колеблется въ сравнительно узкихъ предѣлахъ. Зерна бóльшія 1 мм. попадаются сравнительно рѣдко, иногда лишь образуя въ дюнахъ тонкія прослойки. Чаще, хотя тоже рѣдко, попадаются зерна величиною 1—0,5 мм., безусловно преобладаетъ размѣръ 0,5—0,1 мм.; съ пониженіемъ размѣра отъ 0,1 мм. число зеренъ опять сильно уменьшается. Мы видимъ, что дюны почти исключительно построены изъ песковъ такой крупности. какая обезпечиваетъ большую водоудерживающую способность песковъ.

Матеріалъ дюнъ состоитъ преимущественно изъ кварца; на ряду съ нимъ, въ дюнахъ сѣверной Германіи имѣются въ небольшихъ количествахъ полевой шпатъ, роговая обманка, авгитъ и нѣкоторые другіе минералы. Въ прибрежныхъ дюнахъ почти всегда имѣется нѣкоторое количество извести, что слѣдуетъ приписать присутствію разложившихся раковинъ, между тѣмъ какъ материковыя дюны почти всегда лишены извести.

Тамъ, гдѣ берегъ морской образованъ известняками, могутъ возникнуть дюны изъ известковаго песка, который впослѣдствіи спаивается въ плотный известнякъ.

На вулканическихъ побережьяхъ встрѣчаются темноокрашенныя дюны, построенныя изъ минераловъ изверженныхъ породъ, лишенныя кварца.

Область распространенія дюнъ отнюдь не ограничивается морскимъ побережьемъ, хотя именно здѣсь онѣ бросаются въ глаза наиболѣе рѣзко. Дюны встрѣчаются также и на материкахъ во всѣхъ тѣхъ областяхъ, которыя представляютъ необходимыя для ихъ образованія условія. Въ сѣверной Германіи песчаныя поверхности обѣихъ большихъ древнихъ долинъ особенно

богаты матеріаломъ, пригоднымъ для насыпки дюнъ. Такъ, въ Торнъ-Эберсвальдской древней долинѣ между рѣками Нетце и Вартою имѣется дюнная область, наиболѣе обширная въ сѣверной Германіи, имѣющая длину въ 75 км. и ширину въ 15 км.; другая, менѣе обширная, область находится въ Бреславль-Ганноверской долинѣ въ Оберлаузитцъ, болѣе мелкія области — во многихъ другихъ мѣстахъ. Въ долинѣ Рейна, въ районѣ впаденія рѣки Майнъ, также имѣются обширныя области дюнъ. По острову Германскаго побережья Сѣвернаго моря тянется поясъ дюнъ, который въ Голландіи и въ Даніи переходитъ на материкъ въ видѣ непрерывной пѣпи дюнъ. На южномъ побережьи Балтійскаго моря дюны отсутствуютъ лишь тамъ, гдѣ море упирается въ дилювіальные отвѣсные берега. Наиболѣе крупныя дюны европейскаго побережья находятся между Пиренеями и устьемъ Гаронны, въ южной Франціи, такъ называемыя „ланды“, которыя тянутся на 230 км. въ одномъ направленіи и занимаютъ общую площадь въ 14,000 кв. км.

Формы поверхности дюнъ весьма разнообразны: на морскомъ берегу онѣ являются, большею частью, въ видѣ прямыхъ, параллельныхъ гребней, расположенныхъ близко одинъ къ другому, или же въ видѣ странствующихъ дюнъ — большихъ песчаныхъ массъ, насыпанныхъ въ видѣ пуховика на высоту до 50 метровъ и больше. Большее разнообразіе формъ наблюдается на материкѣ. Дюны здѣсь лежатъ то въ видѣ слабо-волнистыхъ покрововъ малой мощности, то въ видѣ параллельныхъ волнъ, связанныхъ между собою параболически изогнутыми, открытыми на западъ дугами, то въ видѣ отдѣльныхъ узкихъ, длинныхъ хребтовъ до 10—15 км. длиною, то въ видѣ совершенно неправильно разбросанныхъ, не оріентированныхъ холмовъ, хребтовъ и выпуклинъ.

b) Рѣзкое противорѣчіе съ неплодородными, покрытыми сосновыми лѣсами песчаными дюнами составляютъ области съ нанесенными вѣтромъ лессовыми отложеніями: эти въ высшей степени плодородныя области, въ которыхъ преуспѣваютъ наиболѣе требовательныя культурныя растенія, являются такимъ же продуктомъ дѣятельности вѣтровъ, какъ и пустынныя песчаныя дюны. Мы разумѣемъ подъ „лёссомъ“ аморфную рыхлую обломочную породу, чрезвычайно близкую по механическому составу къ мергельнымъ пескамъ, съ діаметромъ зерна отъ 0,05 до 0,01 мм., соотвѣтствующимъ размѣру частицъ матеріала, обозначаемаго терминомъ „пыль“. Лёссъ является отложеніемъ пылевыхъ вихрей, какіе и понынѣ наблюдаются въ средней Азіи, гдѣ на обширныхъ пространствахъ возникаютъ все новыя отложенія лёсса. Въ про-

тивоположность процессу образованія дюнъ, здѣсь необходимымъ условіемъ является наличность травяного покрова степи. Лишь въ такомъ случаѣ осаждающаяся изъ воздуха пыль будетъ задержана на мѣстѣ, иначе — она будетъ вновь снесена ближайшимъ болѣе сильнымъ вихремъ. Съ другой стороны, отмирающая въ лёссѣ трава придаетъ ему своеобразную трубчатую структуру, которая дѣлаетъ эту породу въ высшей степени порозной и способной къ поглощенію воды.

По минералогическому составу лёссъ состоитъ изъ пылеобразныхъ, по величинѣ, зеренъ кварца и въ этомъ отношеніи обнаруживаетъ сходство съ дюнными песками, но отличается отъ нихъ высокимъ содержаніемъ извести, которая составляетъ 10—25 % и находится въ лёссѣ, какъ будто, не въ видѣ отдѣльныхъ известковыхъ зеренъ, но въ видѣ тончайшаго налета на зернахъ кварца. По своей внѣшней формѣ лёссъ образуетъ покровообразныя отложенія на возвышенныхъ плато, иногда онъ заполняетъ бывшія прежде долины и рытвины или примыкаетъ къ откосамъ. Его мощность подвержена большимъ колебаніямъ, измѣняясь отъ тонкихъ покрововъ, въ 1 м. толщиною, до мощныхъ пластовъ въ 10, 15, 20 метровъ толщиною, которыя встрѣчаются особенно часто по краямъ долинъ, но могутъ покрывать также обширныя пространства на возвышенномъ плато. Въ Европѣ лёссъ не встрѣчается выше 400 м., какъ въ горахъ такъ и въ низинахъ, а также на сѣверѣ материка Онъ предпочитаетъ холмистую мѣстность у подножія среднихъ и высокихъ горъ, тянется полосою отъ Бретани черезъ Европу и Азію и лишь въ южной Россіи значительно удаляется отъ горъ, углубляясь въ равнину.

6. О рыхлыхъ вулканическихъ обломочныхъ породахъ была уже рѣчь въ главахъ о петрографіи, такъ что дальнѣйшее разсмотрѣніе этихъ породъ является излишнимъ.

7. Дѣйствіемъ силы тяжести обусловлено происхожденіе обширныхъ отложеній въ горахъ. По горнымъ склонамъ возникаютъ: а) отложенія, какъ слѣдствіе обваловъ при внезапныхъ катастрофахъ и б) безчисленное множество насыпныхъ конусовъ, какъ слѣдствіе медленно дѣйствующихъ разрушительныхъ процессовъ.

а) Въ первомъ случаѣ низвергающіеся обломки горныхъ породъ покрываютъ не только нижележащіе склоны. но также значительную часть прилегающаго дна долины, достигая иногда даже противоположнаго склона. Осыпающійся матеріалъ по величинѣ чрезвычайно различенъ, отъ громадныхъ глыбъ, съ домъ

величиною, до мельчайшихъ обломковъ. Гидрологическое значеніе этихъ отложеній состоитъ въ томъ, что они, съ одной стороны, могутъ оказаться самостоятельными водоносными слоями, а съ другой — могутъ скрыть выходящіе въ этомъ мѣстѣ на земную поверхность источники, которые, такимъ образомъ, будутъ обнаружены гдѣ либо въ сторонѣ отъ ихъ первоначальнаго мѣста выхода.

b) Происхожденіе обыкновенныхъ насыпныхъ конусовъ сводится къ тому, что горныя породы крутыхъ склоновъ, взрыхленныя корнями растеній и дѣйствіемъ морозовъ, обрываются, отлагаясь на совершенно опредѣленныхъ мѣстахъ, обусловленныхъ устройствомъ поверхности, въ формѣ конусовъ съ крутыми боками. Часто сосѣдніе конусы сливаются, и тогда параллельно основанію крутого склона образуются цѣлые валы насыпного матеріала, которые бываютъ иногда длиною въ нѣсколько миль и задерживаютъ всю идущую съ горъ воду, скрывая выходъ источниковъ въ занятой ими области.

ГЛАВА 4.

Слоистость и трещиноватость.

Обширнымъ областямъ земного шара пришлось бы плохо въ смыслѣ водоснабженія, если-бы сами-по-себѣ водонепроницаемыя породы были вовсе лишены воды. По счастію, природа позаботилась о томъ, чтобы и такія породы получили возможность вбирать себя и проводить воду благодаря тому, что масса породы обычно разбита трещинами, различнаго рода и происхожденія, на отдѣльности, между которыми можетъ циркулировать вода. Трещины могутъ быть раздѣлены на двѣ большія группы:

1. пластовыя щели,
2. трещины излома.

1. Пластовыя (слоевыя) щели. Слоистость представляетъ собою явленіе, съ которымъ мы встрѣчаемся исключительно въ осадочныхъ породахъ; она вызывается смѣною либо въ самомъ характерѣ другъ на друга налегающихъ осадковъ, либо въ условіяхъ отложенія. Нерѣдко можно наблюдать, что слоистость въ песчаникахъ образуется вслѣдствіе того, что между двумя пластами песка вклинилась тонкая прослойка глинистаго матеріала, или между двумя слоями известняка залегаетъ мергелистая пропластка. Иногда слоистость вызывается также смѣною въ окраскѣ или величинѣ зерна: такъ другъ друга смѣняютъ конгломераты

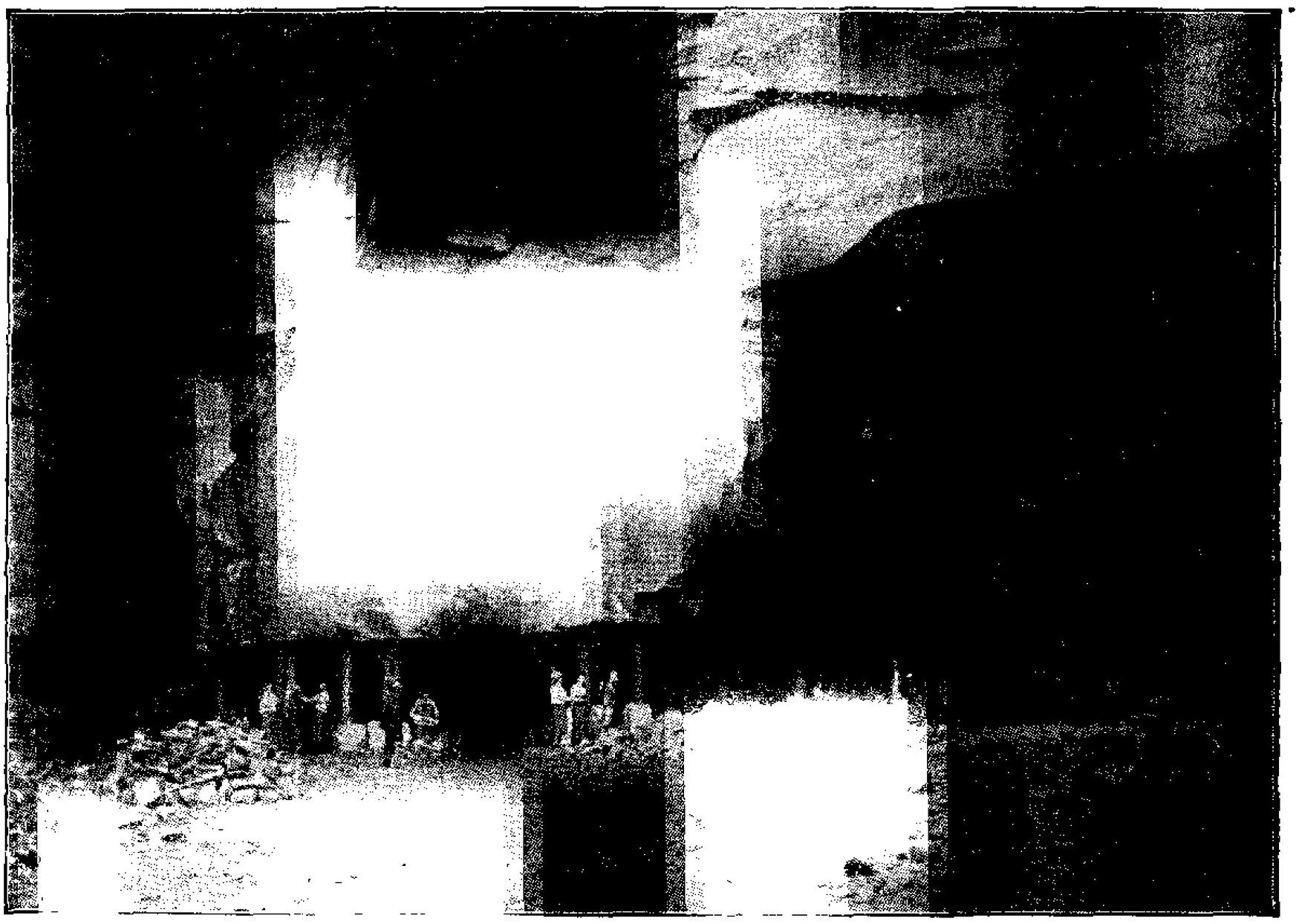
и песчаники, грубый и тонкозернистый песчаникъ, химическіе и кластическіе осадки. Даже въ томъ случаѣ, когда два налегающіе пласта совершенно тождественны, они все-же могутъ разслаиваться щелью, если во время ихъ образованія былъ неравно-



Фиг. 12. Тонкослоистое напластованіе съ изогнутостью слоевъ. Сигурійскій извѣстникъ. Близъ Праги.

мѣрный ростъ минераловъ, чаще всего вслѣдствіе перерыва въ времени. Мощность раздѣляемыхъ трещинами пластовъ чрезвычайно колеблется. Мы находимъ всевозможные переходы отъ тонкосланцеватыхъ породъ, у которыхъ отдѣльные слоики достигаютъ толщины писчаго листа, до пластовъ многометровой

толщины (фиг. 12 и 13). Наичаще наблюдается, что въ одномъ и томъ-же напластованіи чередующіеся слои обладаютъ неодинаковой мощностью, а толстые смѣняются болѣе тонкими. Это явленіе вліяетъ не только на механическую цѣнность породъ, но



Фиг. 13. Толстослойное напластованіе (мѣловой песчаникъ).

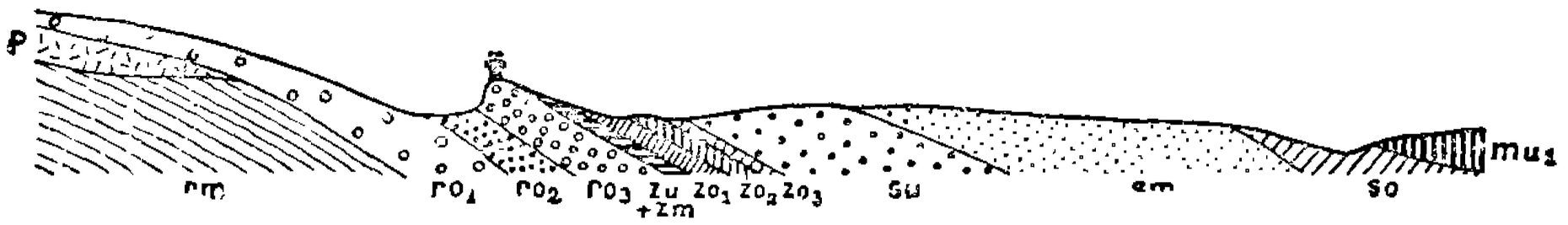
во многихъ случаяхъ имѣетъ также значеніе для ихъ водоносности.

Ни одинъ слой на своемъ протяженіи не распространяется безконечно, но болѣе или менѣе утоняется и, наконецъ, выклинивается. Въ то-же время обыкновенно онъ замѣщается другимъ, обнаруживающимъ утолщеніе въ противоположномъ направленіи. Въ такихъ случаяхъ говорятъ о выклиниваніи слоевъ (фиг. 14).

Фиг. 14. Выклиниваніе.

Оно можетъ имѣть значеніе для водоносности породъ, если водопроницаемые выклинивающіеся пласты залегаютъ внутри водоупорныхъ осадковъ. Иногда происходитъ перерывъ пластовой поверхности и выклиниваніе слоевъ такимъ способомъ, что рядъ слоевъ мало-по-малу раздвигается и утоняется, одновременно замѣняясь слоями иного состава, которые пріобрѣтаютъ ту самую

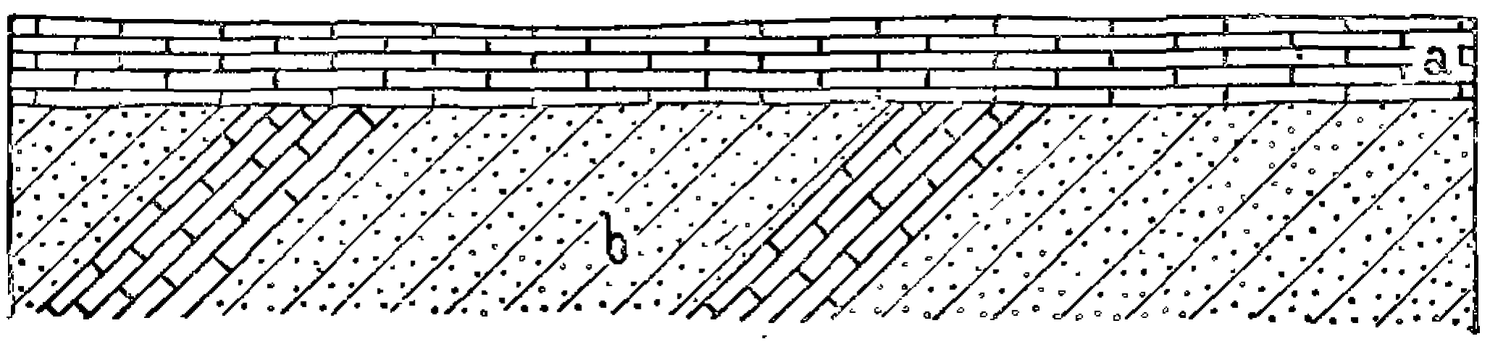
которыхъ каждый вправо лежащій по возрасту моложе предыдущаго съ лѣвой стороны, при чемъ паденіе и простираніе слоевъ во всей системѣ остается почти одинаковымъ. Свита слоевъ, залегающая на нижележащей несогласно, изображена на фиг. 17 и 18. На фиг. 10 и 11 мы также замѣчаемъ несогласіе въ напластованіи



Фиг. 16.
Профиль сѣвернаго края Тюрингенскаго лѣса у Эльгерсбурга (по Э. Цимерману).

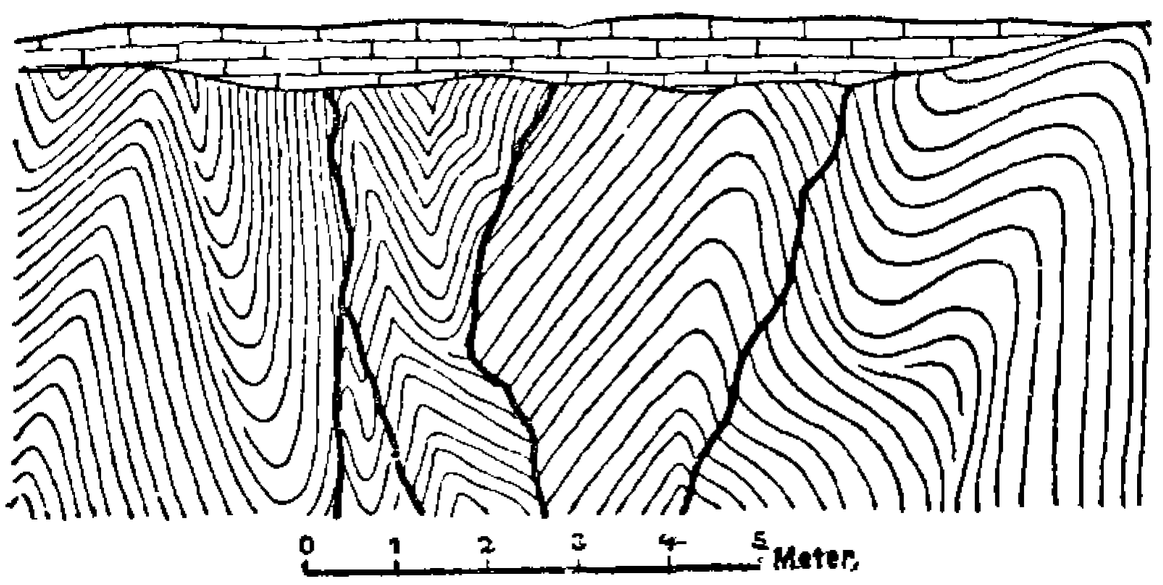
дилювія и третичныхъ отложеній, хотя, безъ сомнѣнія, и менѣе рѣзко выраженное.

Кромѣ подобнаго односторонняго наклона пластовъ, гораздо чаще наблюдаются въ природѣ случаи, когда, вслѣдствіе боко-



Фиг. 17.

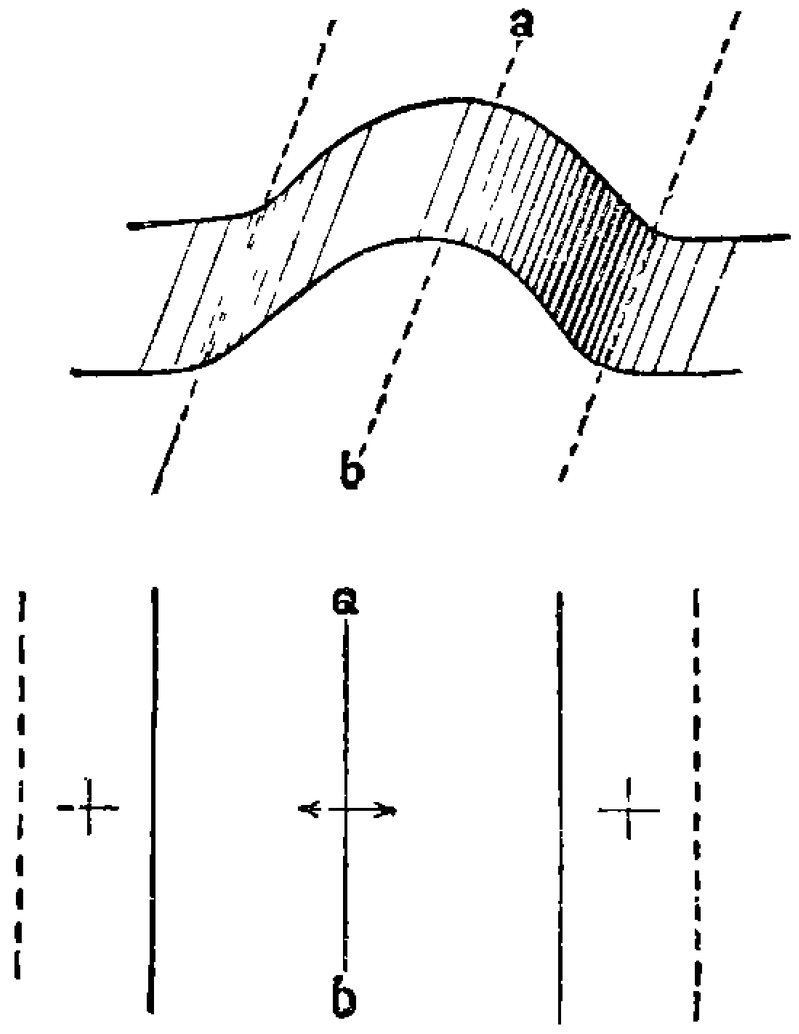
вого давленія, первоначально горизонтальные слои сдвинуты и сложены въ складки, подобныя тѣмъ, которыя получились бы, напримѣръ, если бы взять коверъ за одинъ край и подвигать его къ серединѣ подъ прямымъ угломъ къ этому краю. Тогда возни-



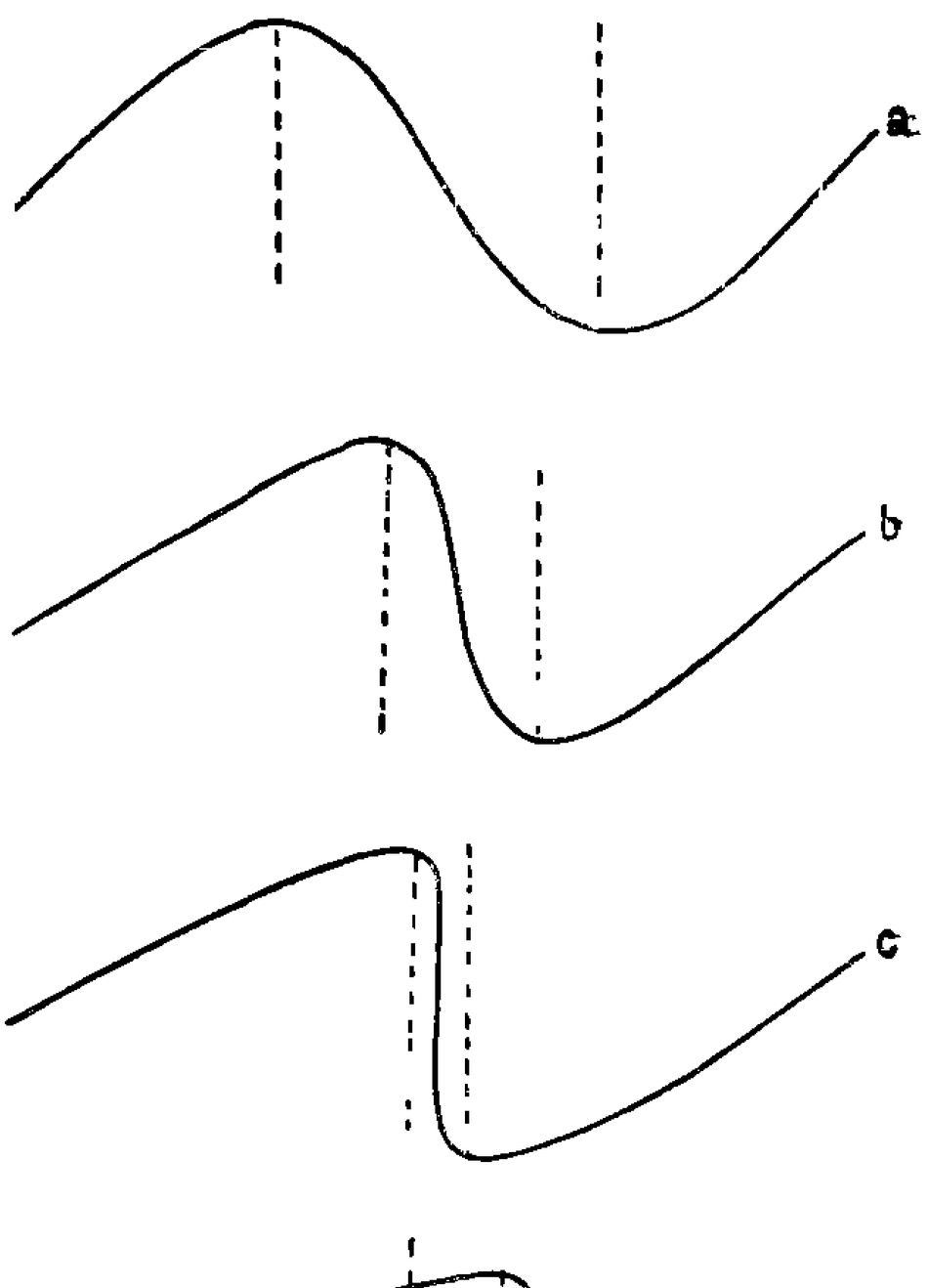
Фиг. 18. Цехштейновые слои, налегающіе на изогнутые кульмскіе кремнистые сланцы (Зап. Гарцъ).

каетъ рядъ складокъ, состоящихъ поперемѣнно изъ поднятій и опусканій. По геологической терминологіи, такія поднятія называются сѣдловинами или антиклиналями (фиг. 19), потому что слои расходятся въ нихъ отъ опредѣленной линіи, а впадины, лежащія между хребтами — мульдами или синклиналями (фиг. 20),

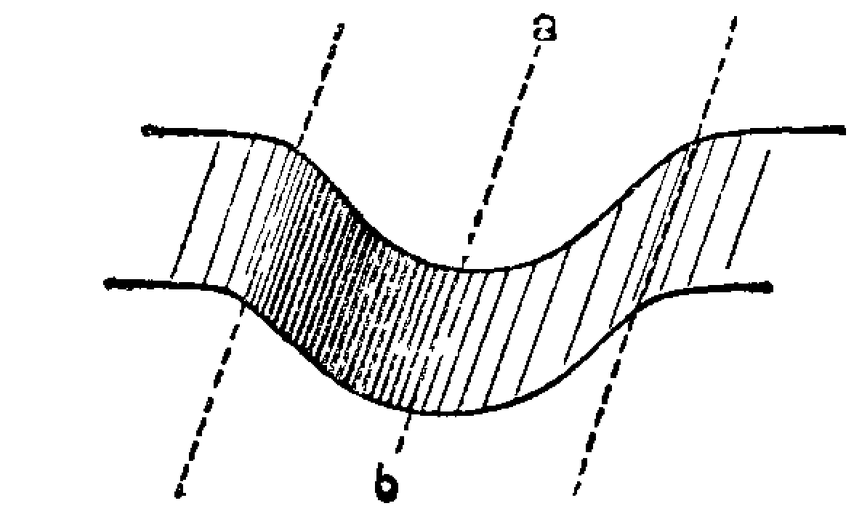
потому что слои здѣсь сходятся. Совокупность сѣдловины и мульды обыкновенно называется складкой. Линія, проведенная черезъ верхнія части сѣдловины, называется гребнемъ ея (a—b на фиг. 19), а другую линію можно провести по дну мульды (a—b на фиг. 20).



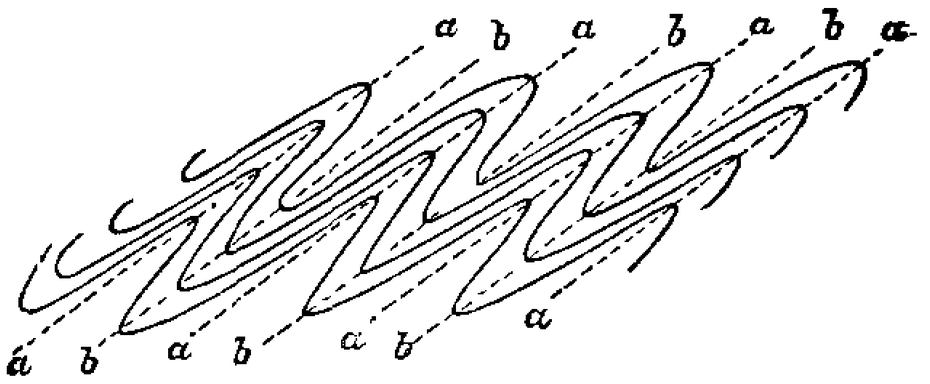
Фиг. 19.



Фиг. 21.



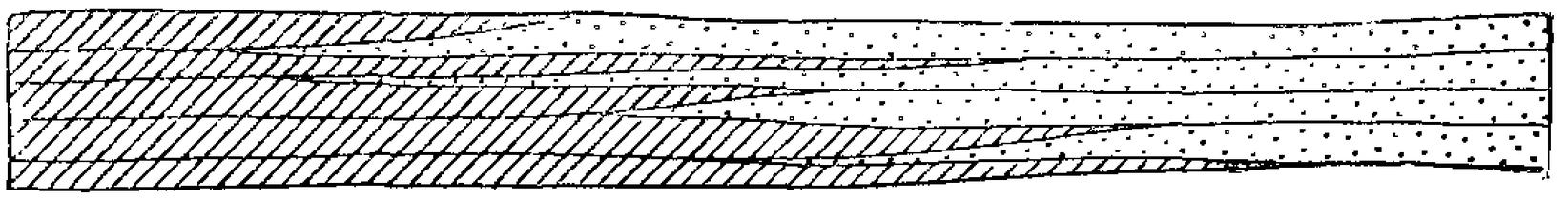
Фиг. 20.



Фиг. 22.

Если черезъ гребень сѣдловины или дно мульды провести отвѣсную плоскость, то сѣдловина или мульда раздѣлится на двѣ части. Если эти части совершенно равны, то мы имѣемъ дѣло съ прямыми складками (фиг. 21 a); если же онѣ не равны, то складки называются наклонными (фиг. 21 b). Наклонъ можетъ быть настолько великъ, что отвѣсная плоскость можетъ совпасть

мощность, на какую уменьшились первые. Такая форма залеганія породъ носитъ названіе перемѣнно выклинвающагося напластованія (фиг. 15). Этимъ обстоятельствомъ можетъ обусловливаться то, что одинъ и тотъ-же рядъ породъ въ одной области водоносенъ, въ другоій — сухъ.



Фиг. 15. Перемѣнно выклинпвающееся напластованіе.

Первоначально, при образованіи, слои имѣли горизонтальное положеніе, и намъ извѣстно лишь немного случаевъ, когда природа создала ихъ съ самаго начала болѣе или менѣе наклонными. Таковые мы находимъ въ видѣ движущихся песковъ, въ известковыхъ отложеніяхъ текучей воды, въ осадкахъ, выносимыхъ рѣками въ глубокія озерныя котловины, въ коралловыхъ рифахъ и, наконецъ, среди наземныхъ вулканическихъ образованій, обыкновенно равномѣрно во всѣ стороны спускающихся вокругъ кратера вулкана.

ГЛАВА 5.

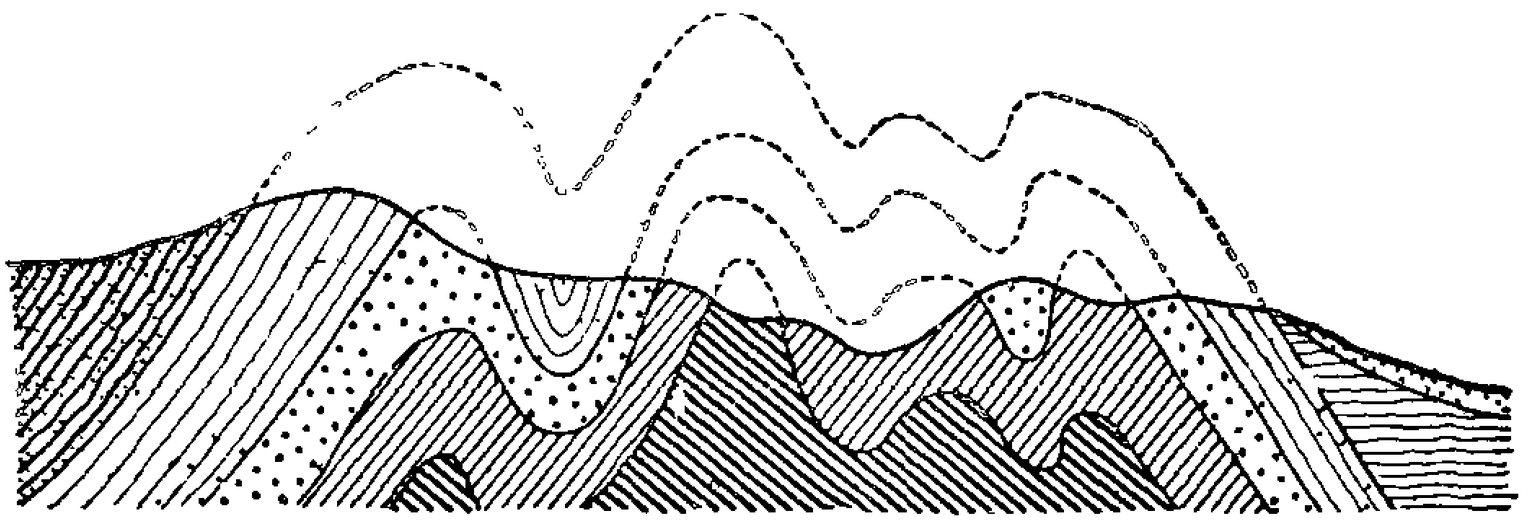
Условія залеганія горныхъ породъ.

При изученіи движенія воды въ почвѣ огромнѣйшее значеніе имѣютъ условія залеганія пластовъ, являющихся проводниками и хранилищами этой воды. При взглядѣ на отдѣльную систему пластовъ мы замѣчаемъ, что, совершенно независимо отъ случайныхъ уклоненій залеганія породъ отъ горизонтальной плоскости, слои покоятся одинъ на другомъ единообразно (согласное напластованіе), или же мы наблюдаемъ иногда такую систему пластовъ, гдѣ верхніе слои залегаютъ уже не параллельно нижележащимъ, а пересѣкаютъ ихъ подъ какимъ либо угломъ. Подобное напластованіе называютъ несогласнымъ.

При согласномъ напластованіи слои или залегаютъ на значительномъ протяженіи въ горизонтальномъ направленіи, или же они могутъ быть и наклонными (въ понятіе о горизонтальномъ направленіи входитъ и уклонъ въ нѣсколько градусовъ, могущій получиться при точномъ измѣреніи на большомъ протяженіи). Примѣромъ согласнаго напластованія горизонтально залегающихъ слоевъ являются дилювіальные и третичные слои, изображенные на фиг. 10—11, а наклонное согласное напластованіе изображено на фиг. 16. Здѣсь мы видимъ рядъ слоевъ, изъ

съ среднимъ крыломъ антиклинали, т. е. съ частью складки, являющейся общей и для мульды, и для сѣдловины (фиг. 21 c). Если же отвѣсная плоскость проходитъ внѣ этого крыла, т. е. лежитъ за предѣлами сѣдловины или мульды, то складку называютъ лежачей (фиг. 21 d). Всѣмъ этимъ различнымъ видамъ складокъ свойственно единообразное распространеніе въ длину по одной линіи, обыкновенно превышающее ширину ихъ въ нѣсколько разъ.

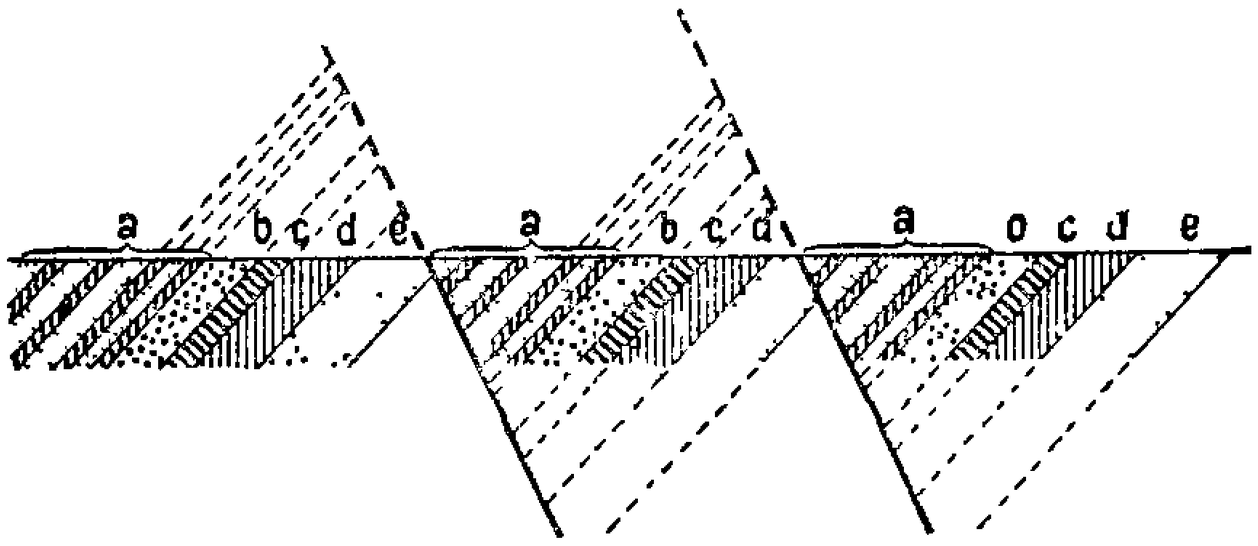
Плоскость, проведенную черезъ гребень сѣдловины или дно мульды и дѣлящую уголъ изгиба ихъ пополамъ, называютъ осевой плоскостью, причемъ различаютъ осевыя плоскости сѣдловины (a—a на фиг. 22) и осевыя плоскости мульдъ (b—b на фиг. 22). Если отдѣльныя складки надвинуты другъ на друга такъ тѣсно, что крылья ихъ проходятъ почти параллельно осевымъ плоскостямъ, то вся система складокъ, получаетъ названіе изоклинальной (фиг. 22).



Фиг. 23.

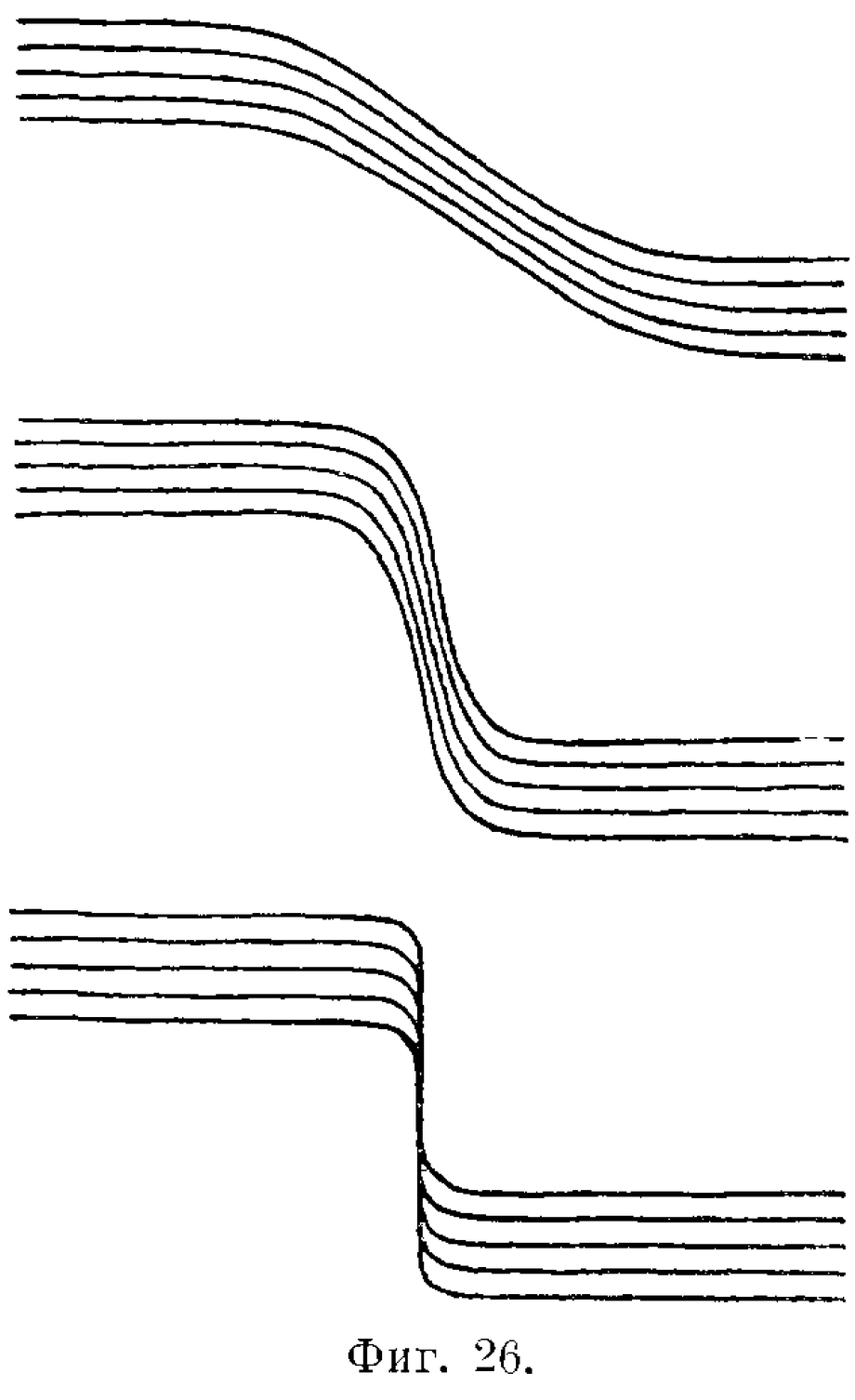
Въ огромномъ большинствѣ случаевъ непосредственному наблюденію доступны лишь части складки, строеніе же ея приходится опредѣлять косвеннымъ путемъ, въ особенности если система складокъ подверглась дислокаціи, и изгибы сѣдловины разрушены. Въ такомъ случаѣ часть слоевъ, снесенная размывомъ, и которую нужно мысленно пополнить для возстановленія первоначальнаго направленія складокъ, получаетъ названіе воздушной сѣдловины (фиг. 23). Мѣста изгибовъ мульдъ въ большинствѣ случаевъ сохраняются, такъ какъ они занимаютъ наиболѣе глубоко лежащія части системы складокъ; однако, въ виду глубины залеганія, они, большею частью. ускользаютъ отъ непосредственнаго наблюденія. Если отдѣльные слои изоклинальной системы складокъ, подвергавшейся размыву, выступаютъ на поверхность (фиг. 24), то они, естественно, производятъ впечатлѣніе свиты пластовъ, наклоненныхъ въ одну сторону, и требуется много вниманія, чтобы, наблюдая подобное явленіе, не придти къ ложному предположенію, что мы имѣемъ дѣло съ мощной свитой пластовъ, гдѣ каждый висячій бокъ по возрасту моложе

вычайно затруднительнымъ, если мѣста изгибовъ пластовъ не доступны непосредственному наблюденію. При знаніи же возраста отдѣльныхъ пластовъ легко установить положеніе мульдъ.

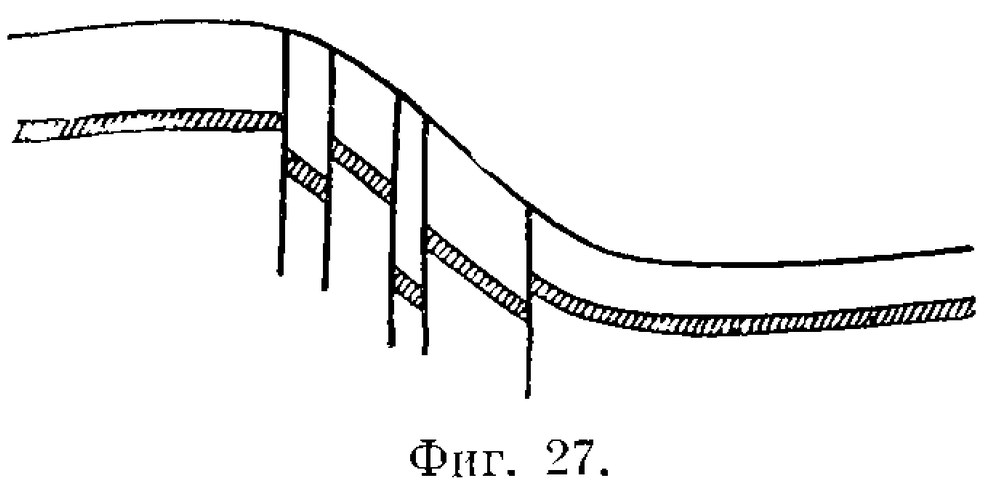


Фиг. 25.

Если пластъ, залегающій вообще горизонтально, на извѣстномъ протяженіи принимаетъ наклонное положеніе, подъ болѣе или менѣе значительнымъ угломъ, а затѣмъ переходитъ опять въ горизонтальное залеганіе, то это означаетъ, что мы имѣемъ дѣло съ такимъ видомъ напластованія, когда изъ отдѣльныхъ элементовъ складки сохранилось лишь среднее крыло, тогда какъ оба другія крыла сѣдловины и мульды залегаютъ въ горизонтальной плоскости. Подобный видъ напластованія называется моноклинальной складкой или, лучше, флексурой (фиг. 26). Въ среднемъ крылѣ флексуры слои обыкно-



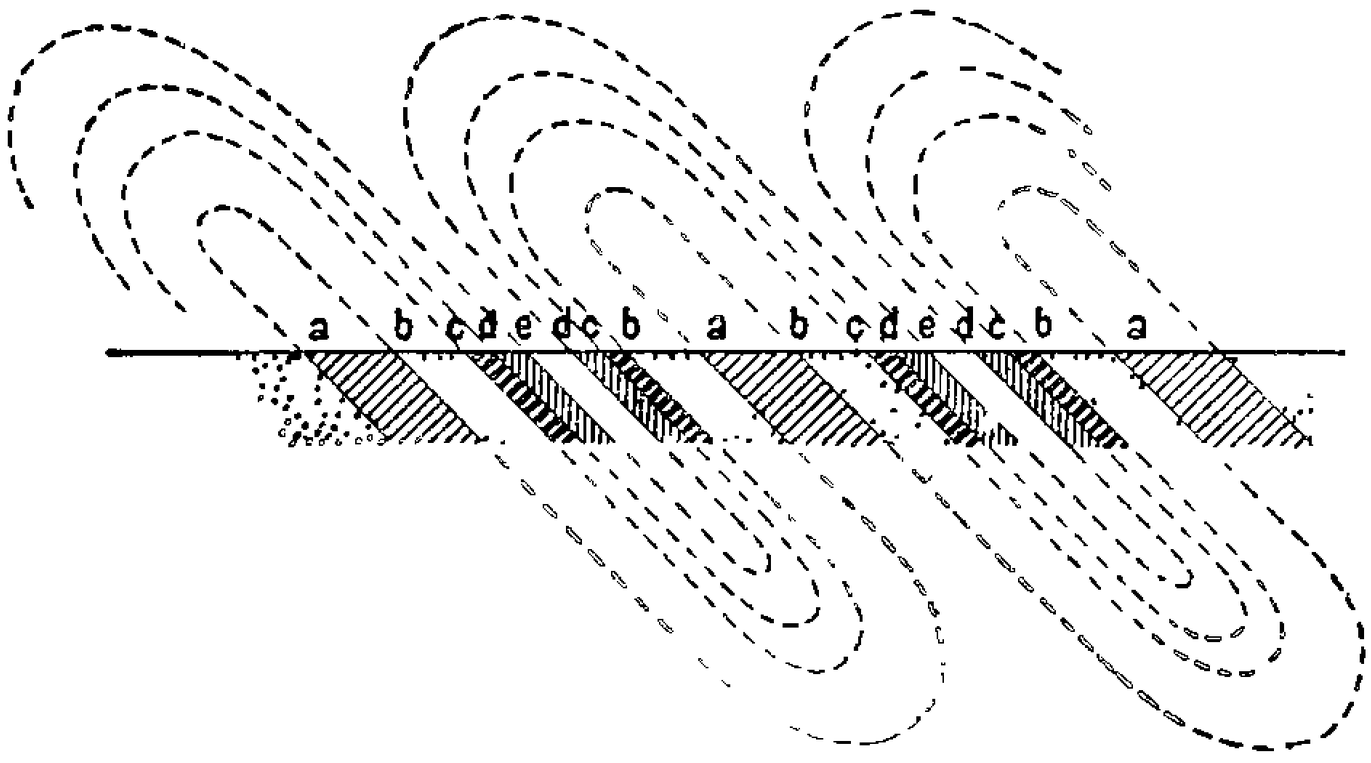
Фиг. 26.



Фиг. 27.

венно менѣе моцны, чѣмъ въ прилегающихъ къ нему горизонтальныхъ частяхъ складки, и эта разница въ мощности тѣмъ значительнѣе, чѣмъ круче уклонъ этого крыла. Въ случаѣ крайняго растяженія пластовъ средняго крыла, когда они стоятъ вертикально, въ большинствѣ случаевъ они обращаются въ высшей степени тонкій, часто прерывающійся слой (фиг. 26 внизу) и та-

лежачаго. Средства для распознаванія настоящаго положенія вещей заключаются въ слѣдующемъ: нужно точно ознакомиться съ петрографическимъ и палеонтологическимъ характеромъ отдѣльныхъ пластовъ, снять точный профиль отдѣльныхъ, ясно выраженныхъ формацій, обозначивъ послѣднія буквами такимъ образомъ, чтобы одна и та же порода во всѣхъ пунктахъ выхода значилась подъ одной и той же буквой. Если при этомъ получится полное отсутствіе симметріи въ распредѣленіи отдѣльныхъ пластовъ, то можно заключить, — если подобному выводу не будутъ препятствовать другія обстоятельства, — что мы имѣемъ дѣло съ одной системой покоящихся другъ на другѣ слоевъ. Если же получится свита, въ которой, начиная съ извѣстнаго мѣста, слои начнутъ повторяться въ обратномъ порядкѣ, и по-



Фиг. 24.

добное явленіе повторится послѣдовательно нѣсколько разъ, — причемъ не исключается возможность случайнаго отсутствія какого либо изъ членовъ свиты, или появленія новаго члена, — то можно заключить, что мы имѣемъ передъ собой изоклинальную систему складокъ, которая должна быть возстановлена, какъ показано на фиг. 24. Если въ свитѣ пластовъ верхняя сторона пласта обращена въ одномъ случаѣ на востокъ, въ другомъ на западъ, то оба пласта могутъ быть связаны между собой только при условіи, что въ промежуточномъ пространствѣ имѣлъ мѣсто изгибъ. Если же съ помощью обозначенія пластовъ буквами удастся установить присутствіе изоклинальной системы складокъ, и получится схема, въ которой отдѣльные члены той же свиты повторяются (фиг. 25), то нужно доказать, что это повтореніе вызвано нарушеніемъ напластованія, о чемъ будетъ сказано еще ниже.

Если при повторяющейся свитѣ пластовъ съ достовѣрностью неизвѣстно, который бокъ ихъ является висячимъ, который лежачимъ, то установленіе сѣдловинъ и мульдъ представляется чрез-

кимъ образомъ получается переходъ отъ наклоннаго напластованія къ вызванному изломомъ сбросу отдѣльныхъ слоевъ.

При флексурахъ весьма часто наблюдается, что наклонно или отвѣсно стоящее среднее крыло перерѣзано многочисленными сбросами, при чемъ промежуточное пространство сдвинуто въ различной степени. Схематическое изображеніе подобнаго нарушенія напластованія представлено на фиг. 27. Дальнѣйшія свѣдѣнія о нарушеніяхъ напластованій изложены въ слѣдующей главѣ.

ГЛАВА 6.

Скважность горныхъ породъ и трещины излома.

Отъ явленій флексуры открывается естественный переходъ къ явленіямъ разрыва, сопровождающагося изломомъ; но прежде мы должны болѣе детально разсмотрѣть столь важныя для гидрологическихъ условій многочисленныхъ областей трещины излома.

Подъ трещинами излома или литоклазами мы разумѣемъ всѣ трещины, пересѣкающія породу не въ плоскости наслоенія. Большинство горныхъ породъ земной коры залегаетъ не въ видѣ исполинскихъ, непрерывныхъ массивовъ, но раздѣлено на части безконечнымъ множествомъ пустотъ и трещинъ разнообразнѣйшаго вида и весьма различныхъ размѣровъ. Въ иныхъ породахъ это явленіе развито настолько сильно, что трудно бываетъ найти кусокъ породы со свѣжимъ изломомъ, не ограниченный такими трещинами, между тѣмъ какъ въ другихъ породахъ раздѣляющія трещины настолько другъ отъ друга удалены, что куски породы съ домъ величиною здѣсь не рѣдкость. На такомъ раздробленіи массивныхъ и осадочныхъ горныхъ породъ покоится не только каменоломное дѣло, но и водоносность этихъ породъ. Въ виду большого значенія такого раздробленія и раздѣленія породъ для ихъ водоносности, является необходимость болѣе детальнаго разсмотрѣнія различныхъ формъ пустотъ и трещинъ и способа ихъ происхожденія.

Раздѣленіе явленій этого рода впервые и наиболѣе полно было проведено Добрэ[1]): всѣ трещины, обозначаемыя имъ общимъ терминомъ литоклазовъ, онъ дѣлитъ на три группы. Первой группѣ даетъ названіе лептоклазовъ, второй — діаклазовъ и третьей — параклазовъ. Подъ лептоклазами онъ разумѣетъ трещины, отличающіяся небольшими размѣрами. Діаклазами онъ называетъ всѣ трещины болѣе круп-

---

1) Les eaux souterraines à l'époque actuelle. Paris 1878.

ныхъ размѣровъ, не вызвавшія, однако, нарушенія напластованія. Трещины третьей группы, параклазы, также отличаются значительными размѣрами и, кромѣ того, тѣмъ, что вдоль нихъ произошло нѣкоторое передвиженіе пластовъ.

Лептоклазы, мелкія трещины, длина и діаметръ которыхъ колеблются въ весьма узкихъ предѣлахъ, могутъ быть распредѣлены либо въ извѣстномъ порядкѣ, либо неправильно. Въ первомъ случаѣ Добрэ ихъ называетъ синклазами, во второмъ — піезоклазами. Синклазы въ ихъ сильномъ развитіи встрѣчаются въ изверженныхъ породахъ, и происхожденіе ихъ

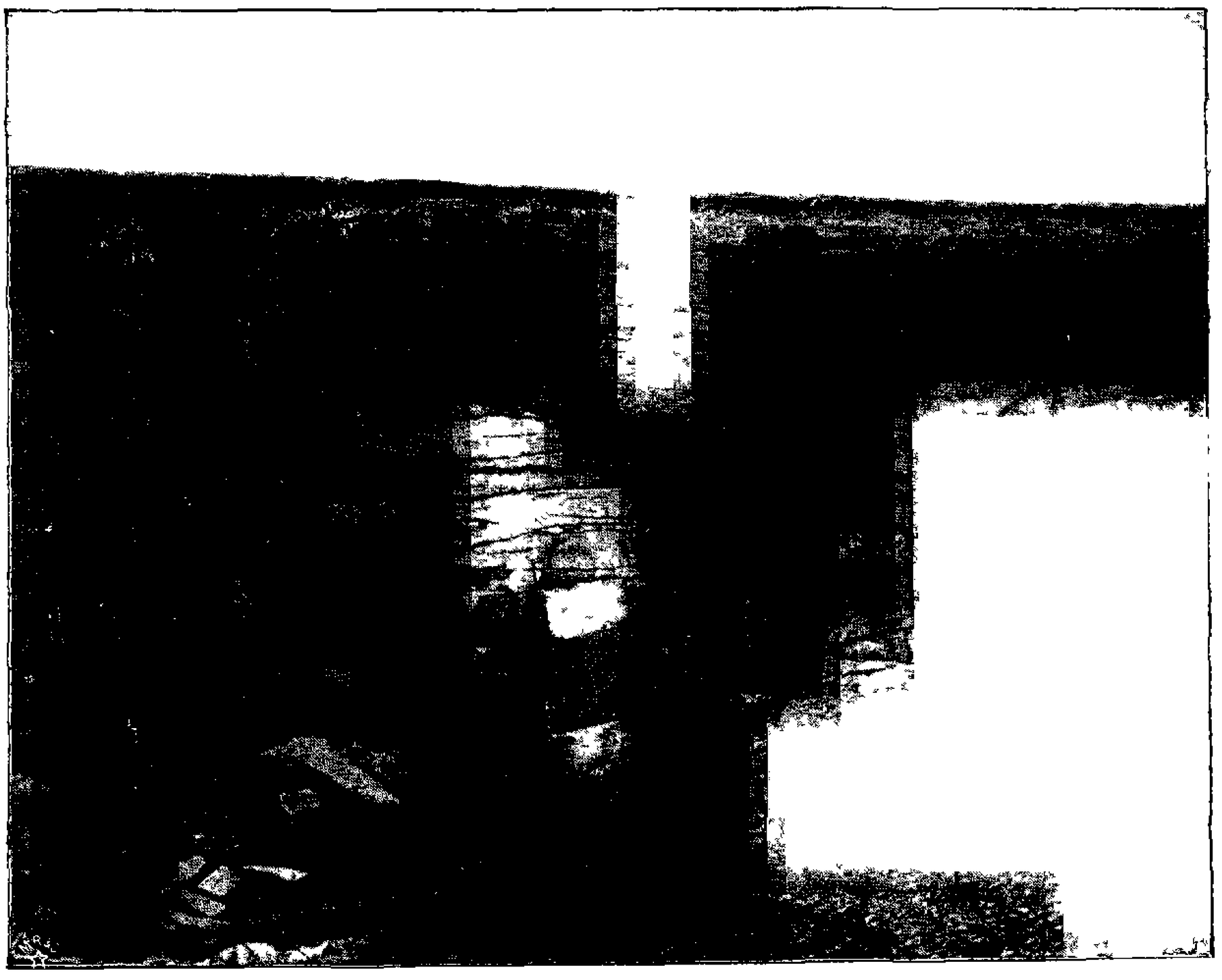


Фиг. 28. Столбчатыя отдѣльности базальта.

здѣсь, очевидно, связано съ переходомъ породъ въ твердое состояніе. Отличный примѣръ синклазовъ мы имѣемъ въ базальтѣ (фиг. 28), который почти во всѣхъ своихъ обнаженіяхъ обнаруживаетъ столбчатость, при чемъ столбы своею длинною осью направлены перепендикулярно къ плоскостямъ охлажденія, лежатъ горизонтально въ ходахъ, вертикально въ сводахъ и потокахъ, а въ большихъ равномѣрно охлажденныхъ куполо- или конусообразныхъ вулканическихъ горахъ они образуютъ расходящіяся вѣерообразно во всѣ стороны столбчатыя системы. Въ поперечномъ разрѣзѣ такія столбчато-разслоенныя породы напоминаютъ пчелиныя соты, а въ продольномъ — поставленные рядами и этажами столбы. Размѣры столбовъ, какъ по длинѣ, такъ и по діаметру, весьма разнообразны. Въ нѣкоторыхъ естественныхъ и

искусственныхъ обнаженіяхъ отдѣльные столбы базальта тянутся въ длину на 50 и на 100 метровъ, при чемъ и діаметры ихъ довольно значительны, между тѣмъ какъ въ мелко-раздѣленныхъ базальтахъ встрѣчаются отдѣльности съ палецъ толщиной при соотвѣтственномъ пониженіи длины.

Столбы очень большихъ размѣровъ наблюдаются часто въ кварцевыхъ порфирахъ и въ новѣйшихъ лавахъ (Зибенгебирге, Эйфель). Другія изверженныя породы характеризуются пластинчатымъ разслоеніемъ, напр. фонолиты и граниты (фиг. 29). От-



Фиг. 29. Плитчатыя отдѣльности и вертикальное раздробленіе въ Лаузицкомъ гранитѣ (по Герману).

дѣльныя плиты быстро выклиниваются, и получается нѣчто въ родѣ луковицеобразнаго строенія. Другіе граниты во всѣхъ направленіяхъ пересѣчены трещинами, которыя разбиваютъ породу на цѣлый рядъ отдѣльностей неправильной формы. Этотъ видъ раздробленія породы имѣетъ слѣдствіемъ то любопытное явленіе вторичнаго порядка, съ которымъ мы познакомились при разсмотрѣніи вопроса о вывѣтриваніи гранита и о происхожденіи розсыпей.

Совершенно особыми свойствами отличаются тѣ мелкія трещины, которыя безъ всякой правильности пересѣкаютъ породу и которыя Добрэ обозначаетъ терминомъ піезоклазовъ, мы же на-

зовемъ сѣтчатыми. Ихъ характерная особенность состоитъ въ томъ, что онѣ пересѣкаютъ горную породу во всѣхъ направленіяхъ и лежатъ чрезвычайно тѣсно одна къ другой. Нѣкоторыя породы, какъ, напр., сѣрая вакка, совершенно не поддаются обработкѣ молотомъ, такъ какъ онѣ при ударахъ разсыпаются вдоль этихъ трещинъ на мелкіе кусочки. Между тѣмъ какъ синклазы являются результатомъ дѣйствія внутреннихъ силъ, обнаруживающихся при охлажденіи породъ, происхожденіе піезоклазовъ объясняется вліяніемъ внѣшнихъ силъ, а именно давленія, свя-



Фиг. 30. Сильно трещиноватый кремнистый сланецъ, трещины котораго вновь заполнились кварцемъ.

заннаго съ тектоническими нарушеніями и горообразовательными процессами.

Эти трещины, при совершенно неправильномъ распредѣленіи, появляются всегда въ большомъ количествѣ и въ скученномъ видѣ и особенно замѣтны въ поверхностныхъ слояхъ горныхъ породъ, ибо здѣсь послѣдующее вліяніе вывѣтриванія и циркулирующей по трещинамъ воды вызываетъ болѣе сильное разрыхленіе породы. Но было бы неправильно полагать, что подобная трещиноватость ограничивается лишь поверхностными горизонтами горныхъ породъ; нѣтъ, она встрѣчается и на большой глубинѣ. Въ глубокихъ горизонтахъ многія трещины, заполняясь новыми минералами, опять залѣчиваются. То обстоятельство, что многія горныя породы сильно испещрены жилами различныхъ постороннихъ ми-

нераловъ, напр.: кремнистыя породы — мельчайшими жилами кварца (фиг. 30), известковыя породы — жилами известковаго шпата, кристаллическія породы — тончайшими прослойками рудъ, наглядно свидѣтельствуютъ о широкомъ распространеніи процессовъ трещинообразованія въ горныхъ породахъ.

Діаклазы прежде всего характеризуются своими значительными размѣрами. Это — трещины, которыя могутъ достигать въ ширину $^1/_4$ до $^1{}_2$ метра, но могутъ быть и настолько узки, что ихъ стѣнки соприкасаются. Особенно важный отличительный признакъ діаклазовъ состоитъ въ томъ, что они очень глубоко внѣдряются въ породу, пересѣкая подрядъ нѣсколько пластовъ. Далѣе, они отличаются тѣмъ, что тянутся въ горизонтальномъ направленіи не только на сотни метровъ, но даже непрерывно на нѣсколько километровъ: къ этому присоединяется еще то обстоятельство, что они очень часто появляются группами, въ которыхъ трещины идутъ приблизительно параллельно, обнаруживая нѣкоторую закономѣрность во взаимномъ ихъ расположеніи. Обращаетъ на себя вниманіе еще и то, что въ большинствѣ случаевъ одновременно появляется не одна система такихъ скважинъ, но двѣ или даже три системы, пересѣкающіяся подъ нѣкоторымъ опредѣленнымъ угломъ. Такъ, на полученномъ нами отъ вѣнскаго проф. Рейера и помѣщенномъ здѣсь на фиг. 31 изображеніи части С. Готтардскаго гранита показаны двѣ параллельныя системы діаклазовъ. Весь массивъ горной породы въ этомъ случаѣ разбитъ на рядъ призматическихъ отдѣльностей, конфигурація которыхъ опредѣляется взаимнымъ расположеніемъ трещинъ. Что касается причинъ подобнаго рода неправильныхъ разслоеній, то ихъ нельзя искать въ дѣйствіи внутреннихъ силъ, проявляющихся при сжиманіи; такое предположеніе, правильное для изверженныхъ породъ, здѣсь не приложимо, ибо діаклазы попадаются не только въ породахъ, способныхъ сокращаться при выдѣленіи воды, каковы глинистыя породы, но и въ такихъ, которыя либо совершенно лишены водопоглощающей способности, либо надѣлены ею лишь въ незначительной степени, каковы, напр., кварциты и многія кристаллическія породы. Путь діаклазовъ, вообще, не зависитъ отъ геологическаго строенія; они пересѣкаютъ пласты горной породы, большею частью, въ вертикальномъ къ земной поверхности направленіи, сохраняя взаимную параллельность, независимо отъ какихъ-либо измѣненій въ направленіи и положеніи пластовъ. Это, разумѣется, правильно лишь для тѣхъ діаклазовъ, которые моложе повѣйшихъ нарушеній напластованія соотвѣтственной свиты пластовъ. Намъ, однако, извѣстны и такія системы діаклазовъ, которыя уже существовали до дислокаціи и

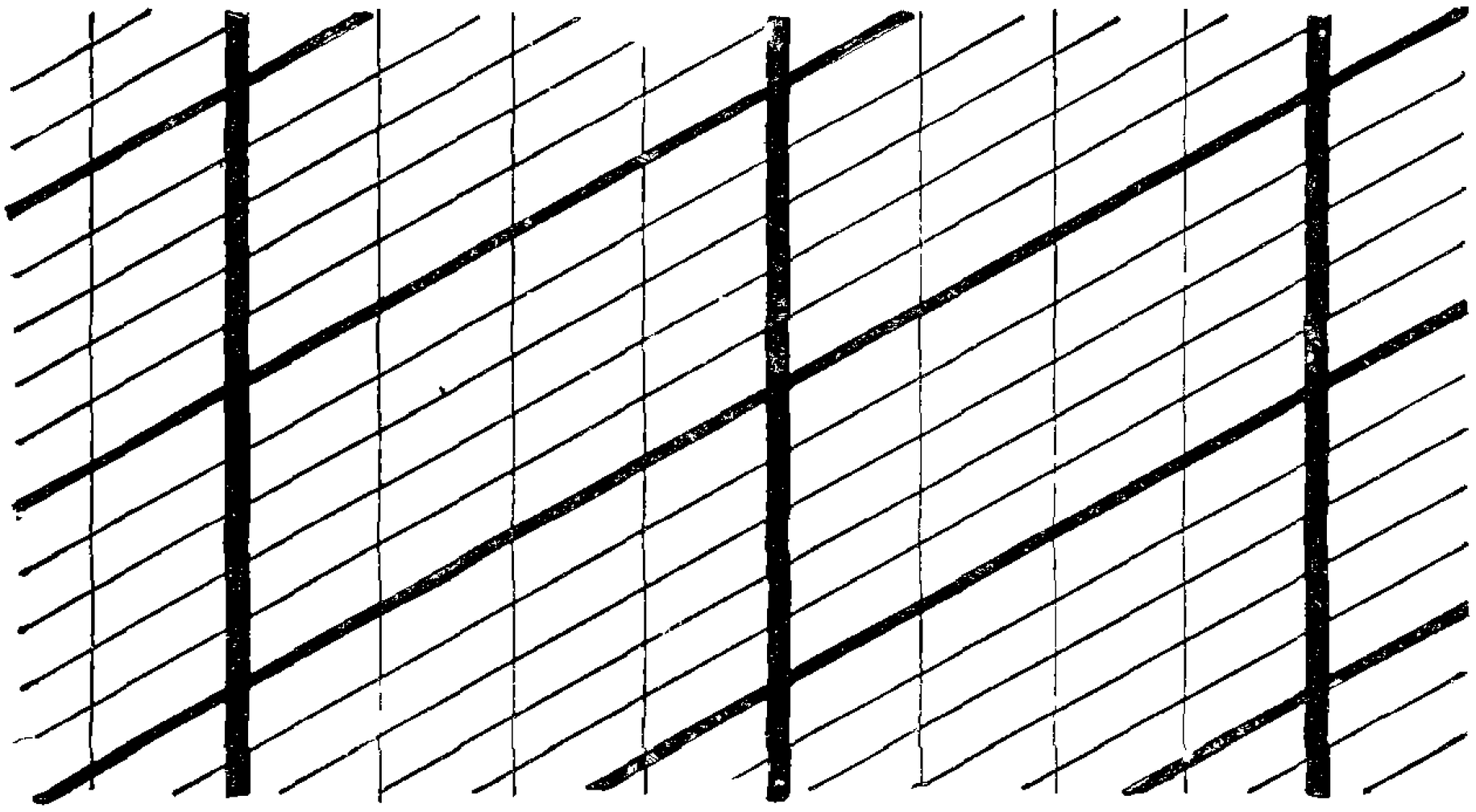
ихъ работахъ по составленію геологической карты, дѣлитъ мѣстные діаклазы слѣдующимъ образомъ (фиг. 32):

a Главныя трещины, сравнительно широкія — въ 15—25, а въ иныхъ случаяхъ и въ 50 см. ширины, направленныя съ сѣвера на югъ.

a′ Побочныя трещины, параллельныя a, но лишь въ 5—15 см. ширины.

b Главныя трещины. съ шириною около 20 см., идущія примѣрно въ направленіи ENE на WSW.

b′ Побочныя трещины, параллельныя b, шириною въ 5—15 см.



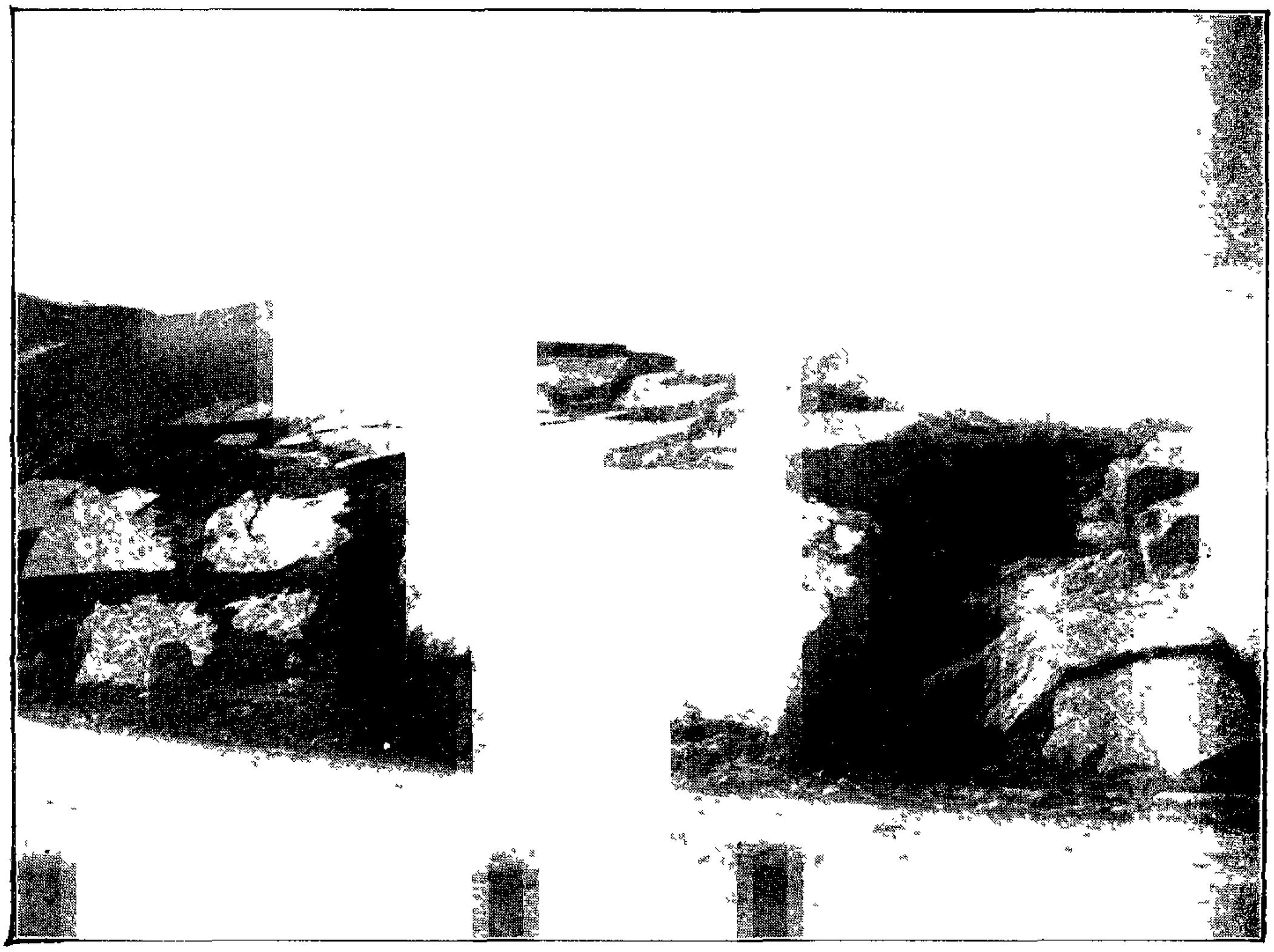
Фиг. 32. Система трещинъ въ раковистомъ известнякѣ Бернбурга

c Побочныя трещины, незначительной ширины, идущія въ разныхъ направленіяхъ, преимущественно съ NE на SW; на фиг. 32 не представлены.

Трещины рубрики a тянутся на разстояніи 40 м. другъ отъ друга, между ними — трещины a′ черезъ каждые 8—10 м. Трещины b расположены черезъ 20 м., трещины b′ — черезъ 4 м. (фиг. 32). Наиболѣе древними являются трещины a, которыя существовали уже во время нижняго олигоцена, песками котораго онѣ отчасти и заполнены, по крайней мѣрѣ въ участкахъ раковистаго известняка. Въ нижнемъ пестромъ песчаникѣ трещины a заполнены глиной, трещины b — не заполнены, а въ песчаникѣ средняго пестраго песчаника ни тѣ, ни другія не заполнены. Въ глинистыхъ участкахъ красноцвѣтнаго и раковистаго известняка трещины не зіяютъ, но развиты лишь въ видѣ разслаивающихъ плоскостей.

послѣ нея оказались въ совершенно иномъ положеніи. Такъ, въ туронѣ, къ югу отъ Люнебурга, пласты, занимавшіе прежде горизонтальное положеніе, новѣйшими третичными дислокаціями были переведены въ круто-наклонное и даже вертикальное, соотвѣтственно чему и діаклазы, пересѣкавшіе известковую породу первоначально въ вертикальныхъ плоскостяхъ, превратились въ горизонтальные.

Въ качествѣ примѣра такихъ закономѣрно расположенныхъ системъ діаклазовъ, приведемъ болѣе детальное описаніе хорошо



Фиг. 31. Діаклазы въ С. Готтардскомъ гранитѣ.

изученныхъ системъ въ тріасѣ Бернбурга и въ мѣловомъ песчаникѣ Саксонской Швейцаріи.

Въ раковистомъ известнякѣ и пестромъ песчаникѣ области Бернбурга имѣется нѣсколько такихъ системъ, не обнаруживающихъ въ своемъ направленіи ни малѣйшей зависимости отъ разнообразно мѣняющагося геологическаго строенія. Меркель[1]), на основаніи своихъ наблюденій, которыя вполнѣ подтвердились при мо-

1) Der unteroligozäne Meeressand in Klüften des Bernburger Muschelkalkes. Von O. Merkel und K. v. Fritsch. „Zeitschr. f. Nat.“ Bd. 70, 1897, S. 61.

Въ Саксонской Швейцаріи, по Геттнеру[1]), имѣются двѣ системы діаклазовъ, которые въ верхней своей части представляютъ открытыя, зіяющія щели, книзу же переходятъ въ простыя, разслаивающія песчаникъ, плоскости: рабочіе ихъ обозначаютъ терминомъ Lose, и будучи расположены въ двухъ почти перпендикулярныхъ другъ другу направленіяхъ, онѣ обусловливаютъ собою кубическое строеніе песчаника. Каждое изъ направленій преобладаетъ въ какой либо части Саксонской Швейцаріи, но нѣкоторая правильность все же замѣчается въ этомъ отношеніи. На правомъ берегу Эльбы между Пирна и Шандау господствуетъ направленіе N 120° E, совпадающее съ направленіемъ теченія Эльбы, и перпендикулярное къ этому направленіе N 30° E. У Шандау эти направленія мѣняются соотвѣтственно на WE и NS, а далѣе на WSW-ENE и NNW-SSE, но близъ Гинтергермсдорфа вновь устанавливаются прежнія восточное и сѣверное направленія.

ГЛАВА 7.

Нарушенія напластованія.

Наиболѣе значительными и важными литоклазами являются дислокаціонные, сопровождающіеся смѣщеніемъ пластовъ горнаго массива по ту и другую сторону трещины. Явленіе разрыва или раздробленія цѣлой свиты пластовъ или составныхъ ея частей играетъ весьма важную роль въ геологическомъ строеніи многихъ областей, оказываетъ значительное вліяніе на рельефъ мѣстности и имѣетъ громадное значеніе для гидрологическихъ условій обширныхъ районовъ. Оно выражается въ нарушеніи непрерывности пластовъ на значительныхъ протяженіяхъ по плоскостямъ болѣе или менѣе вертикальнымъ, иногда и горизонтальнымъ или даже складчато расположеннымъ, въ результатѣ чего появляются трещины, ширина которыхъ колеблется отъ едва замѣтнаго просвѣта до нѣсколькихъ метровъ. Такими трещинами земная кора разбита на отдѣльности различной величины, подвергающіяся неодинаковому воздѣйствію со стороны горообразовательныхъ силъ. Поэтому, въ большинствѣ случаевъ, подобныя трещины являются въ то же время и плоскостями, по которымъ происходитъ перемѣщеніе отдѣльностей, и къ важнѣйшимъ, хотя, правда, и труднѣйшимъ задачамъ геолога относится отысканіе такихъ системъ въ природѣ, установленіе ихъ путей, рѣшеніе вопроса о совершившихся перемѣщеніяхъ — горизонтальныхъ,

---

1) Hettner, A., Gebirgsbau und Oberflächengestaltung der Sächsischen Schweiz. „Forsch. zur deutschen Landes- und Volkskunde“ II, 1888, S. 245—355.

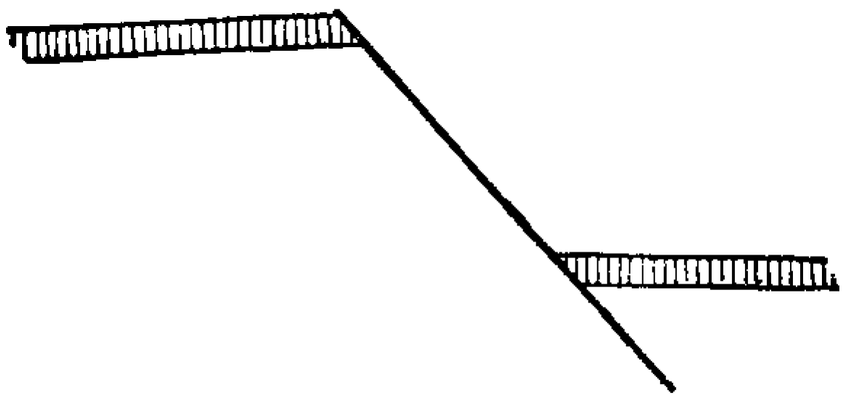
вертикальныхъ или комбинированныхъ, о величинѣ перемѣщеній, о томъ, одна ли изъ сторонъ и какая, или же обѣ подверглись перемѣщенію. Такъ какъ всѣ эти вопросы имѣютъ и гидрологическое значеніе, то слѣдуетъ заняться болѣе подробнымъ разсмотрѣніемъ дислокаціонныхъ явленій.

Мы разсмотримъ сначала отдѣльные виды нарушеній и начнемъ съ ихъ простѣйшей формы. При вертикальной плоскости трещины возможны перемѣщенія различнаго рода. Одна сторона остается на мѣстѣ, другая опускается въ вертикальномъ (сбросъ) или передвигается въ горизонтальномъ направленіи; въ послѣднемъ случаѣ говорятъ о сдвигѣ. Въ иныхъ случаяхъ замѣчается комбинація обоихъ движеній. Слѣдствіемъ является то, что большею частью, вдоль сдвига соприкасаются пласты различныхъ возрастовъ. Въ видѣ исключенія, при полной горизонтальности залеганія и такомъ же перемѣщеніи одною изъ крыльевъ, никакой разницы не окажется; возможно даже, что пласты одинаковаго возраста сохраняютъ во всѣхъ своихъ частяхъ непосредственное соприкосновеніе, это въ томъ случаѣ, если мощность пластовъ одинакова на всемъ ихъ протяженіи и раздѣлительныя ихъ плоскости параллельны. Измѣненія обнаруживаются лишь въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ трещина въ горизонтальномъ направленіи пересѣкаетъ границу двухъ комплексовъ напластованій. Если въ случаѣ горизонтальнаго сдвига на пути трещины лежатъ перпендикулярно къ ней поставленныя жилы изверженныхъ породъ, то жилы разрываются и по расхожденію ихъ частей можно судить о величинѣ сдвига пластовъ. При вертикальномъ же смѣщеніи одного крыла разсѣченнаго массива, наоборотъ, обѣ части разорванной жилы останутся въ одной вертикальной плоскости. Величину перемѣщенія въ вертикальномъ направленіи одного слоя относительно другого называютъ высотою сброса.

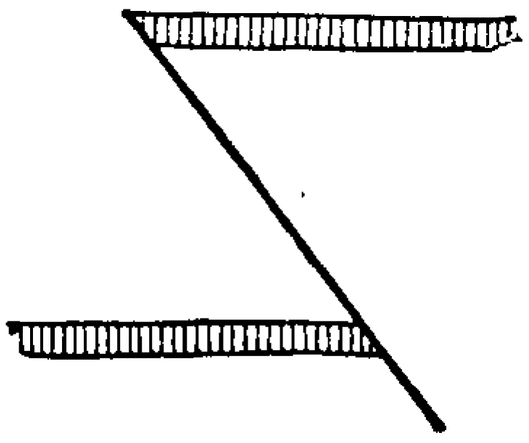
Если плоскость трещины сброса не вертикальна, а наклонна, то слѣдуетъ различать нависающее крыло массива и лежачее крыло, при чемъ нависающимъ крыломъ обозначаютъ то изъ нихъ, въ которомъ заложенная близъ края буровая скважина неминуемо должна пересѣчь трещину сброса (правая сторона фиг. 33 и 34). При такомъ наклонномъ положеніи трещинъ возможны два случая: нависающее крыло либо опускается, и тогда говорятъ просто о сбросѣ (фиг. 33), либо поднимается, и тогда имѣется перебросъ (фиг. 34). Въ первомъ случаѣ, между обоими краями разорваннаго пласта, лежащими по ту и по другую сторону трещины, имѣется нѣкоторый пространственный недочетъ, въ горизонтальной проэкціи оказывающійся пробѣломъ, во второмъ же случаѣ нѣкоторая часть нависающаго пласта лежитъ

надъ равновеликою частью лежачаго. Тѣ же результаты получаются, естественно, и въ томъ случаѣ, если лежачее крыло подвергается перемѣщеніямъ вверхъ или внизъ по трещинѣ. Какъ бы то ни было, при сбросѣ вдоль наклонной трещины замѣчается увеличеніе горизонтальной проэкціи занятой пластомъ площади, при перебросѣ — ея уменьшеніе.

Какъ сбросы, такъ и перебросы могутъ обнаруживаться въ горизонтально, наклонно и складчато залегающихъ пластахъ, въ



Фиг. 33.

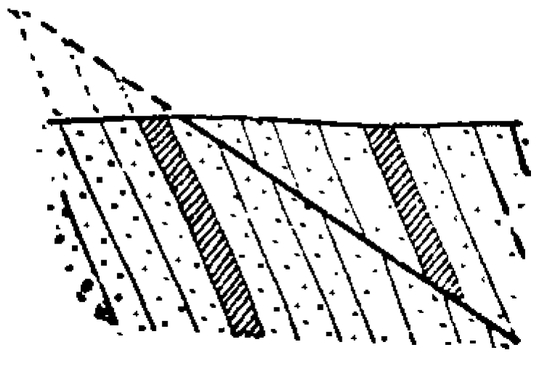


Фиг. 34.

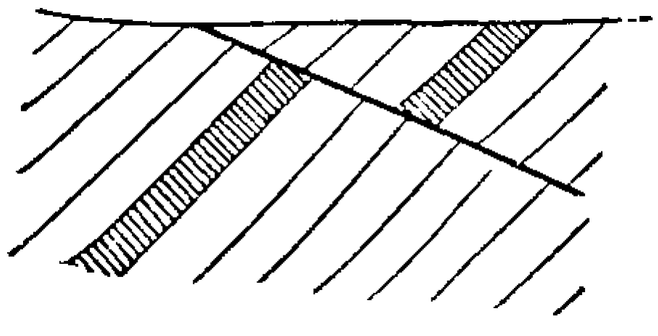
осадочныхъ и изверженныхъ породахъ, и, смотря по тѣмъ или инымъ условіямъ, усиливаются и усложняются вліянія, оказываемыя такими перемѣщеніями на поверхностное распредѣленіе затронутыхъ явленіемъ слоевъ.

По углу, образуемому направленіемъ пластовъ и направленіемъ сброса, различаютъ слѣдующіе случаи:

1. Линія сброса, совершенно или приблизительно совпадаетъ съ направленіемъ пластовъ; въ этомъ случаѣ имѣется „продольный сбросъ“. Если трещина сброса не вертикальна, то



Фиг. 35.



Фиг. 36.

нарушенные пласты могутъ выходить на земную поверхность либо въ одинаковомъ направленіи съ линіей сброса, либо въ противоположномъ. Въ первомъ случаѣ сброшенные пласты могутъ вновь выйти на поверхность лишь въ томъ случаѣ, если они выклиниваются болѣе круто, нежели трещина сброса (фиг. 35). Во второмъ же случаѣ обнаженіе сброшенныхъ пластовъ наблюдается почти всегда.

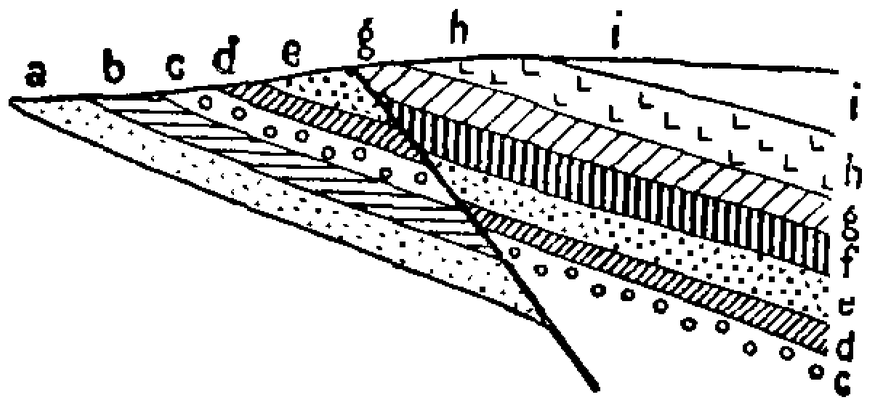
Несогласованный продольный сбросъ ведетъ, стало быть, къ повторенію свиты пластовъ по схемѣ a b c d e — a b c d e — a (фиг. 25, стр. 39), согласованный же можетъ вызвать исчезаніе съ поверх-

ности того или иного пласта данной свиты пластовъ (пластъ f, фиг. 37).

2. Трещина сброса болѣе или менѣе перпендикулярна къ направленію пластовъ, и сбросъ въ такомъ случаѣ называется „поперечнымъ“. Слѣдствіемъ такого сброса всегда является перемѣщеніе пластовъ, за исключеніемъ случая поставленности ихъ на голову, при чемъ нависающіе пласты оказываются передвинутыми въ противоположномъ сбросу направленіи, т. е. назадъ.

3. Направленіе сброса занимаетъ среднее положеніе, не совпадаетъ, стало быть, ни съ направленіемъ пластовъ, ни съ ихъ нормалью, и сбросъ называется „діагональнымъ“. Онъ вызываетъ приблизительно тѣ же результаты, какъ и поперечный сбросъ, а величина поперечнаго перемѣщенія тѣмъ значительнѣе, чѣмъ менѣе наклонъ пластовъ и чѣмъ больше діагональный сбросъ подходитъ къ поперечному.

Весьма часто сбросы появляются не единично, но въ большомъ количествѣ и въ такомъ случаѣ либо тянутся параллельно,



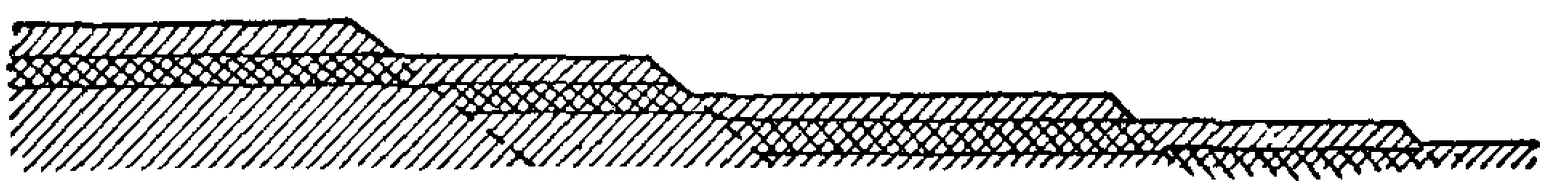
Фиг. 37.

либо пересѣкаются подъ различными углами; при этомъ они либо одинаковы по возрасту, либо произошли въ различное время и группами.

Подъ „зонами нарушенія“ разумѣютъ системы сбросовъ, складокъ, ущемленій, разрывовъ и т. д., сконцентрированные вдоль узкаго, длиннаго пространства земли, заключеннаго между областями, бѣдными такого рода нарушеніями или даже лишенными ихъ. Не всегда, однако, сбросы и т. д. появляются въ скученномъ видѣ на опредѣленныхъ мѣстахъ: они бываютъ и равномѣрно разсѣяны по обширнымъ областямъ.

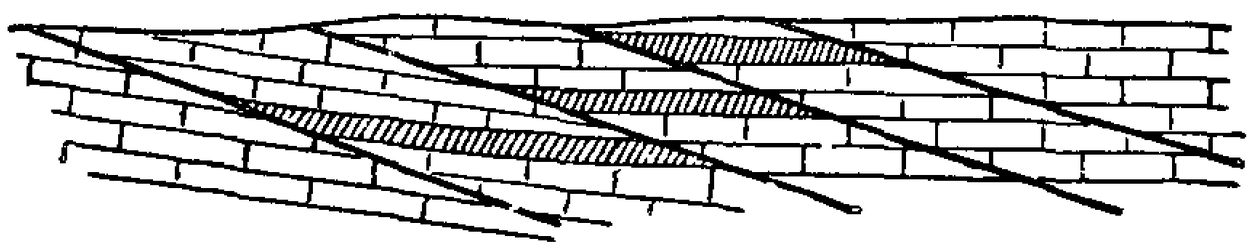
Если имѣется нѣсколько параллельно направленныхъ сбросовъ, то возможенъ случай, что происшедшія въ нихъ смѣщенія носятъ одинаковый характеръ, т. е. величина сброса постепенно увеличивается въ нѣкоторомъ опредѣленномъ направленіи. Подобнаго рода строеніе называется „ступенчатымъ“. Горизонтально залегающіе пласты, разсѣченные такой системой сбросовъ, даютъ поперечный разрѣзъ, показанный на фигурахъ 38, 41 и 42. Если при наклонномъ положеніи плоскости сброса въ

каждомъ отдѣльномъ случаѣ вглубь опускается нависающее крыло, то получается картина ступенчатаго строенія; если же происходятъ перебросы, то случай, разсмотрѣнный на стр. 48, повторяется нѣсколько разъ подъ рядъ; и если при этомъ трещины опускаются



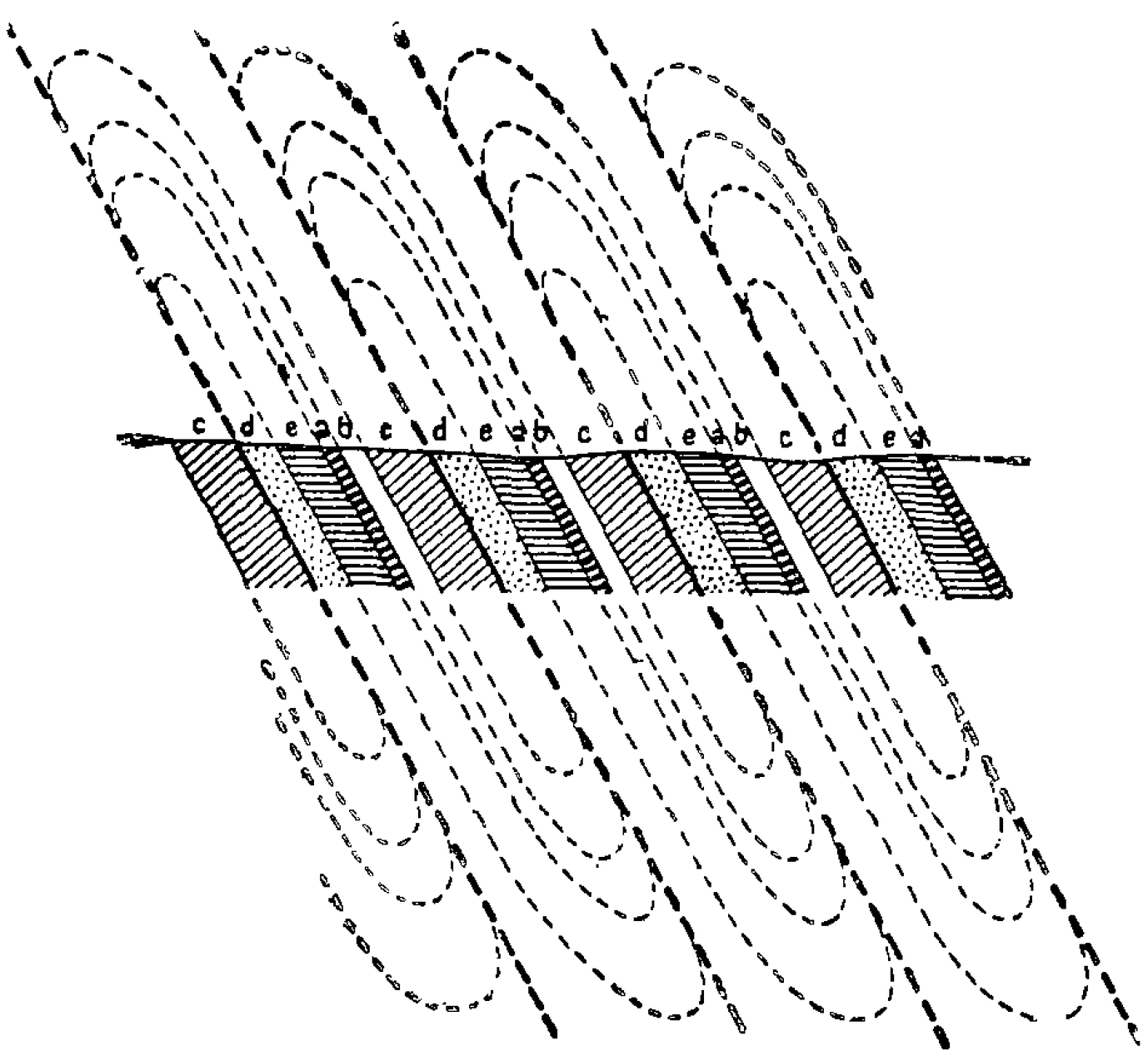
Фиг. 38.

вглубь подъ очень острымъ угломъ наклона, то возможно такое размѣщеніе пластовъ, что части одного и того же пласта будутъ встрѣчены буровою скважиною нѣсколько разъ на различной глубинѣ (фиг. 39).



Фиг. 39.

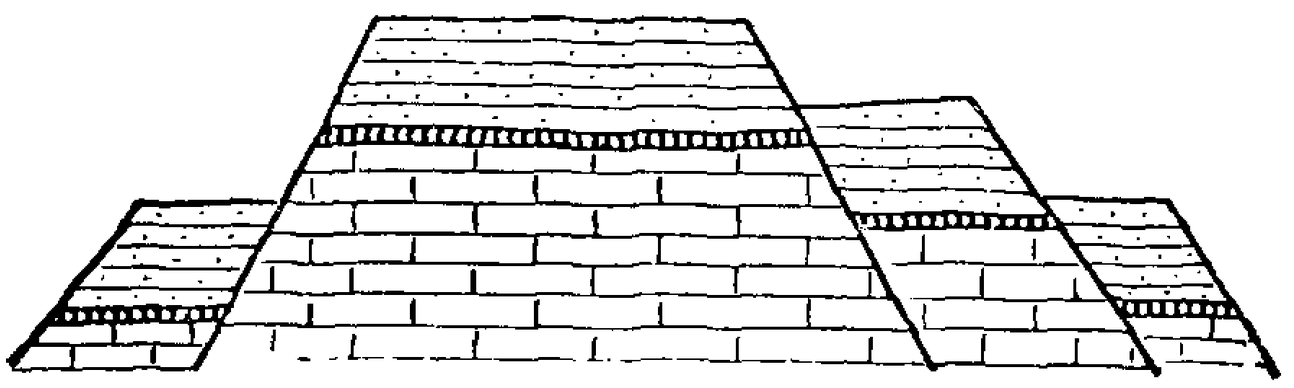
Если пласты, находившіеся въ болѣе или менѣе наклонномъ положеніи еще до образованія трещинъ, пересѣкаются такой системой параллельныхъ перебросовъ, то слѣдствіемъ можетъ явиться уже разсмотрѣнное выше многократное повтореніе на поверхности



Фиг. 40.

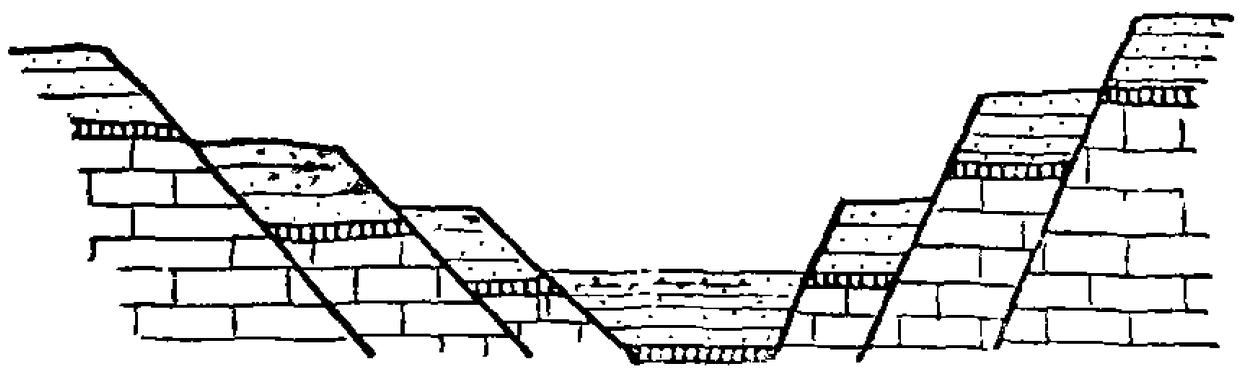
одной и той же свиты пластовъ, и тогда требуется немалая доля вниманія, чтобы опредѣлить, имѣется ли налицо система изоклинальныхъ складокъ или группа послѣдовательныхъ перебросовъ. Въ послѣднемъ случаѣ геологическое строеніе называется „чешуйчатымъ“ (фиг. 40).

Если въ группѣ одинаково направленныхъ, а въ поперечномъ сѣченіи либо параллельныхъ, либо сходящихся трещинъ часть горной породы, заключенной между какими либо двумя трещинами, остается на мѣстѣ, оба же крайнихъ крыла системы, подвергаясь сбросу, опускаются, то имѣется случай, представленный на прилагаемомъ профилѣ (фиг. 41), при чемъ нетронутая часть обозначается терминомъ „горстъ“.

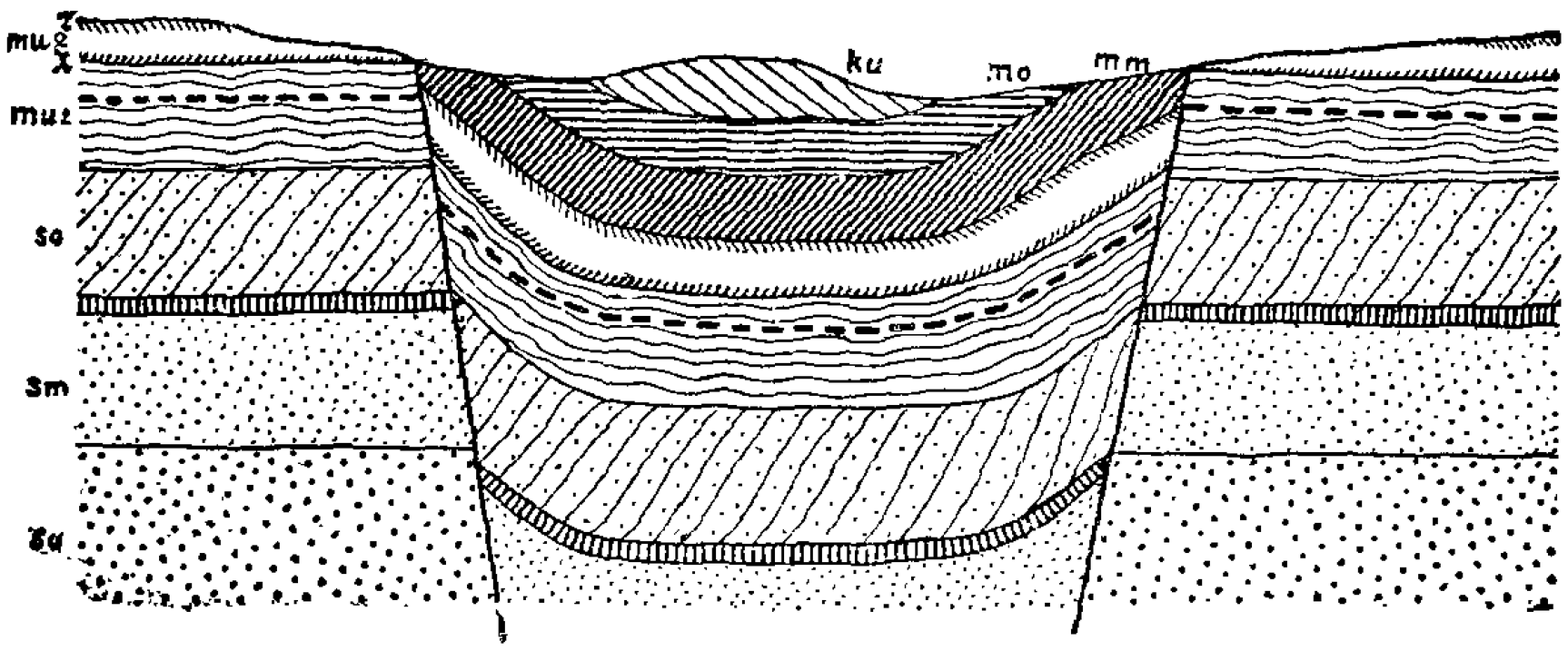


Фиг. 41. Горстъ.

Если же, наоборотъ, оба крыла остаются на мѣстѣ, а сбросу подвергается средняя часть, то возникаетъ строеніе, представленное на фиг. 42 и называемое „грабеномъ“. На слѣдующемъ профилѣ (фиг. 43) данъ поперечный разрѣзъ такого несложнаго грабена, въ которомъ между двумя сосѣдними сбросами опустилась вглубъ цѣлая свита пластовъ, заканчивающаяся сверху кейперомъ. По сторонамъ первоначально имѣлся тотъ же комплексъ пластовъ, но впослѣдствіи верхніе слои были снесены, и на поверхности, вслѣдствіе денудаціи, оказался нижній раковистый известнякъ.



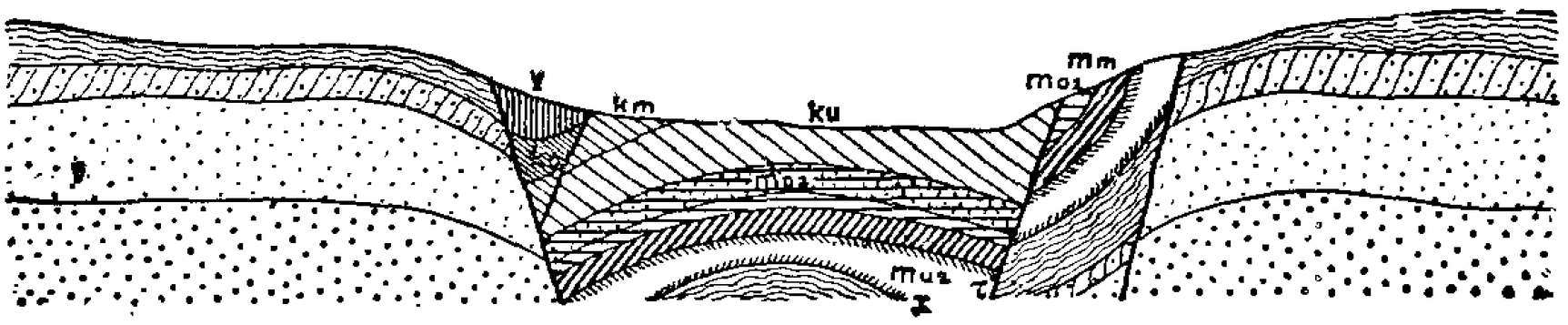
Фиг. 42. Грабенъ.



Фиг. 43. Простой грабенъ.

Геологическое строеніе горстовъ и грабеновъ обыкновенно болѣе сложно и запутано, вслѣдствіе образованія новыхъ сбросовыхъ трещинъ и послѣдующихъ, хотя и менѣе крупныхъ, смѣщеній пластовъ. Примѣръ такого грабена съ болѣе сложнымъ строеніемъ данъ на слѣдующемъ профилѣ (фиг. 44), взятомъ въ Гессенскихъ горахъ, вообще богатыхъ подобнаго рода провалами.

Вопросъ о вліяніи сбросовъ на водоносность затронутыхъ ими пластовъ будетъ разсмотрѣнъ ниже въ особой главѣ.



Фиг. 44.

Объясненіе знаковъ къ фиг. 43 и 44: su — нижній, sm — средній so — верхній пестрый песчаникъ; mu_1 — нижній, mu_2 — верхній волнистый известнякъ, τ — теребратуловая прослойка, χ — прослойка губчатаго известняка, mm — средній, mo_1 и mo_2 — верхній раковистый известнякъ, ku — нижній, km — средній, ko — верхній кейперъ, l — ліасъ.

ГЛАВА 8.

Происхожденіе пустотъ въ нѣдрахъ земли.

Чрезвычайно многочисленныя въ нѣдрахъ земли пустоты, называемыя пещерами, имѣютъ для водоносности непроницаемыхъ самихъ по себѣ горныхъ породъ такое же значеніе, какъ и разсмотрѣнныя выше трещины. Извѣстныя намъ пещеры безусловно составляютъ лишь ничтожную часть всего ихъ количества, такъ какъ новыя пещеры открываются всегда лишь случайно и то благодаря тому, что, вслѣдствіе различныхъ процессовъ сноса и смыва, отверстія ихъ выходятъ на дневную поверхность.

Заключенныя въ горныхъ породахъ земной коры пустоты можно раздѣлить на двѣ большія группы, а именно: первичныя пещеры, происшедшія одновременно съ образованіемъ горной породы, и вторичныя, образовавшіяся впослѣдствіи подъ вліяніемъ вторичныхъ причинъ.

Первая группа довольно тѣсно ограничена. Сюда относятся, въ качествѣ пустотъ наименьшихъ размѣровъ, мельчайшіе пузырьки, происшедшіе въ изверженныхъ породахъ при выдѣленіи газовъ. Хотя они вообще и очень малы, все же въ нѣкоторыхъ случаяхъ они могутъ достигать и весьма обширныхъ размѣровъ. Въ извѣстныхъ альпійскихъ хрустальныхъ погребахъ

(Kristallkellern), напр., извѣстны пустоты такого происхожденія, достигающія 40 м. въ діаметрѣ.

Другой группой подобныхъ первичныхъ пустотъ являются пустоты, заключенныя въ лавовыхъ потокахъ. Горячая лава, стекая по дну долины или по отлогому склону, очень быстро охлаждается и покрывается коркой, состоящей изъ шлаковъ и твердыхъ породъ, между тѣмъ какъ центральныя части потока, не успѣвъ охладиться, еще сохраняютъ текучесть. Слѣдуя силѣ тяжести, ядро потока продолжаетъ движеніе, и съ прекращеніемъ притока новыхъ лавовыхъ массъ изъ вулкана здѣсь образуется вытянутая, трубообразная пустота, лишь тонкой коркой отдѣленная отъ земной поверхности. Во многихъ случаяхъ эта корка разрушается, иногда же сохраняетъ свою цѣлость. Наиболѣе крупная изъ извѣстныхъ намъ лавовыхъ пещеръ находится въ центральной Исландіи, но онѣ имѣются также въ вулканическихъ областяхъ центральной Франціи, на Сандвичевыхъ островахъ, въ Мексикѣ и въ другихъ мѣстахъ.

Исполинскія пустоты внутри дѣятельныхъ вулкановъ относятся также къ группѣ вулканическихъ пещеръ. Ихъ происхожденіе объясняется тѣмъ обстоятельствомъ, что по окончаніи изверженія происходитъ обратное всасываніе лавы. Этимъ обусловлено происхожденіе внутри вулкана пустоты, размѣры которой, по многимъ косвеннымъ признакамъ, за невозможностью непосредственнаго наблюденія, представляются довольно значительными. Эти пустоты, опускаясь глубоко въ нѣдра земли, наполнены обыкновенно водой. При начинающемся изверженіи вулкана вода выливается на поверхность, и громадныя массы изливающейся воды даютъ наглядное представленіе объ исполинскихъ размѣрахъ пустотъ внутри вулкана.

Другая форма первичныхъ пустотъ создается ростомъ кораллъ въ коралловыхъ рифахъ. На живыхъ коралловыхъ рифахъ можно сдѣлать то наблюденіе, что кораллы надѣлены своеобразнымъ горизонтальнымъ ростомъ, вслѣдствіе чего верхнія и нижнія части сосѣднихъ рифовъ срастаются, а въ серединѣ образуется пустота. Такъ въ живомъ рифѣ возникаетъ сложная система пустотъ разнообразнѣйшей формы. Было высказано предположеніе, что пещеры, встрѣчающіяся въ окаменѣлыхъ коралловыхъ рифахъ Бѣлой Юры, напр., отчасти по крайней мѣрѣ, произошли именно этимъ путемъ и могутъ считаться первичными.

Гораздо важнѣе для насъ вторичныя пещеры, происхожденіе которыхъ слѣдуетъ отнести на счетъ растворяющаго и, отчасти, механическаго дѣйствія воды. Онѣ находятся въ самыхъ тѣсныхъ соотношеніяхъ съ разсмотрѣнными въ шестой главѣ діа-

гипса или соли. Какъ бы то ни было, сохраняются ли пещеры или подвергаются разрушенію, среди нетронутой породы онѣ всегда представляютъ участки высокой водопоглотительной способности, вслѣдствіе образующихся на мѣстахъ обваловъ отложеній обломочныхъ породъ.

Другія пещеры создаются морскимъ прибоемъ на крутыхъ частяхъ морского побережья, при чемъ разрушенію и сносу подвергаются болѣе мягкія части горныхъ породъ, и процессъ разрушенія проникаетъ иногда глубоко въ материкъ (Синій гротъ).

Пещеры могутъ образоваться также въ областяхъ распространенія песчаника, а именно въ томъ случаѣ, если одна часть песка сцементирована, другая же остается рыхлой. При наличности циркулирующей въ песчаникѣ воды, выходящей въ видѣ источниковъ, неспаянныя части — рыхлый песокъ — могутъ подвергнуться размыву и механическому сносу. Размѣры такихъ пещеръ, однако, рѣдко бываютъ значительными.

Наиболѣе важнымъ представляется процессъ пещерообразованія въ известковыхъ и доломитовыхъ горахъ, при чемъ замѣчено, что чистые известняки и доломиты обнаруживаютъ гораздо большую склонность къ пещерообразованію, чѣмъ тѣ же породы съ примѣсью глины и кремнезема. Наиболѣе чистый типъ пещерообразованія и подземнаго стока воды представленъ въ карстовыхъ ландшафтахъ, которые въ Европѣ занимаютъ все пространство отъ восточныхъ Альпъ вдоль Адріатическаго моря вглубь Балканскаго полуострова, имѣются, однако, и въ другихъ странахъ, въ сѣверной Венгріи, на Кубѣ, на Юкатанскомъ полуостровѣ, въ сѣверной Америкѣ. Вопроса о морфологическихъ особенностяхъ наружнаго и внутренняго строенія подобныхъ карстовыхъ ландшафтовъ мы коснемся ниже, при разсмотрѣніи ихъ водныхъ условій. Наиболѣе характерною чертою ихъ внутренняго строенія является изобиліе пустотъ, непрерывно расширяемыхъ водою и почти всегда примыкающихъ къ существовавшимъ раньше трещинамъ и скважинамъ. Карстовыя горы, поэтому, можно сравнить съ исполинской губкой, пустоты которой образуютъ не вполнѣ совершенную сообщающуюся сѣть.

ГЛАВА 9.

Основы стратиграфіи.

Стратиграфія занимается изученіемъ вопроса о чередованіи пластовъ различнаго возраста въ земной корѣ и установленіемъ возрастныхъ соотношеній между пластами различныхъ областей. При помощи растительныхъ и животныхъ сообществъ, занимав-

клазами и во многихъ случаяхъ представляютъ не что иное, какъ болѣе или менѣе крупныя расширенія подобныхъ скважинъ. Если мы въ вопросѣ о происхожденіи пещеръ въ горныхъ породахъ, болѣе или менѣе растворимыхъ въ водѣ, и должны предоставить главную роль растворяющему дѣйствію воды, то все же нельзя упускать *изъ виду и* того, что возможность воздѣйствія на породу открывается водѣ лишь въ томъ случаѣ, если порода цѣлымъ рядомъ скважинъ и сбросовъ разбита на отдѣльности, между которыми вода легко можетъ просочиться въ нѣдра массива. И въ самомъ дѣлѣ, наблюденія показываютъ, что большинство извѣстныхъ намъ пещеръ въ известнякѣ и доломитѣ переходятъ, въ концѣ концовъ, въ простую трещину и что въ земной корѣ имѣются всѣ переходы отъ мельчайшихъ трещинъ и ходовъ до исполинскихъ пещеръ.

Однако вода дѣйствуетъ не только растворяющимъ образомъ, но и своей механической силой. Протекая по уже существующимъ трещинамъ и размывая ихъ стѣнки, вода расширяетъ свое ложе точно такъ-же, какъ открытыя рѣки. Если подземная рѣка впослѣдствіи даже исчезнетъ, слѣды ея дѣятельности нетрудно установить по многочисленнымъ котлообразнымъ углубленіямъ на стѣнкахъ пещеръ и по тѣмъ своеобразнымъ нишамъ, образованіе которыхъ можно наблюдать и на берегахъ открытыхъ рѣкъ; затѣмъ — по галькѣ, болѣе или менѣе окатанной, по отложеніямъ песка и гравія, оставленнымъ рѣкою на своемъ пути.

Наиболѣе простыя и понятныя формы пещерообразованія имѣются въ случаяхъ выщелачиванія водою вкрапленныхъ массъ гипса и каменной соли. Въ цѣломъ рядѣ мезозойскихъ формацій, въ верхнемъ цехштейнѣ, въ верхнемъ пестромъ песчаникѣ, въ среднемъ раковистомъ известнякѣ и въ среднемъ кейперѣ намъ извѣстны обширныя залежи такихъ легко растворимыхъ солей, которыя, при залеганіи въ поверхностныхъ горизонтахъ и при отсутствіи водоупорной защиты, подвергаются быстрому растворенію и совершенно исчезаютъ, оставляя послѣ себя лишь нерастворимыя примѣси на днѣ пустотъ. При малыхъ вкрапленіяхъ и достаточной глубинѣ залеганія, своды выдерживаютъ давленіе вышележащихъ пластовъ. Пещеры болѣе крупныхъ размѣровъ, большею частью, обрушиваются, при чемъ обвалу подвергаются послѣдовательно и болѣе высокіе пласты, иногда до самой земной поверхности. Въ такомъ случаѣ слѣды подземныхъ катастрофъ отмѣчаются на поверхности такъ называемыми провалами, представляющими круглыя или эллиптическія, часто наполненныя водою чашеобразныя углубленія, столь часто наблюдаемыя въ областяхъ распространенія формацій съ отложеніями

Каменноугольная система:
Продуктовый ярусъ
Кульмъ, нижняя угольная формація.
Девонская система: Верхній девонъ
Средній „
Нижній „
Силурійская система: Верхній силуръ
Нижній „
Кембрійская формація (Примордіальные слои):
Верхній кембрій
Средній „
Нижній „
Докембрійская формація.

I. Первый періодъ: древнѣйшее время (архейскіе или первичные періоды и формаціи, археолитическая группа, древнѣйшія породы, азойская система).

Слѣдуетъ еще замѣтить, что осадочныя породы всѣхъ системъ, отъ древнѣйшихъ до новѣйшихъ, заключаютъ въ себѣ одновременно съ ними возникшія массы изверженныхъ породъ и ихъ туфовъ, такъ что болѣе древнія формаціи характеризуются совершенно иными изверженными породами, нежели новѣйшія формаціи.

Для ученія о подземныхъ и ключевыхъ водахъ, вообще говоря, совершенно безразлично, къ какому именно возрасту относятся занятые водою пласты, какія животныя и растенія населяли землю во время происхожденія этихъ пластовъ. Въ данномъ случаѣ вопросъ можетъ идти исключительно лишь о химическихъ и физическихъ отношеніяхъ тѣхъ или иныхъ отложеній къ водѣ, о большей или меньшей ихъ растворимости, о степени ихъ водопроницаемости. Но такая полная безразличность стратиграфическихъ данныхъ для ученія о подземныхъ водахъ лишь кажущаяся. Въ дѣйствительности же, наука даетъ намъ возможность при помощи законовъ распредѣленія воды, установленныхъ для одной области, рѣшить для другой области вопросъ о болѣе или менѣе благопріятныхъ водныхъ условіяхъ тѣхъ или иныхъ пластовъ, при чемъ, разумѣется, и ископаемыя могутъ сыграть немалую роль. Кромѣ того, опредѣленныя формаціи или ихъ подотдѣлы имѣютъ часто крайне постоянный составъ, а составляющія ихъ породы показываютъ совершенно опредѣленное отношеніе къ водѣ, вслѣдствіе чего одна какая либо формація можетъ быть составлена изъ породъ водопроницаемыхъ и богатыхъ

шихъ земной шаръ въ различное время и оставившихъ слѣды своего существованія въ соотвѣтственныхъ геологическихъ пластахъ, удалось раздѣлить всю свиту пластовъ, моцность которой считается многими километрами, на отдѣльныя системы съ ихъ подраздѣленіями. Но прежде дадимъ краткій обзоръ стратиграфическаго дѣленія горныхъ породъ.

Таблица геологическихъ періодовъ и формацій.

IV. Четвертый періодъ: Новѣйшее время (кайнозойскіе періоды и формаціи, кайнозой, неолитическая группа, породы позднѣйшаго происхожденія).

Четвертичная система: Аллювій (молодой наносъ)
Дилювій (плейстоценъ, древній наносъ).

Третичная система: Пліоценъ, Міоценъ } Неогенъ.
Олигоценъ, Эоценъ, Палеоценъ } Палеогенъ.

III. Третій періодъ: средній возрастъ (мезозойскія формаціи, мезозой, мезолитическая группа, породы средняго возраста).

Мѣловая система: Сенонъ, Туронъ, Сеноманъ } верхній мѣлъ.
Гольтъ, Неокомъ } нижній мѣлъ.

Юрская система: Вальденская формація.
Верхняя, бѣлая юра = Мальмъ.
Средняя, бурая „ = Доггеръ.
Нижняя, бѣлая „ = Ліасъ.

Тріасовая система: Ретскій ярусъ
Кейперъ
Раковистый известнякъ
Пестрый песчаникъ.

II. Второй періодъ: древнее время (палеозойскія формаціи, палеозой, палеолитическая группа, породы ранняго происхожденія).

Діасъ или Пермская система:
Цехштейнъ
Красный лежень.

водою, другая же изъ породъ непроницаемыхъ и бѣдныхъ водою. Само собою разумѣется, что подобныя свойства породъ какой либо формаціи не остаются постоянными въ предѣлахъ всей области распространенія данной формаціи по всему земному шару, но имѣютъ лишь мѣстное значеніе, характеризуя собою области болѣе или менѣе обширныя. Иные комплексы породъ, составляющіе формаціи и ихъ подотдѣлы, занимаютъ тысячи квадратныхъ миль при полной неизмѣнности своихъ свойствъ, между тѣмъ какъ другія породы, образовавшись въ тѣсно ограниченныхъ областяхъ, быстро смѣняются совершенно новыми комплексами породъ. Однако, намъ придется еще не разъ касаться стратиграфическихъ различій и геологическаго строенія различныхъ формацій, и тогда мы познакомимся съ интересующими насъ особенностями отдѣльныхъ формацій.

2. Основы химическаго изученія подземныхъ водъ.

ГЛАВА 10.

(Содержаніе настоящей главы составлено по слѣдующимъ двумъ трудамъ: J. Hirschwald — Handbuch der bautechinschen Gesteinuntersuchung, I, Berlin, Gerb. Borntraeger 1911; F. A. Fürer — Salzbergbau und Salinenkunde, Braunschweig, Vieweg und Sohn 1900.)

Химически чистой воды въ природѣ не встрѣчается. Наиболѣе чистыя воды, каковыми являются атмосферные осадки, все же содержатъ, помимо неорганическихъ и органическихъ примѣсей, всѣ составныя части воздуха.

По наблюденіямъ Бунзена[1]), 1 объемъ воды можетъ поглощать при 760 mm. давленія:

		при 10°	при 15°	при 20°
объемовъ	кислорода	0.03250 = 1	0.02989 = 1	0. 2838 = 1
„	азота	0.01607 = 0.50	0.01478 = 0.49	0.01403 = 0.49
„	углекислоты	1.1847 = 36.4	1.0020 = 33.5	0.9014 = 31 8

Въ полномъ соотвѣтствіи съ данными отношеніями растворимости въ водѣ соотвѣтствующихъ газовъ, Боме[2]) нашелъ въ воздухѣ, поглощенномъ дождевой водой (опредѣлено послѣ дождя при 11.4° С.):

33.76 объемовъ кислорода, 64.47 объемовъ азота и 1.77 объем. углекислоты, т. е. на 1 объемъ углекислоты 19 объемовъ кисло-

---

1) Ann. d. Chem. u. Pharmac. **93** 1855, S. 20.
2) Ibid. **88** 1855, S. 17.

Воздухъ, находящійся въ поверхностныхъ слояхъ земли, отличается значительно бо́льшимъ, чѣмъ атмосферный, содержаніемъ углекислоты. Петтенкоферъ нашелъ въ почвенномъ воздухѣ Мюнхена до глубины 4 м. — 1893 части углекислоты на 10,000 частей воздуха, какъ максимальную величину.

По Буссенго и Леви[1]), воздухъ изъ почвъ съ малымъ количествомъ гумуса содержитъ, по меньшей мѣрѣ, въ 25 разъ

1 литръ воды содержитъ въ миллиграммахъ:

Поверхностные колодцы въ	Органическ. углеродъ	Органическ. азотъ	Амміакъ	Азотъ изъ нитратовъ и нитритовъ	Весь азотъ	Весь сухой остатокъ
Гнейсъ изъ Кендаля (Kendahl) . .	3.62	1.10	6.25	**24.65**	30,90	1002.0
Силуръ изъ Альфорда (Alford) . .	0.48	0.07	0	0.33	0.40	168 0
Девонъ изъ Арбрэта (Arbroath) . .	1.68	0.64	0	**41.97**	42.61	1052.0
„ „ Инвернесса (Inverness)	1.39	0.06	0	0.33	0.39	156.0
Карбонъ изъ Ogley Hey.	1.39	0.20	1.70	**101.02**	102.62	1207.0
„ „ Дюргейма (Durhaim) .	1.24	0.45	0	**62.68**	63.13	1137.2
„ „ Шеффильда (Scheffield)	**12.00**	1.26	1.10	0	2.17	185.0
Доломитъ изъ Дэрлингтона (Darlington)	1.26	0.54	0.02	18.12	18.68	724.8
Песчаникъ изъ Бирмингама (Birmingham)	3.40	1.05	**6.20**	**147.17**	153 33	2402.0
Песчаникъ изъ Ньюанта (Newent)	2.93	2.36	0	**113.94**	116.30	2321.2
„ „ Ньюарка (Newark)	1.31	0.42	0	0.88	1.30	578.2
Лейасъ изъ Гилльмортона (Hillmorton)	**11.44**	2.16	0.60	**198.58**	201.23	3068.5
Лейасъ изъ Сэмретона (Somreton) .	**8.04**	1.43	0.05	**94.49**	95.96	1992.0
„ „ Биттесвелла (Bitteswell)	2.05	0.33	0	0	0.33	120[illegible].0
Оолитъ изъ Тсема (Thame) . . .	**7.59**	2.83	0.06	**122.20**	125.08	2696.0
„ „ Уарктона (Warkton) . .	4.48	0.56	0.05	1.78	2.38	490.0
Зелен. песокъ и Вальденская глина изъ Пипперъ Гарро (Pepper Harrow)	0.14	0.12	0.01	**67.22**	67.35	714.0
тоже изъ Кэмбриджа (Cambridge) .	0.79	0.27	0.74	0	0.88	859.6
Мѣловой известнякъ изъ Диля (Deal)	2.41	0.34	**17.00**	**63.45**	77.79	1460.0
„ „ „ Мальборо (Marlborough)	0.49	0.15	0	6.13	6.28	324.8
Лондонская глина	2.78	0.87	0	**258.40**	259.27	3965.0
„ „	2.87	0.74	**26.50**	**54.31**	76.89	1528.0
„ „	0.45	0.15	0.01	0	0.16	377.0
Аллювій изъ Уптльсей (Wittlesey)	**9.31**	**9.40**	**30.50**	**108.48**	143.00	2502.0
„ „ Виндзора (Windsor) .	0.15	0.10	0.01	0.63	0.74	300.8

1) Compte rend. 35 1852, S. 35.

больше углекислоты, а изъ почвъ, богатыхъ гумусомъ, въ 90 разъ больше углекислоты, чѣмъ атмосферный воздухъ. Поэтому воды, проникающія въ почву, имѣютъ здѣсь возможность поглощать во много разъ бо́льшія количества углекислоты, по сравненію съ тѣмъ, какое находится въ дождевой водѣ, равнымъ образомъ — и гуминовокислыя соединенія, и амміачныя соли, поскольку онѣ образуются въ результатѣ процессовъ гніенія растеній, находящихся въ поверхностныхъ слояхъ.

Благодаря такому своему составу, почвенная вода можетъ гораздо энергичнѣе, чѣмъ дождевая, дѣйствовать на известковыя породы, растворять и разрушать ихъ.

Что касается содержанія въ водѣ органическихъ веществъ, то анализы пробъ воды, взятой изъ поверхностныхъ колодцевъ на различныхъ почвахъ, приведенные въ „Rivers Pollution Commission“, даютъ большой матеріалъ [1]).

Кромѣ органическихъ веществъ, почвенная вода содержитъ въ растворѣ также неорганическія соединенія, которыя происходятъ отъ вывѣтриванія горныхъ породъ, въ особенности углекислыя соли щелочныхъ металловъ, извести, магнія и желѣза и въ незначительномъ количествѣ кремнекислоту.

Измѣненія, которымъ подвергаются различныя породы подъ дѣйствіемъ воды, сводятся къ тремъ процессамъ:

a) простое раствореніе,
b) химическія измѣненія,
c) механическое увлажненіе и связанное съ этимъ увеличеніе объема.

РАСТВОРИМОСТЬ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХЪ МИНЕРАЛОВЪ ВЪ ВОДѢ.

Въ своемъ учебникѣ химической и физической геологіи (I. 215) Б и ш о ф ъ говоритъ: „минералъ, который неспособенъ воспринимать ни кислорода, ни углекислоты, ни воды, долженъ бы имѣть, повидимому, вѣчную неизмѣняемость. Но этому противорѣчитъ ежедневное наблюденіе. Тамъ, гдѣ атмосферные газы не дѣйствуютъ разрушающе, оказываютъ растворяющее дѣйствіе вода и углекислота“.

Въ дѣйствительности, всѣ породообразующіе минералы въ извѣстной степени растворимы въ водѣ, содержащей углекислоту. Къ минераламъ, оказывающимъ наиболѣе сильное сопротивленіе растворителямъ, принадлежатъ, какъ извѣстно, силикаты. Но и они въ измельченномъ состояніи растворяются, хотя и незначительно, въ водѣ, содержащей углекислоту; точно также и для полевого

---

1) Изъ: F i s c h e r, Chemische Technologie des Wassers, S. 93.

рода, тогда какъ въ атмосферномъ воздухѣ на 1 объемъ углекислоты приходится въ среднемъ 638 объемовъ кислорода. Такимъ образомъ, въ воздухѣ, поглощенномъ дождевой водой, содержится углекислоты въ 33 раза больше, а кислорода въ 2 раза больше, чѣмъ въ атмосферномъ воздухѣ.

Кромѣ того, дождевая вода содержитъ такія вещества, какъ сѣрная кислота, азотная кислота и амміачныя соли, которыя находятся въ воздухѣ лишь въ незначительныхъ количествахъ.

Подобно тому, какъ въ дождевой водѣ содержится углекислоты значительно больше, чѣмъ въ равномъ объемѣ атмосфернаго воздуха, точно такъ же наблюдается обогащеніе дождевой воды амміакомъ или азотной кислотой. Содержаніе амміака въ воздухѣ на 2 куб. см. въ среднемъ приходится 1.472 мгр., въ дождевой же водѣ оно равно 3.004 гр., т.-е. въ 2040 разъ больше.

Еще большей, чѣмъ дождевая вода, способностью поглощенія сѣрной, азотной кислоты и амміака, по сравненію съ количествомъ поглощеннаго атмосфернаго воздуха, обладаетъ снѣгъ.

Изслѣдованія Р. Зентнера [1]) обнаружили слѣдующее содержаніе сѣрнистой кислоты или сѣрной кислоты въ снѣгѣ Мюнхена:

1.	1 кгр. снѣга со двора Мюнхенскаго гигіеническаго Института. . . .	32 мгр. $SO_3 = 25{,}6$ мгр. SO_2
2.	1 кгр. снѣга съ Мюнхенскаго стараго южнаго кладбища	25 мгр. $SO_3 = 20{,}2$ мгр. SO_2
3.	3 кгр. снѣга со двора Мюнхенскаго газоваго завода	60 мгр. $SO_3 = 48{,}0$ мгр. SO_2.

Въ сравнительно короткое время поглощенная снѣгомъ сѣрнистая кислота окисляется въ сѣрную.

Кромѣ сѣрной кислоты, снѣгъ содержитъ неодинаковыя количества углекислоты, амміака и азотной или азотистой кислоты.

Маршанъ нашелъ въ 1 объемѣ воды изъ талаго снѣга 1,74 мгр. двууглекислаго аммонія и 1,89 мгр. азотнокислаго аммонія; Геппельсредеръ опредѣлилъ, что содержаніе азотной кислоты въ имъ изслѣдованныхъ водахъ изъ талаго снѣга колеблется отъ 2,0 до 7,0 мгр. на 1 кгр. [2]).

Когда дождевая или снѣговая вода проникаетъ въ почву, она обогащается затѣмъ еще другими газообразными и твердыми веществами.

---

1) R. Sendtner, Schweflige Säure und Schwefelsäure im Schnee. „Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt“ 1887, II, S. 67 u. f.

2) „Zeitschr. f. analyt. Chemie“ 1870. IX, S. 178.

шпата, слюды, авгита, гиперстена, роговой обманки, оливина, хлорита, талька, лейцита, нефелина, для всѣхъ цеолитовъ и аморфной кремнекислоты доказана незначительная ихъ растворимость въ водѣ, содержащей углекислоту.

Впродолженіе же геологическихъ эпохъ изъ столь незначительныхъ процессовъ могутъ создаться весьма замѣтные эффекты.

Кромѣ силикатовъ, и другіе минеральныя соединенія, какъ-то: карбонаты кальція, магнія, желѣза и марганца, а также сѣрнокислый кальцій растворимы въ водѣ атмосферныхъ осадковъ въ не столь уже незначительныхъ массахъ.

Растворимость углекислаго кальція. По Фрезеніусу [1]), 10600 частей холодной водой могутъ растворить 1 часть углекислой извести. Другіе изслѣдователи, однако, устанавливаютъ значительно меньшую ея растворимость. По Грэму (Graham), Миллеру и Гофману [2]), 10000 частей воды растворяютъ лишь 0,343 части углекислой извести; по Бино [3]), — 0.16—0.2 части: по Крузе [4]), — 0,36 ч.; по Пелиго [5]), — 0.2 ч.; по Шлезингу [6]), — 0.13 ч. Въ среднемъ слѣдуетъ, что 10000 вѣсовыхъ частей холодной воды растворяютъ 0.316 вѣсовыхъ частей углекислой извести.

Въ водѣ, содержащей углекислоту, растворимость извести значительно выше, благодаря образованію двууглекислой соли кальція.

При 15° С. и обыкновенномъ давленіи, вода способна поглотить одинъ объемъ, т.-е. $^1/_{500}$ вѣсовой части углекислоты.

Лассень, Шлезингъ и Юнтъ (Hunt) опредѣлили, что 10000 частей воды, насыщенной углекислотой, растворяютъ около 10 частей углекислаго кальція, т.-е. около 31 раза больше, чѣмъ обыкновенная вода.

Дождевая вода, въ среднемъ, содержитъ около $^3/_{10000}$ объемовъ углекислоты, т.-е. настолько незначительное количество, что вызвать сколько-нибудь замѣтнаго увеличенія растворимости углекислой извести не можетъ. Если же вода остается болѣе или менѣе продолжительное время въ соприкосновеніи съ воздухомъ, тогда она, дѣйствительно, начинаетъ поглощать значительныя количества углекислоты.

---

1) Ann. chem. Pharm. 49, 1846, S. 117.
2) Quart. J. chem. Soc. London 4, 1852, S. 83.
3) Ann. chim. phys. (2) 51, 1857, S. 292.
4) Weltzin, chem. Pharm. 136, 1865, S. 166.
5) Mém. soc. d'Agriculture 1866.
6) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 2, 1869, S. 697.

Присутствіе хлористого магнія въ водѣ, содержащей углекислоту, повышаетъ растворимость извести и препятствуетъ ея осажденію даже при нагрѣваніи раствора. Въ одинаковой степени повышаетъ растворимость извести въ водѣ прибавленіе сѣрнокислыхъ солей натрія и магнія.

Растворимость углекислаго магнія. Карбонатъ магнія растворимъ въ водѣ, содержащей углекислоту, больше, чѣмъ карбонатъ кальція.

По Меркелю [1]), при обыкновенномъ давленіи и при 5° С., 13,1 часть углекислаго магнія переходитъ въ растворъ на 10000 частей воды, насыщенной углекислотой [2]).

Помимо того, растворимость углекислаго магнія измѣняется отъ присутствія извѣстныхъ солей. Изслѣдованія Г. Розе и Лоншана (Longschamp) показываютъ, что прибавленіе хлористыхъ щелочныхъ металловъ, а также ихъ сульфатовъ и карбонатовъ, хлористаго и сѣрнокислаго магнія повышаетъ растворимость въ водѣ углекислаго магнія.

Растворимость углекислаго желѣза и марганца. Оба эти соединенія растворимы въ водѣ, содержащей углекислоту, въ значительно меньшей степени, чѣмъ карбонаты магнія и кальція. При обыкновенномъ давленіи и средней температурѣ, насыщенная углекислотой вода растворяетъ 7,2 части углекислаго желѣза и 4—5 частей углекислаго марганца на 10,000 частей.

Характерна для упомянутыхъ обоихъ соединеній ихъ легкая способность окисляться въ растворимомъ состояніи; углекислое желѣзо при этомъ быстро переходитъ въ гидратъ окиси желѣза, тогда какъ карбонатъ марганца лишь спустя долгое время распадается на окись или гидрокись и перекись марганца. Такъ какъ большинство осадочныхъ породъ содержитъ въ болѣе менѣе значительномъ количествѣ углекислое желѣзо, то, на основаніи приведеннаго выше химическаго распада, дѣлается понятной краснобурая окраска, которая такъ часто появляется на поверхности вывѣтриванія этихъ породъ. Аналогичнымъ процесомъ объясняется и черная окраска на поверхности тѣхъ известняковъ, доломитовъ и песчаниковъ, которые содержатъ углекислый марганецъ.

---

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 2, 1869, ст. 697.

2) Въ противорѣчіи съ этимъ стоитъ тотъ фактъ, что изъ доломитовыхъ отложеній вымывается углекислая известь. Доломитъ при этомъ дѣлается пористымъ, въ концѣ концовъ распадается и даетъ въ результатѣ песчаный продуктъ, болѣе богатый магнезіей, чѣмъ порода („доломитовая зола“). Соотвѣтствующее объясненіе этого явленія дано въ IV части труда: изслѣдованіе известняковъ и доломитовъ.

Растворимость гипса. При средней температурѣ 1 часть гипса растворяется въ 400 частяхъ чистой воды. Присутствіе хлористаго натрія въ водѣ настолько замѣтно повышаетъ растворимость гипса, что 400 частей насыщеннаго раствора поваренной соли переводятъ въ растворъ 3,27 частей гипса. Наоборотъ, прибавленіе къ водѣ сѣрнокислаго магнія значительно понижаетъ растворимость гипса. Въ насыщенномъ растворѣ сѣрнокислаго магнія гипсъ почти нерастворимъ. Съ повышеніемъ температуры растворимость гипса въ водѣ также падаетъ.

Растворимость хлористаго натрія. Растворимость поваренной соли въ водѣ увеличивается съ повышеніемъ температуры. Одновременно съ увеличеніемъ концентраціи раствора поваренной соли повышается температура кипѣнія и понижается температура замерзанія раствора.

На 100 частей воды слѣдующія количества поваренной соли растворяются при указанныхъ ниже температурахъ по С.:

при	-15^0	32.73	части
„	-10^0	33.49	„
„	-5^0	34.22	„
„	0^0	35.52	„
„	5^0	35.63	„
„	9^0	35.74	„
„	14^0	35.87	„
„	25^0	36.13	„
„	40^0	36.64	„
„	60^0	37.25	„
„	80^0	38.22	„
„	100^0	39.61	„
„	109.7^0	40.30	„

Хлористый магній чрезвычайно легко растворимъ: 1 часть растворяется въ 0.6 частяхъ холодной и 0.273 ч. горячей воды.

Сѣрнокислый магній — горькая соль — находится въ натуральныхъ источникахъ въ значительныхъ количествахъ, наряду съ хлористымъ магніемъ: сѣрнокислый магній менѣе растворимъ, чѣмъ хлористый, но все же болѣе, чѣмъ поваренная соль; 100 частей воды растворяютъ:

при	0^0	26.9	частей
„	10^0	31.5	„
„	20^0	36.2	„
„	30^0	40.9	„
„	40^0	45.8	„
„	100^0	73.8	„

Сѣрнокислый натрій — глауберова соль — растворяется на 100 частей воды въ слѣдующихъ отношеніяхъ:

при	0^0	5.02	части
„	11.67^0	10.12	„
„	17.91^0	16.73	„
„	28.76^0	37.35	„
„	32.73^0	50.65	„
„	40.15^0	48.78	„
„	70.61^0	44.35	„
„	103.17^0	42.65	„

Растворимость соли, начиная съ 32^0, снова уменьшается.

Хлористый и сѣрнокислый калій растворяются на 100 частей воды въ такихъ пропорціяхъ:

		KCl хлористый калій	K_2SO_4 сѣрнокислый калій
при	0^0	32.0	7.354
„	10^0	33.4	9.406
„	20^0	37.4	11.114
„	30^0	40.1	12.968
„	40^0	42.8	14.763
„	50^0	45.5	16.495
„	60^0	48.3	18.169
„	70^0	51.0	19.752

Направленіе химическихъ процессовъ, которые происходятъ въ отдѣльныхъ составныхъ частяхъ горныхъ породъ при дѣйствіи на нихъ атмосферныхъ осадковъ или подземныхъ водъ, можетъ быть двоякое.

Разрушающіяся минеральныя части вывѣтриваются:

a) съ образованіемъ продуктовъ распада, химически-инертныхъ: простое химическое выв̀триваніе или
b) съ образованіемъ такихъ продуктовъ распада, которые, въ свою очередь, вызываютъ дальнѣйшее превращеніе материнскихъ минераловъ или влекутъ за собою разложеніе другихъ составныхъ частей породы: сложное химическое выв̀триваніе.

Примѣръ простого химическаго выв̀триванія представляетъ переходъ углекислаго желѣза въ гидратъ окиси, въ качествѣ примѣра сложнаго химическаго выв̀триванія можетъ служить окисленіе сѣрнистаго желѣза въ породѣ, содержащей известь, при одновременномъ разложеніи самой породы сѣрной кислотой, образующейся отъ окислительныхъ процессовъ.

ХИМИЧЕСКОЕ ДѢЙСТВІЕ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ И ГРУНТОВЫХЪ ВОДЪ.

Благодаря непрекращающимся процессамъ вывѣтриванія минеральныхъ составныхъ частей почвы, а также разложенію органическихъ остатковъ, почвенная влага всегда содержитъ въ растворѣ вещества, изъ которыхъ нѣкоторыя оказываютъ особенно сильное вліяніе на вывѣтриваніе горныхъ породъ.

Принимая во вниманіе свойства почвъ, слѣдуетъ разсмотрѣть слѣдующія химическія соединенія:

Углекислыя щелочи являются результатомъ разложенія щелочныхъ алюмосиликатовъ. Онѣ растворяютъ аморфную кремнекислоту и въ незначительномъ количествѣ также глинистыя вещества. Кромѣ того, онѣ разлагаютъ щелочные алюмосиликаты, известковые и магнезіальные силикаты и тѣмъ обусловливаютъ болѣе быстрое вывѣтриваніе силикатовъ при дѣйствіи воды, содержащей углекислоту.

Углекислый кальцій образуется путемъ растворенія находящейся въ почвѣ извести въ водѣ, содержащей углекислоту. По Бишофу, щелочные алюмосиликаты разлагаются при образованіи углекислаго кальція и карбонатовъ щелочныхъ металловъ. Углекислый кальцій оказываетъ также растворяющее дѣйствіе на гидратъ окиси желѣза.

Углекислый магній встрѣчается въ доломитовыхъ образованіяхъ. Растворъ углекислаго магнія, по Бишофу, способенъ поглощать гидратъ окиси желѣза.

Гипсъ встрѣчается въ нѣкоторыхъ породахъ, какъ первоначальная составная часть, въ другихъ же, какъ продуктъ разложенія породъ. Растворъ сѣрнокислаго кальція даетъ реакцію обмѣннаго разложенія съ углекислымъ магніемъ, съ образованіемъ углекислаго кальція и сѣрнокислаго магнія.

Углекислота содержится въ почвенныхъ водахъ въ значительно бо́льшихъ количествахъ, чѣмъ въ дождевой водѣ. Какъ ранѣе было указано, воздухъ малогумусныхъ почвъ содержитъ углекислоты въ 25 разъ больше, а въ почвахъ, богатыхъ гумусомъ, въ 90 разъ больше, чѣмъ атмосферный воздухъ. Такъ какъ 1 объемъ воды при 10^0 С. и 760 мм. давленія поглощаетъ до 1.1847 объемовъ углекислоты, то нужно принять, что влага перегнойныхъ почвъ насыщена вполнѣ углекислотой. Реакціи разложенія минераловъ, которыя происходятъ подъ дѣйствіемъ дождевой воды, содержащей углекислоту, должны поэтому значительно усиливаться отъ дѣйствія почвенной влаги.

Гумусовыя кислоты. Подъ этимъ именемъ можно

понимать всѣ органическія кислоты, которыя образуются при гніеніи растительныхъ остатковъ, какъ-то: ульминовая, гуминовая, апокреновая кислоты и др. Гумусовыя кислоты образуютъ съ гидратомъ окиси желѣза нерастворимыя въ водѣ соли желѣза; онѣ соединяются также со щелочами и амміакомъ въ видѣ амміачныхъ соединеній, которыя преимущественно находятся въ почвѣ Аммонійныя соли гумусовыхъ кислотъ разлагаютъ углекислый кальцій, причемъ образуется соль кальція гумусовыхъ кислотъ.

Амміакъ образуется при процессахъ гніенія органическихъ остатковъ. Въ водѣ, содержащей углекислоту, амміакъ разлагаетъ фосфорнокислый кальцій.

Азотная кислота появляется въ почвѣ тоже какъ продуктъ разложенія азотистыхъ органическихъ веществъ. Свободная кислота дѣйствуетъ, конечно, на карбонаты и силикаты кальція и магнія, разлагаетъ ихъ съ образованіемъ нитратовъ.

Въ нѣкоторыхъ посѣвахъ встрѣчается, кромѣ того, нашатырь (хлористый аммоній), хлористый натрій и хлористый магній.

Хлористый натрій разлагаетъ силикатъ кальція съ образованіемъ натроннаго силиката и хлористаго кальція. Онъ повышаетъ также растворимость въ водѣ углекислаго и фосфорнокислаго кальція и гипса. Богатая углекислотой вода, содержащая въ растворѣ $2^0/_0$ NaCl, растворяетъ $0.2^0/_0$ углекислаго кальція.

Хлористый калій дѣйствуетъ такъ же, какъ хлористый натрій.

Хлористый магній оказываетъ разлагающее дѣйствіе на силикаты кальція и силикаты закиснаго желѣза и глины, повышаетъ также растворимость въ водѣ углекислаго кальція.

Сѣрнокислый кальцій даетъ реакцію обмѣннаго разложенія съ углекислымъ магніемъ; при этомъ образуется углекислый кальцій и сѣрнокислый магній.

Сѣрнокислый магній разлагаетъ силикаты кальція, закиснаго желѣза и алюминія и повышаетъ растворимость углекислой извести въ водѣ.

3. Основы физическаго изученія подземныхъ водъ (гидромеханика).

ГЛАВА 11.

Давленіе, которое производится на какую-либо часть поверхности жидкости, передается внутри жидкости по всѣмъ направленіямъ съ одинаковой силой.

Жидкость малой вязкости (способная выливаться каплями)

въ открытомъ сосудѣ только тогда можетъ быть въ равновѣсіи, если ея свободная поверхность образуетъ горизонтальную плоскость.

Если представить, что вся масса жидкости раздѣлена горизонтальными плоскостями на рядъ параллельныхъ слоевъ, то каждый вышележащій слой будетъ давить своимъ вѣсомъ на нижніе слои. Поэтому давленіе въ жидкости увеличивается съ глубиной прямо пропорціонально высотѣ столба жидкости. Давленіе, которое оказываетъ жидкость на вертикальныя стѣнки сосуда, выражается формулой qhs, гдѣ q — обозначаетъ поверхность, на которую давитъ жидкость, h — разстояніе центра тяжести отъ поверхности жидкости и s — удѣльный вѣсъ жидкости.

Давленіе жидкости на какую-либо часть основанія или стѣнокъ сосуда неправильной формы равно давленію цилиндрическаго столба жидкости, основаніемъ котораго служитъ площадь, на которую давитъ жидкость, а высотой — высота всей массы жидкости отъ данной точки до ея уровня.

Если два сосуда внизу соединены поперечной трубкой и оба наполнены одной и той же жидкостью, то жидкость только тогда можетъ быть въ равновѣсіи, если уровень жидкости въ обоихъ сосудахъ стоитъ на одной высотѣ.

При неодинаковомъ уровнѣ жидкости въ сообщающихся сосудахъ жидкость течетъ въ ту сторону, гдѣ существуетъ меньшее давленіе. Если сообщающіеся сосуды наполнены жидкостями разнаго удѣльнаго вѣса, то жидкости могутъ находиться въ равновѣсіи при томъ условіи, чтобы высоты жидкостей въ сосудахъ были обратно пропорціональны ихъ удѣльному вѣсу.

Если осторожно приливать двѣ смѣшивающіяся жидкости одну къ другой, напримѣръ, растворъ соды къ чистой водѣ, такъ, чтобы болѣе легкая жидкость находилась надъ болѣе тяжелой, то, въ силу молекулярнаго притяженія, даже при полномъ покоѣ жидкости, происходитъ постепенное смѣшиваніе обѣихъ жидкостей, при чемъ молекулы обѣихъ жидкостей одновременно проникаютъ изъ одной жидкости въ другую; процессъ этотъ продолжается до тѣхъ поръ, пока вся жидкость не пріобрѣтетъ одинаковую концентрацію и постоянный химическій составъ (диффузія).

Скорость диффузіи чрезвычайно понижается, если диффузія происходитъ не въ свободныхъ жидкостяхъ, а въ такихъ условіяхъ, когда жидкости выполняютъ свободныя пространства въ мелкозернистомъ субстратѣ, напримѣръ, въ тонкомъ пескѣ. Если наполнить сосудъ пескомъ до высоты 60 см. и въ нижней части помѣстить концентрированный растворъ хлористаго магнія, а сверху налить чистой воды, то спустя 3 мѣсяца въ верхней

части не обнаруживается никакихъ признаковъ хлора, а черезъ 6 мѣсяцевъ — лишь незначительные слѣды хлора.

Если въ днѣ или стѣнкѣ наполненнаго жидкостью сосуда сдѣлать отверстіе, то жидкость вытекаетъ изъ сосуда со скоростью, которая возрастаетъ съ увеличеніемъ высоты уровня жидкости подъ отверстіемъ. Скорость вытеканія жидкости равна конечной скорости, которую имѣетъ какое-либо тѣло при свободномъ паденіи съ поверхности жидкости до отверстія. Если черезъ h обозначить высоту уровня жидкости отъ отверстія, то скорость вытеканія жидкости будетъ равняться

$$v = \sqrt{2gh},$$

или, что то же, будетъ пропорціональна квадратному корню изъ высоты.

Масса жидкости, вытекающая изъ отверстія, по величинѣ равнаго w, при скорости вытеканія v, вычисляется по формулѣ

$$wv = w\sqrt{2gh}.$$

Наблюденія показываютъ, что въ дѣйствительности масса вытекающей жидкости бываетъ всегда нѣсколько меньше теоретической величины.

II. УЧЕНІЕ О ПОДЗЕМНЫХЪ ВОДАХЪ.

---

1. Происхожденіе подземныхъ водъ.

ГЛАВА 12.

Опредѣленіе понятій.

Подземной или грунтовой водою (ground water, level water, nappe d'eau souterraine, eau phréatique, aqua di livello), въ противоположность наземной, мы называемъ всякую жидкую воду, находящуюся подъ земною поверхностью и проникшую туда естественнымъ путемъ. Мы вовсе не проводимъ различія, какъ это дѣлаютъ многіе авторы, между водою, циркулирующей въ рыхлыхъ водопроницаемыхъ породахъ при отсутствіи непроницаемаго покровнаго слоя, и водою, находящейся подъ такимъ изолирующимъ непроницаемымъ слоемъ или заполняющей трещины и пустоты плотныхъ горныхъ породъ.

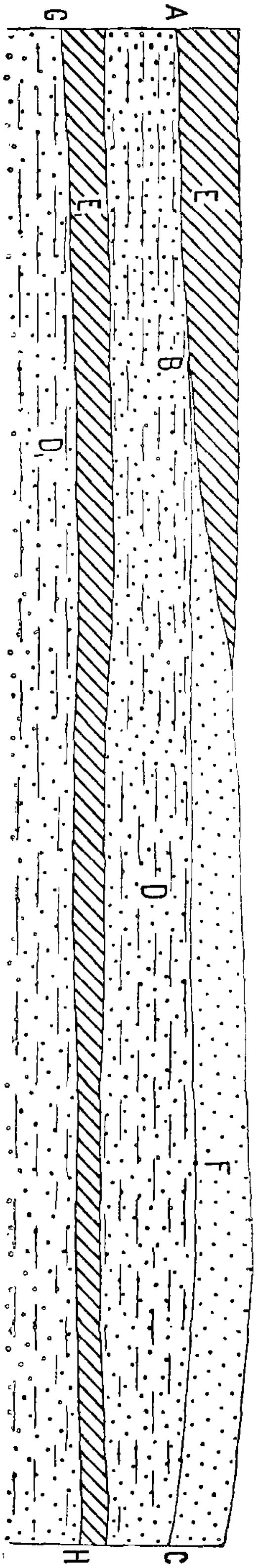


Рис. 45.

воду придется считать уже не грунтовой, а слоевой. Водныя скопленія въ конгломератѣ пестраго песчаника будутъ слоевыми водами, а въ третичномъ песчаникѣ уже грунтовыми. И такъ, отнесеніе подземной воды къ той или иной категоріи зависѣло бы, слѣдовательно, отъ возможности опредѣленія возраста включающихъ ее породъ, а это, разумѣется, несообразность. Затѣмъ, точное разграниченіе отдѣльныхъ понятій, особенно грунтовой воды и просачивающейся, совершенно невозможно. Куда отнести воду заключенную въ породѣ, имѣющей, въ одно и то же время, скважины и первичнаго, и вторичнаго происхожденія? Или какъ въ данномъ случаѣ въ одной и той же непрерывной водной массѣ различать слоевыя воды и воды пустотъ? Если указать еще на то, что очень часто воды двухъ послѣднихъ категорій изъ плотныхъ горныхъ породъ переходятъ въ рыхлыя обломочныя породы и наоборотъ; что химическій составъ воды не зависитъ ни отъ возраста, ни отъ той или иной консистенціи, но исключительно отъ минеральнаго состава пройденныхъ ею породъ, — то несостоятельность и нецѣлесообразность всѣхъ такихъ подраздѣленій станетъ вполнѣ очевидной.

Ученіе объ источникахъ и подземныхъ водахъ имѣетъ своимъ предметомъ происхожденіе, передвиженіе и выходъ на земную поверхность подземныхъ водъ со всѣми сюда относящимися химическими и физическими явленіями. Ученіе о подземныхъ водахъ составляетъ, слѣдовательно, особый отдѣлъ общаго ученія о водѣ, которое распадается на: метеорологію — ученіе объ атмосферной водѣ, потамологію — ученіе о рѣкахъ или о текущихъ водахъ

земной поверхности, лимнологію — ученіе объ озерахъ или о стоячихъ прѣсныхъ водахъ, ученіе о моряхъ или океанографію. Ученіе о подземныхъ водахъ опирается на геологію, химію и физику; на геологію — поскольку дѣло касается петрографическаго состава и способа залеганія водоносныхъ слоевъ; на химію — въ отношеніи химическаго состава пройденныхъ водою, видоизмѣненныхъ и выщелоченныхъ ею породъ; на физику — въ отношеніи гидростатическихъ и гидродинамическихъ явленій, вызываемыхъ движеніемъ подземныхъ водъ.

Подъ зеркаломъ или скатертью грунтовыхъ водъ (Grundwasserspiegel) разумѣется поверхность находящейся въ землѣ воды (A B C фиг. 45)[1]). Это выраженіе равносильно другому часто употребляемому обозначенію Grundwasserwelle.

Слой, содержащій жидкую воду — въ промежуткахъ ли между отдѣльными частицами, въ случаѣ рыхлыхъ породъ, или въ пустотахъ и трещинахъ, въ случаѣ породъ плотныхъ, самихъ по себѣ непроницаемыхъ — называется водоноснымъ слоемъ (D и D, фиг. 45).

Слой непроницаемый для воды и задерживающій ея движеніе въ вертикальномъ или горизонтальномъ направленіи, называется водоупорнымъ (E и E, фиг. 45).

Линія, соединяющая наивысшія точки зеркала грунтовыхъ водъ, называется водораздѣльной. На фиг. 45 она проходитъ черезъ точку F. Отъ нея грунтовыя воды стекаютъ въ двухъ противоположныхъ, перпендикулярныхъ къ ней направленіяхъ, точно также, какъ у обыкновенныхъ поверхностныхъ водораздѣловъ.

Водоносный слой, въ которомъ вода можетъ быть открыта устройствомъ буровыхъ скважинъ или колодцевъ, называется водоноснымъ горизонтомъ грунтовыхъ водъ.

Нѣсколько водоносныхъ горизонтовъ, расположенныхъ одинъ надъ другимъ и отдѣленныхъ неводоносными пластами, обозначаются какъ ярусы подземныхъ водъ (D и D, фиг. 45).

Выходъ на поверхность подземной воды въ жидкомъ видѣ называется источникомъ (фиг. 46). Къ тѣмъ подземнымъ водамъ, которыя остаются на глубинѣ и не выходятъ на земную поверхность, это обозначеніе неприложимо. Поэтому выходъ воды, вскрытой буреніемъ, не можетъ называться источникомъ.

---

1) На всѣхъ чертежахъ книги водонепроницаемость слоевъ обозначена различною штриховкой, частичная водопроницаемость — отдѣльными черточками, общая водопроницаемость — петлеобразными значками и водоносность слоевъ — тонкими горизонтальными пунктирными линіями.

Гаазъ [1]), напр., ограничиваетъ понятіе „грунтовыя воды“ лишь тѣми скопленіями воды, которыя образуются въ рыхлыхъ, но отнюдь не плотныхъ породахъ. Онъ говоритъ: Происхожденіе ключевой и грунтовой воды, поскольку эта послѣдняя не явилась слѣдствіемъ инфильтраціи поверхностныхъ водъ — рѣкъ, озеръ и т. п, одинаковое, ибо и та, и другая произошли изъ атмосферныхъ осадковъ. Но такъ какъ свойства водоносныхъ слоевъ различны — они рыхлы въ одномъ случаѣ, плотны и каменисты — въ другомъ, то различеніе обоихъ явленій достаточно обосновано уже съ одной лишь геологической точки зрѣнія.

Штейеръ [2]) пытался расчленить понятіе подземныхъ водъ (Bodenwasser) на воды грунтовыя, просачивающіяся, слоевыя и воды пустотъ, давъ имъ слѣдующія опредѣленія:

Грунтовой водой называется подземная вода, пріуроченная, главнымъ образомъ, къ дилювіальнымъ, рѣже къ третичнымъ и аллювіальнымъ отложеніямъ, свободная отъ механически взвѣшенныхъ органическихъ и неорганическихъ примѣсей, имѣющая равномѣрную температуру, приблизительно равную средней годовой, и нѣкоторый постоянный химически составъ, не обнаруживающій рѣзкихъ колебаній, которыя указывали бы на привнесеніе постороннихъ примѣсей.

Вторую категорію составляютъ воды, находящіяся въ состояніи просачиванія, не пріобрѣтшія еще свойствъ грунтовой воды и происшедшія либо изъ атмосферныхъ осадковъ, либо отъ инфильтраціи рѣкъ и озеръ.

Слоевыми водами (Schichtwasser) называются тѣ подземныя воды, которыя, подъ дѣйствіемъ ли силы тяжести или капиллярныхъ силъ, наполняютъ поры и пустоты, присущія горнымъ породамъ съ самаго ихъ образованія.

Къ водамъ пустотъ, наконецъ, относятся тѣ подземныя воды, которыя собираются и циркулируютъ въ пустотахъ вторичнаго происхожденія.

Эти попытки подраздѣленія подземныхъ водъ приведены здѣсь лишь въ видѣ примѣровъ, чтобы показать всю ихъ несостоятельность. Прежде всего, нельзя подраздѣленіе подземныхъ водъ основывать на различіяхъ въ геологическомъ строеніи; такъ, напр., воду, заключенную въ поверхностно залегающемъ эоценовомъ зеленомъ пескѣ слѣдуетъ, по Штейеру, отнести къ разряду грунтовой; если же песокъ мѣловой формаціи, ту же

---

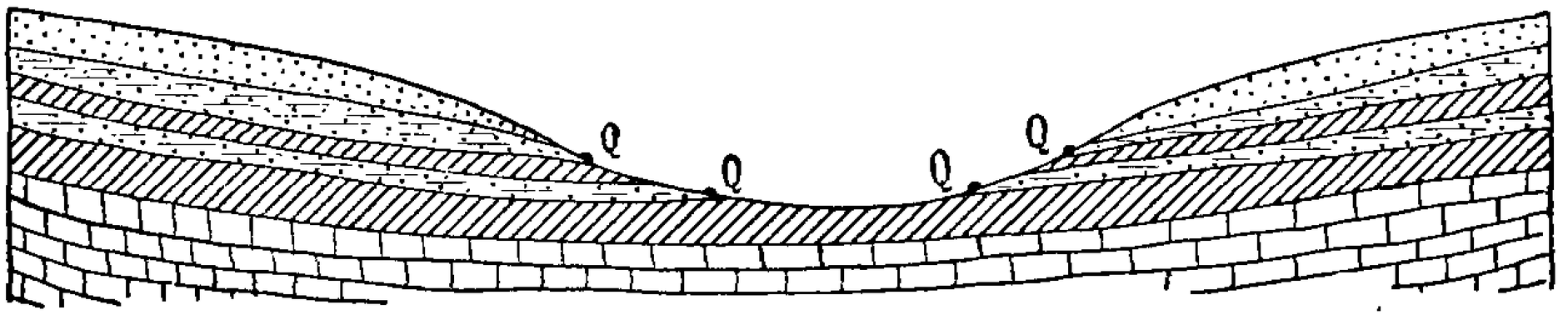
1) Haas, Quellenkunde.

2) Steuer, Die Entstehung des Grundwassers im hessischen Ried. Festschrift zum 70. Geburtstage von A. v. Koenen, Stuttgart 1907.

Линія, по которой открываются водоносные слои, по которой, слѣдовательно, подземныя воды выходятъ на поверхность въ видѣ источниковъ, называется горизонтомъ источниковъ или линіей источниковъ. Этотъ терминъ приложимъ лишь въ случаѣ дѣйствительнаго выхода на поверхность подземныхъ водъ; но нельзя прилагать его, какъ это часто дѣлается, къ тѣмъ водамъ, которыя открываются посредствомъ буренія и которыя должны обозначаться терминомъ — горизонтъ подземныхъ водъ.

Непосредственно надъ зеркаломъ водоноснаго горизонта могутъ залегать либо такія породы, которыя одинаково легко проницаемы какъ для воздуха, такъ и для воды, либо породы, мало проницаемыя для воздуха и совершенно непроницаемыя для воды. Въ первомъ случаѣ подземная вода называется обыкновенной или открытой грунтовой водой (B C фиг. 45), во второмъ случаѣ — артезіанской или напорной водой (A B и G H фиг. 45).

Подъ профилемъ водоноснаго слоя разумѣется сумма наполненныхъ или могушихъ быть наполненными водою пустотъ въ вертикальномъ разрѣзѣ.



Фиг. 46.

ГЛАВА 13.

Балансъ подземныхъ водъ.

Балансъ подземныхъ водъ, слагаясь изъ убыли и прибыли, опредѣляется слѣдующими моментами:

а) Убыль.

1. Источники. Отдачей воды въ видѣ источниковъ подземныя воды расходуютъ ежегодно большія количества воды, которыя либо одинаковы по годамъ и въ теченіе года, либо измѣняются въ зависимости отъ временъ года, подвергаясь вліянію метеорологическихъ колебаній.

2. Немаловажная также убыль обусловлена выходомъ потоковъ подземной воды непосредственно въ русла рѣкъ.

3. Третью крупную статью расхода образуетъ испареніе воды растительнымъ покровомъ. Пользуясь корнями непосредственно грунтовой водой, или, при низкомъ ея стояніи, капиллярно поднятой водой, растенія въ періодъ вегетаціи непрерывно извле-

кают̈ъ изъ почвы значительныя массы воды, которыя частью идутъ на построеніе тѣла растеній, частью же черезъ органы испаренія переходятъ обратно въ атмосферу. Этотъ расходъ особенно великъ въ мѣстахъ низменныхъ, покрытыхъ травянистой растительностью, т. е. на лугахъ и болотахъ.

4. Нѣкоторое, хотя, вѣроятно, и незначительное количество подземной воды расходуется путемъ непосредственнаго испаренія съ поверхности грунтовыхъ водъ въ проницаемыхъ породахъ.

5. Очень много воды потребляется при различныхъ химическихъ процессахъ, каковы: превращеніе безводныхъ силикатовъ въ водные, образованіе растворимыхъ водныхъ солей и коллоидальныхъ соединеній.

6. Въ то время, какъ дѣйствіе пяти перечисленныхъ факторовъ обусловлено явленіями естественнаго порядка, вліяніе шестого и послѣдняго фактора расхода подземной воды сводится къ убыли, вызываемой хозяйственною дѣятельностью человѣка. Исчисляя для культурныхъ странъ среднее дневное потребленіе воды въ хозяйствѣ человѣка, включая сюда и расходъ на домашнихъ животныхъ, 50 литрами на голову, мы для Германіи получили бы расходъ воды въ 3 милліона куб. метровъ Такое же, примѣрно, количество воды расходуется различными промышленными предпріятіями; а въ интересахъ горнопромышленнаго производства изъ земли ежедневно выкачиваются огромныя массы воды для отвода ихъ въ рѣки. Для многихъ предпріятій ежедневный расходъ воды въ 5—10.000 куб. метровъ является правиломъ. Фабрика красокъ въ Эльберфельдѣ, напр., расходуетъ такое количество воды, котораго было бы достаточно для обихода города Кёльна. Среди горнопромышленныхъ предпріятій есть такія, въ которыхъ изъ земли ежедневно выкачиваютъ отъ 100—150.000 куб. метровъ воды — количество, достаточное для снабженія цѣлаго города съ 1—$1^1/_2$ милліоннымъ населеніемъ. Исчисляя для Германіи общій дневный расходъ подземной воды въ 6—8 000000 куб. метровъ, мы, думается, не сдѣлаемъ погрѣшности въ сторону преувеличенія. При равномѣрномъ распредѣленіи по территоріи Германіи эта масса воды, по переводѣ на годъ, дала бы слой въ 4—$5^1/_2$ мм., т.-е., составила бы около $1^0/_0$ всего годичнаго количества осадковъ. Косвенное вліяніе человѣка на убыль подземныхъ водъ или на ухудшеніе условій ихъ образованія сводится къ работамъ по сельскохозяйственной меліораціи, дренажу, осушенію болотъ, слѣдствіемъ которыхъ является нарушеніе естественнаго круговорота подземныхъ водъ, выходъ ихъ на поверхность и стокъ въ рѣки.

ГЛАВА 14.

Очеркъ историческаго развитія воззрѣній на происхожденіе подземныхъ водъ [1]).

Противорѣчивость воззрѣній въ вопросѣ о происхожденіи подземныхъ водъ столь же стара, какъ человѣческая культура, и обнаруживается впервые у древнихъ грековъ.

Платонъ приходитъ къ тому конечному заключенію, что всѣ, вообще, земныя воды происходятъ изъ океана, куда и возвращаются по завершеніи своего бѣга по земной поверхности; воды океана черезъ тартаръ — большое отверстіе въ глубинахъ океана — проникаютъ въ нѣдра земли, возобновляя непрерывно круговоротъ воды.

Взгляды Аристотеля отличаются уже большими достоинствами. Развитіе его воззрѣній тѣсно связано съ процессами, происходящими въ богатыхъ пещерами горахъ его родины; онъ видѣлъ, какъ вода, испаряясь, исчезаетъ и снова сгущается въ верхнихъ, холодныхъ слояхъ атмосферы. Аналогичное явленіе происходитъ, по его мнѣнію, и въ горныхъ пещерахъ: воздухъ, подъ дѣйствіемъ холода пещеръ, сгущается въ жидкую воду, которая, опускаясь на дно, образуетъ обширныя подземныя озера, питающія родники и рѣки. Мнѣніе, что вода можетъ получаться изъ воздуха и даже изъ землистыхъ частицъ земной коры, связано съ представленіями древнихъ философовъ о родствѣ стихій и встрѣчается въ различныхъ видоизмѣненіяхъ вплоть до 19-го столѣтія.

Θалесъ Милетскій придерживается мнѣнія о морскомъ происхожденіи воды источниковъ и рѣкъ. Представленія его таковы: морская вода вѣтромъ какъ бы вгоняется въ нѣдра земли и, затѣмъ, поднимается въ горы подъ давленіемъ налегающихъ горныхъ породъ.

У писателей древняго Рима, касавшихся естественно-историческихъ явленій, мы встрѣчаемъ аналогичныя воззрѣнія. Лукрецій Каръ въ дидактическомъ стихотвореніи „De rerum natura“ начерталъ картину круговорота воды, замкнутаго между источникомъ и моремъ: морская вода, поднимась въ землѣ, при этомъ какъ бы фильтруясь и теряя свою соленосность, появляется на поверхности въ видѣ рѣкъ, возвращается въ море и снова поступаетъ въ круговоротъ.

Съ значительной подробностью вопросъ о происхожденіи

---

1) Частью по: Haas, Quellenkunde,

б) Прибыль. Совокупное дѣйствіе всѣхъ перечисленныхъ выше факторовъ убыли подземныхъ водъ компенсируется прибылью троякаго рода:

1) Поглощеніемъ почвой атмосферныхъ осадковъ (ср. гл. 15).

2. Конденсаціей водяныхъ паровъ подземной атмосферы (ср. гл. 15).

Въ обоихъ случаяхъ мы имѣемъ дѣло съ водою, находящейся въ общемъ круговоротѣ воды, которая, пройдя черезъ стокъ, испареніе и образованіе осадковъ, находится въ стадіи поглощенія почвой.

3. Особнякомъ стоитъ третья категорія прибыли, вводящая новыя количества воды въ общій круговоротъ ея на земной поверхности. Эта вновь образующаяся вода, названная Е. Зюссомъ „ювенильной“, въ отличіе отъ прочей — „вадозной“, возникаетъ въ глубочайшихъ нѣдрахъ земли при выдѣленіи газовъ расплавленными жидкими массами и, поднимаясь въ видѣ перегрѣтаго пара, достигаетъ верхнихъ холодныхъ горизонтовъ земной коры, гдѣ и переходитъ въ капельножидкое состояніе. Смѣшиваясь съ вадозной водой и повышая ея температуру, вода такого происхожденія едва-ли доходитъ въ чистомъ видѣ до земной поверхности. Въ главѣ о температурныхъ условіяхъ подземныхъ водъ будутъ даны дальнѣйшія свѣдѣнія по этому вопросу (гл. 22).

Что касается равновѣсія въ режимѣ подземныхъ водъ, т. е., равенства прибыли и убыли, то слѣдуетъ предположить, что таковое существуетъ, что въ теченіе вѣковъ установилось то состояніе, при которомъ убыль, вызываемая естественными условіями, отмѣченными выше [а) 1—5], покрывается прибылью изъ атмосферныхъ осадковъ. Дѣятельность человѣка приводитъ лишь къ кажущемуся и только мѣстному нарушенію общаго состоянія; въ дѣйствительности же, искусственное извлеченіе изъ земли нѣкотораго количества воды не вызываетъ уменьшенія убыли по остальнымъ статьямъ. Гдѣ изъ почвы извлекаются большія количества воды, тамъ пересыхаютъ источники, уменьшается подземный стокъ въ рѣки, ослабляется испареніе воды растительнымъ покровомъ вслѣдствіе пониженія уровня грунтовыхъ водъ, лишающаго корней растенія возможности пользоваться грунтовой водой, что, разумѣется, ведетъ къ коренному измѣненію сельскохозяйственныхъ условій — къ высыханію болотъ, къ превращенію луговъ въ пахатныя угодья.

источниковъ былъ разработанъ Сенекой младшимъ. Вмѣстѣ съ Аристотелемъ, онъ принимаетъ существованіе въ нѣдрахъ земли обширныхъ пустотъ и полагаетъ, что въ нихъ-то, подъ дѣйствіемъ холода и тьмы, воздухъ превращается въ воду, аналогично тому, какъ это наблюдается на поверхности земли въ холодныхъ и темныхъ мѣстахъ. При извѣстныхъ условіяхъ, вода, далѣе, можетъ получаться изъ нѣкоторыхъ твердыхъ частей земной коры путемъ ихъ ожиженія. Наконецъ, третій источникъ питанія подземныхъ водъ авторъ усматриваетъ въ возможной связи ихъ съ моремъ.

Наиболѣе правильное воззрѣніе на предметъ и единственное въ своемъ родѣ у древнихъ мы находимъ у одного писателя временъ Августа — у Марка Витрувія Полліо, который въ своемъ сочиненіи „De architectura“ развилъ теорію происхожденія источниковъ, близкую къ современнымъ. Основное положеніе его теоріи состоитъ въ слѣдующемъ: подземныя воды и источники происходятъ изъ дождевыхъ и снѣговыхъ водъ, которыя, просачиваясь въ почву, встрѣчаютъ на своемъ пути непроницаемый пластъ (камень, руда, глина), вслѣдствіе чего и должны выйти на поверхность. Особенно глубоко въ почву проникаютъ, по его мнѣнію, тѣ осадки, которые выпадаютъ въ горахъ.

Проходитъ полтора тысячелѣтія безъ замѣтнаго прогресса; и лишь съ XVI-го столѣтія кое-гдѣ возникаютъ нерѣшительныя попытки къ примѣненію того новаго метода изслѣдованія, на которомъ покоится величіе современнаго естествознанія; строгое наблюденіе явленій природы, измѣреніе, взвѣшиваніе и сравненіе полученныхъ результатовъ появляются теперь на смѣну спекулятивной обработкѣ данныхъ, добытыхъ скорѣе умозрительнымъ путемъ, чѣмъ путемъ наблюденія и опыта.

Съ 1577 года по 1644 въ Брюсселѣ жилъ врачъ, по имени Гельмондъ, создавшій слѣдующую теорію движенія воды. Ядро земли, состоящее изъ чистаго песка. пропитаннаго во всѣхъ своихъ частяхъ неисчерпаемыми количествами воды, и окруженное корой изъ различныхъ землистыхъ и каменистыхъ породъ и залежей, выходящихъ мѣстами на поверхность, составляетъ родъ фильтра, черезъ который природа снабжаетъ водою ликъ земли. Подъ вліяніемъ создающей двигательной силы, которою одарена наша планета, по всей массѣ песка возникаетъ общее движеніе воды, независимое отъ высоты мѣстоположенія. Эта живая сила присуща всѣмъ частямъ песчанаго ядра не исключая тѣхъ, которыя достигаютъ высочайшихъ горныхъ вершинъ. Этимъ объясняется повсемѣстное возникновеніе текучихъ водъ и непрерывное ихъ питаніе, не страдающее даже отъ лѣтняго зноя.

Выйдя изъ сферы вліянія песчанаго ядра и появившись на земной поверхности, вода слѣдуетъ уже закону тяжести, съ высокихъ мѣстъ стекаетъ къ низкимъ и вливается наконецъ, въ море Морская вода, просачиваясь непрерывно въ нѣдра земли, поступаетъ въ песчаное ядро и возмѣщаетъ расходъ Такъ точно въ человѣческомъ тѣлѣ кровь циркулируетъ по всѣмъ направленіямъ, сверху внизъ и снизу вверхъ, независимо отъ силы притяженія; но стоитъ ей выступить наружу, напр., черезъ рану, — и она уже теряетъ собственную силу движенія и слѣдуетъ закону тяжести.

Здѣсь проведена аналогія между кругообращеніемъ воды на землѣ и физіологическимъ процессомъ кровообращенія въ тѣлѣ животныхъ. Другіе ученые, не довольствуясь аналогіями, шли еще дальше въ этомъ направленіи и представляли себѣ землю въ образѣ исполинскаго чудовища, хранящаго въ нѣдрахъ своихъ органы съ чисто животными отправленіями. Въ сочиненіи знаменитаго астронома Кеплера „Harmonies mundi libri quinque“, изданномъ въ Линцѣ въ 1619 году, высказано мнѣніе, что земля, на подобіе звѣря, вдыхаетъ воду морей, перевариваетъ и ассимилируетъ ее въ своемъ тѣлѣ, а подземныя воды и источники не что иное, какъ побочные продукты, выдѣляемые послѣ совершившагося обмѣна веществъ. И даже въ XIX столѣтіи подобныя фантастическія идеи нашли вдохновеннаго защитника въ лицѣ одного заслуженнаго ученаго, располагавшаго всѣми средствами научнаго изслѣдованія. Но обратимся прежде въ воззрѣніямъ нѣкоторыхъ современниковъ Кеплера.

Георгій Агрикола, извѣстный геологъ и минералогъ, высказалъ свои взгляды по затронутому вопросу въ сочиненіи „De ortu et causa subterraneorum“, изданномъ въ 1549 г., приходитъ къ тому выводу, что подземныя воды имѣютъ двоякаго рода происхожденіе: или отъ просачиванія поверхностныхъ водъ черезъ щели и трещины горныхъ породъ — „денная вода“ у рудокоповъ, или отъ конденсаціи водяныхъ паровъ, поднимающихся изъ нѣдръ земли — у рудокоповъ „грунтовая вода“.

Иное объясненіе интересующаго насъ явленія мы находимъ у французскаго физика Декарта, извѣстнаго подъ именемъ Картезія. Онъ полагаетъ, что нѣдра земли богаты пещерами, которыя сообщаются съ моремъ черезъ подземные каналы: по этимъ путямъ морская вода попадаетъ вглубь земли, гдѣ превращается въ паръ подъ вліяніемъ теплоты земного ядра; поднимающіеся пары попадаютъ въ поверхностные горизонты земной коры, конденсируются на стѣнкахъ пустотъ и пещеръ и, стекая, образуютъ источники.

Многіе ученые 17 и 18 вв. раздѣляли эту теорію и защищали ее отъ всевозможныхъ нападокъ: указаній, напр., на то, что постепенное накопленіе солей, осаждающихся при испареніи морской воды, давнымъ давно должно было бы привести къ совершенному заполненію пещеръ. Приведемъ примѣръ. Въ 1740 году Академіей наукъ въ Бордо былъ объявленъ конкурсъ на лучшее рѣшеніе разбираемаго здѣсь вопроса, и премія была присуждена профессору Кюну изъ Данцига, „ученое и разукрашенное математикой“ сочиненіе котораго появилось въ 1746 году на нѣмецкомъ языкѣ подъ названіемъ: „Разумныя мысли о происхожденіи источниковъ и подземныхъ водъ“. Въ началѣ своего трактата авторъ пытается доказать, что происхожденіе подземныхъ водъ никоимъ образомъ не можетъ быть связываемо съ атмосферными осадками, и затѣмъ уже излагаетъ свою собственную теорію, состоящую въ слѣдующемъ: „Морская вода, поглощаемая пучинами, проникаетъ въ землю, гдѣ распространяется по многочисленнымъ путямъ, достигая такимъ образомъ основанія горныхъ цѣпей, всегда богатыхъ пещерами, пустотами и надземными каналами, залегающими на значительной глубинѣ; здѣсь морская вода, подъ вліяніемъ внутренней теплоты земного шара, постепенно испаряется; водяные пары, поднимаясь по трещинамъ и скважинамъ горныхъ породъ въ поверхностные горизонты земной коры, отлагаются на стѣнкахъ пещеръ въ видѣ воды; эта вода, стекая по наклоннымъ жиламъ гравія, собирается въ водоемахъ, откуда и выбивается непрерывно на земную поверхность, образуя источники у подножія горъ; избытокъ воды въ водоемахъ просачивается въ нижележащіе горизонты, образуя подземныя воды. Между тѣмъ, образовавшіеся въ пещерахъ остатки морской воды, обогатившись солями и увеличивъ свой удѣльный вѣсъ, возвращаются въ море, но уже другими путями и, въ силу своей тяжести, низвергаются въ глубину морскую, вызывая образованіе водоворотовъ.

Патеръ іезуитовъ Аѳанасій Кирхеръ, одинъ изъ проницательнѣйшихъ естествоиспытателей 17-го вѣка (1601—1680), въ своемъ сочиненіи „Mundus subterraneus“, напечатанномъ въ Амстердамѣ въ 1717 г., проводитъ аналогичный взглядъ, указывая на море, какъ на первоисточникъ всѣхъ подземныхъ водъ. Въ этомъ выдающемся и содержательномъ сочиненіи изложена, между прочимъ, теорія вулканизма и циркуляціи воды подъ земною поверхностью. По этой теоріи, ядро земли представляетъ собою огнежидкую массу, окруженную твердой корой, въ которой разсѣяны второстепенные огнежидкіе очаги меньшихъ размѣровъ — пирофиляціи, которые черезъ посредство каналовъ, доходящихъ

до земной поверхности, обусловливаютъ вулканическую дѣятельность земли. Новѣйшая изъ всѣхъ вулканическихъ теорій — теорія Штюбеля — есть не что иное, какъ та же теорія Кирхера, лишь приспособленная къ современному состоянію знаній, а пирофиляціи ученаго іезуита вполнѣ соотвѣтствуютъ очагамъ теоріи Штюбеля. Между пирофиляціями въ твердой земной корѣ разсѣяно множество обширныхъ, наполненныхъ водою пустотъ — гидрофиляцій. Гидрофиляціи питаются моремъ, и гибельные морскіе водовороты указываютъ тѣ мѣста, гдѣ вода черезъ огромныя воронки на днѣ морскомъ проникаетъ внутрь земли, таковы: Сцилла и Харибда и норвежскій Мальстремъ. Изъ гидрофиляцій вода поднимается вверхъ двоякимъ путемъ: или въ видѣ пара подъ вліяніемъ нагрѣва сосѣдними пирофиляціями, производя въ этомъ случаѣ горячіе источники на земной поверхности; или же она всасывается капиллярами горныхъ породъ, поднимается въ поверхностные горизонты земной коры, гдѣ скопляется въ пещерахъ и пустотахъ, особенно многочисленныхъ въ горныхъ областяхъ Свои представленія о строеніи земного шара Кирхеръ поясняетъ рисункомъ, воспроизведеннымъ на фиг. 47. Здѣсь нѣдра горъ заполнены обширными озерами, которыя питаются исполинскими источниками, бьющими въ серединѣ ихъ дна; и рѣки земныя берутъ начало изъ тѣхъ же источниковъ. Для вящшаго подтвержденія своей теоріи, Кирхеръ описываетъ опытъ, доказывающій, по его мнѣнію, возможность поднятія воды въ горахъ. Имъ былъ изготовленъ столбикъ изъ гипса съ чашеобразнымъ углубленіемъ на одномъ изъ его основаній, и когда этотъ столбикъ другимъ концомъ былъ погруженъ въ воду, то скоро чаша наверху оказалась наполненной водою, поднявшейся по капиллярамъ гипса. Опытъ Кирхера былъ повторенъ Лулофсомъ, который пришелъ къ заключенію, что тотъ просто-напросто сочинилъ результаты своего опыта; а позднѣе Перро установилъ предѣлы капиллярности для песка и гравія и показалъ, что вода, поднимающаяся капиллярнымъ путемъ, никоимъ образомъ не можетъ образовать большихъ скопленій на болѣе высокомъ уровнѣ.

Познакомившись, такимъ образомъ, съ цѣлымъ рядомъ воззрѣній, изъ которыхъ нѣкоторыя въ высшей степени замѣчательны, обратимся къ вопросу о томъ. какъ возникло господствующее въ наше время ученіе о взаимной связи между подземными водами и атмосферными осадками, и отмѣтимъ тѣ имена, съ которыми связано возникновеніе этого ученія.

Бернаръ Палисси, гончаръ по профессіи, въ сочиненіи „Discours admirable de la nature des eaux et fontaines tant naturelles qu'artificielles“, изданномъ въ Парижѣ въ 1650 году,

высказываетъ мнѣніе, что существованіе источниковъ обусловлено просачиваніемъ въ почву дождевыхъ и снѣговыхъ талыхъ водъ. Поглощенная почвой вода, встрѣтивъ на своемъ пути глинистый или какой-либо другой непроницаемый слой, принуждена искать



выхода и выступаетъ на поверхность въ видѣ источниковъ. Слѣдующимъ этапомъ является трактатъ Фоссія (Vossius), изданный въ Гаагѣ въ 1656 году подъ названіемъ „De Nili et aliorum fluminum origine“. Здѣсь авторъ всею силою обрушивается на тѣхъ ученыхъ, которые связываютъ происхожденіе рѣкъ съ суще-

ствованіемъ исполинскихъ подземныхъ водоемовъ, а въ началѣ пятой главы выставляетъ то общее положеніе, что рѣки происходятъ отъ стеканія и скопленія дождевыхъ водъ (omnia flumina ex collectione aquae pluvialis oriri), давая при этомъ весьма вѣрное объясненіе того обстоятельства, что въ горахъ источники многочисленнѣе и обильнѣе, нежели въ равнинахъ. Ту же идею о происхожденіи подземныхъ водъ изъ атмосферныхъ осадковъ проводитъ и датчанинъ Бертолинъ въ своемъ сочиненіи „De fontium et fluminum origine ex pluviis“, которое было напечатано въ Копенгагенѣ въ 1701 году. Но и эту терію постигла судьба многихъ выдающихся плодотворныхъ теорій: она получила названіе не по первоначальнымъ ея основателямъ — Витрувію, Палиссси и Фоссію, но по имени ученаго, которому впервые удалось распространить ее среди широкихъ круговъ — по имени французскаго физика Маріотта, ученаго пріора монастыря Св. Мартина въ Бургундіи. Не слѣдуетъ, однако, забывать, что именно Маріоттъ въ цѣломъ рядѣ тщательныхъ измѣреній и разсчетовъ далъ этой теоріи реальное обоснованіе. Его первое печатное сообщеніе появилось въ 1686 году, а полное собраніе сочиненій было напечатано въ 1717 г., въ Лейденѣ. Его положенія сводятся къ слѣдующему: подземныя воды происходятъ изъ атмосферныхъ осадковъ, которые по мельчайшимъ канальцамъ горныхъ породъ проникаютъ въ землю, и здѣсь скопляются въ видѣ погребенныхъ источниковъ, и это не только въ равнинахъ, но и въ горныхъ мѣстностяхъ, и особенно легко и обильно въ томъ случаѣ, если поверхность земли богата трещинами между камнями, древесными корнями: вода проникаетъ вглубь постепенно, встрѣчаетъ, наконецъ, какой-либо непроницаемый пластъ и бѣжитъ по такому пласту Не трудно доказать простымъ разсчетомъ, что атмосферной воды вполнѣ достаточно для питанія источниковъ; замѣчено, кромѣ того, что въ дождливое время источники богаче водою, а во время засухи бѣднѣютъ, а иногда совсѣмъ изсякаютъ; даже въ рѣкахъ количество воды уменьшается иногда на $^5/_6$ нормальнаго. У нѣкоторыхъ источниковъ, правда, колебаній подобнаго рода не наблюдается, но это можно объяснить существованіемъ ими же выработанныхъ обширныхъ резервуаровъ, отдающихъ свою воду лишь постепенно и непрерывно. Маріоттъ очень рѣшительно отражаетъ всѣ сдѣланныя противъ этой теоріи возраженія; онъ старается доказать дѣйствительную наличность поглощенія почвой атмосферной воды; въ качествѣ контрольнаго примѣра, ссылается при этомъ на наблюденіе, сдѣланное имъ въ подвалахъ парижской обсерваторіи, указывая на то, что число капель, падающей со сводовъ воды, находится въ нѣкоторой про-

порціональной зависимости отъ количества выпадающихъ на поверхности атмосферныхъ осадковъ. Съ цѣлью опредѣлить среднее годовое количество осадковъ, Маріоттъ ставитъ въ Дижонѣ дождемѣръ — получаетъ 19 дюймовъ $2^1/_3$ линіи; опредѣливъ затѣмъ, хотя и очень приблизительно, площадь питанія рѣки Сены въ 3000 кв. миль и принявъ лишь 15 дюймовъ годовыхъ, вычисляетъ абсолютное количество осадковъ, выпадающихъ въ этой области — получаетъ 714 милліардовъ куб. футовъ; опредѣляетъ, наконецъ, расходъ воды черезъ профиль Сены у Pont Royal въ Парижѣ по данныхъ сдѣланныхъ имъ здѣсь наблюденій — получаетъ 105 милліардовъ куб. футовъ, т. е. менѣе $^1/_6$ части всего количества осадковъ.

Изъ противниковъ Маріотта назовемъ: Перро, Де-ла-Гиръ, Седило — во Франціи, гдѣ ихъ было особенно много; Дэрэмъ (Derham) и Вудвордъ — въ Англіи; Лулофсъ — въ Голландіи, Кестнеръ — въ Германіи. Но отъ болѣе подробнаго разсмотрѣнія этого научнаго спора намъ приходится отказаться. Обратимся теперь къ ученому, которому принадлежитъ заслуга всесторонней разработки теоріи Маріотта и распространенія ея среди большинства метеорологовъ и физиковъ. Мы говоримъ о Де-ла-Метри, который издалъ свою „Теорію земли“ въ 1797 году. Очень важнымъ видомъ атмосферныхъ осадковъ, на ряду съ дождями, авторъ считаетъ конденсацію тумановъ и тучъ на холодной поверхности горъ, опираясь на то наблюденіе, что даже искусственныя земляныя насыпи, каковы береговыя плотины и крѣпостные валы, вызываютъ иногда появленіе источниковъ и даютъ имъ достаточное и непрерывное питаніе. Аналогичныя идеи были высказаны уже раньше англичаниномъ Галлеемъ, который, основываясь на наблюденіяхъ, сдѣланныхъ имъ на Св. Еленѣ, указывалъ на ночную росу, какъ на значительный источникъ подземной воды, о чемъ имъ и было сдѣлано соотвѣтственное сообщеніе въ Philosophical Transactions въ 1674 году. Цѣлымъ рядомъ опытовъ Де-ла-Метри положилъ начало изученію водопроницаемости горныхъ породъ; по его даннымъ, известнякъ имѣетъ лишь малое сродство къ атмосферной водѣ, кварцевый песокъ вовсе его не имѣетъ; поэтому известнякъ удерживаетъ лишь мало воды, песокъ же вовсе ея не удерживаетъ; глина, даже смѣшанная, оказывается непроницаемой. Отсюда выводъ, что часть воды, выпадающей на земную поверхность, тотчасъ-же стекаетъ, другая — смачиваетъ почву, питаетъ растенія и испаряется, третья же — поглощается почвой, задерживается на нѣкоторой глубинѣ и образуетъ водоемы, изъ которыхъ вода стекаетъ лишь постепенно. Твердыя, каменистыя породы, особенно перво-

основъ господствующаго воззрѣнія. Прежде всего, онъ оспариваетъ, чтобы дождевая вода, вообще, могла проникать въ почву глубже нѣсколькихъ футовъ, ссылаясь при этомъ на свидѣтельство Сенеки и Агриколы, а также на мнѣнія садовниковъ и земледѣльцевъ. Онъ утверждаетъ, что даже песокъ средней крупности зерна настолько мало проницаемъ для воды, что, тѣмъ болѣе, приходится сомнѣваться относительно проницаемости песчаниковъ, известняковъ, порфировъ и другихъ плотныхъ породъ. Если бы эти породы были настолько проницаемы, какъ полагаютъ сторонники господствующей теоріи, то, вѣдь, всѣ наши моря, озера и рѣки должны были бы исчезнуть въ нѣдрахъ земли; да и самая земля совершенно была бы лишена способности удерживать воду на поверхности — всѣ ея пустоты были бы наполнены водой. Столь же мало обоснованными являются, по мнѣнію Кефферштейна, предположенія о томъ, что подземныя воды питаются морями или какимъ либо центральнымъ воднымъ бассейномъ, находящимся въ нѣдрахъ земли. А разъ такъ, разъ подземныя воды не могутъ проникать съ поверхности, не могутъ также происходить изъ какого либо неисчерпаемаго центральнаго воднаго источника, то остается лишь одна возможность, а именно, что подземныя воды возникаютъ въ самомъ мѣстѣ выхода ихъ на земную поверхность и въ томъ самомъ видѣ, въ какомъ являются нашимъ взорамъ, со всѣми ихъ неизмѣнными свойствами количества, качества и температуры, твердыхъ и жидкихъ примѣсей. Кефферштейнъ пытается доказать, что всѣ горныя породы надѣлены способностью впитывать воздухъ, который ими абсорбируется и подвергается своеобразнымъ измѣненіямъ, лишаясь кислорода; въ горахъ довольно часто можно наблюдать выдѣленіе изъ трещинъ такого видоизмѣненнаго испорченнаго воздуха. Слѣдствіемъ этого процесса является значительная потеря кислорода. Но такъ какъ простымъ механическимъ воздѣйствіемъ породъ такого отнятія кислорода объяснить нельзя, то приходится думать, что мы имѣемъ дѣло съ особой свойственной горнымъ породамъ внутренней силой, что земная кора надѣлена способностью всасывать воздухъ и лишать его кислорода. Такъ какъ, далѣе, земля непрерывно выдѣляетъ большія количества газовъ, углекислоты, водорода и азота, часто съ примѣсью водяныхъ паровъ, то, очевидно, всасываніе атмосферы и выдѣленіе измѣненнаго испорченнаго воздуха составляютъ различныя стадіи одного и того же процесса; а такъ какъ, по мнѣнію Кефферштейна, подземныя воды не возникаютъ изъ просачивавшейся сверху воды и, слѣдовательно, образовались въ самой землѣ, то непосредственное сосѣдство ихъ съ безкислородными газами, образую-

зданныя, дѣйствуютъ при этомъ подобно глинистымъ: вода стекаетъ по нимъ; иное отношеніе у породъ вторичнаго происхожденія, которыя поглощаютъ воду, собирая ее въ своихъ скважинахъ, и обусловливаютъ образованіе обильныхъ источниковъ на земной поверхности. Свойствами непроницаемыхъ глинистыхъ пластовъ легко объясняется дѣйствіе т. наз. артезіанскихъ колодцевъ; въ то же время есть причины, по которымъ можно полагать, что часть поглощенной землею атмосферной воды, попадая въ сосѣдство подземныхъ вулкановъ, испаряется и даетъ начало горячимъ источникамъ. Вотъ сущность построеній Де-ла-Метри.

Когда новой теоріи происхожденія подземной воды было дано такое прочное и всестороннее обоснованіе, въ началѣ прошлаго столѣтія нашелся ученый, который снова вышелъ на защиту фантастическихъ представленій Кеплера о жизненныхъ функціяхъ земли.

Это былъ Христіанъ Кефферштейнъ. 22 февраля 1821 г. въ Обществѣ естествоиспытателей города Галле имъ былъ сдѣланъ докладъ, напечатанный позднѣе, въ 1827 году, въ детальной разработкѣ, подъ названіемъ „Опытъ новой теоріи источниковъ, въ частности — соленыхъ“, въ 5 томѣ издававшагося авторомъ журнала „Германія въ геологическомъ отношеніи“. Ученый авторъ, имѣющій, впрочемъ, важныя заслуги въ области геологическихъ изслѣдованій, самымъ рѣшительнымъ образомъ отвергаетъ теорію источниковъ Маріотта, давно признанную большинствомъ ученыхъ, и даетъ новую теорію, о которой говоритъ, что она отнюдь не явилась плодомъ досужей фантазіи или спекулятивнаго умозрѣнія, а наоборотъ — продиктована самой природой, послѣ тщательнаго изслѣдованія и безпристрастнаго наблюденія ея явленій.

Господствующія воззрѣнія своего времени, раздѣляемыя значительнымъ большинствомъ натуралистовъ, особенно физиками, онъ резюмируетъ слѣдующимъ образомъ: подземныя воды и источники обязаны своимъ происхожденіемъ единственно атмосферным осадкамъ, проникающимъ въ почву подъ дѣйствіемъ силы тяжести черезъ поры, скважины, трещины, которыя разсматриваются въ качествѣ одного изъ колѣнъ гидростатической трубки; просочившаяся вода стекаетъ по наклоннымъ непроницаемымъ пластамъ и выходитъ на поверхность черезъ другія трещины и скважины, соотвѣтствующія второму колѣну гидростатической трубки, подчиняясь гидростатическому закону, по которому однородныя жидкости въ колѣнахъ сообщающихся сосудовъ стоятъ одинаково высоко, независимо отъ формы, емкости и положенія послѣднихъ. Кефферштейнъ вооружается противъ всѣхъ

щимися въ землѣ, заставляетъ предположить, что подземныя воды и подземные газы являются продуктами одного и того же процесса. Этотъ процессъ не только аналогиченъ дыханію живыхъ организмовъ, но его непосредственно слѣдуетъ разсматривать какъ дѣйствительное дыханіе земли. Какъ у животныхъ и растеній вся поверхность ихъ тѣла принимаетъ участіе въ обмѣнѣ веществъ, всасывая атмосферный воздухъ и выдѣляя водяные пары, углекислоту и азотъ, такъ точно дышитъ и земля, выдѣляя воду въ видѣ побочнаго продукта. Хотя въ процессѣ дыханія участвуетъ вся земная поверхность, нѣкоторыя части ея, однако, надѣлены спеціальными функціями, чѣмъ и объясняются различія, наблюдаемыя въ составѣ конечныхъ продуктовъ обмѣна веществъ. Но превращеніе атмосфернаго воздуха въ углекислоту и воду Кефершгейнъ отнюдь не считаетъ слѣдствіемъ химическихъ взаимодѣйствій, но процессомъ взаимнаго превращенія элементовъ, и высказываетъ ту мысль, что это явленіе, обозначаемое имъ какъ generatio aequivoca земли, вызывается особой таинственной силой, одинаково присущей какъ животнымъ и растеніямъ, такъ и исполинскому тѣлу земли. Основываясь на равномѣрности химическаго состава отдѣльныхъ источниковъ, авторъ идетъ еще дальше въ своихъ выводахъ. Онъ говоритъ: азотная кислота и амміакъ состоятъ изъ элементовъ воздуха; изъ воздуха, слѣдовательно, могутъ получаться какъ кислоты, такъ и основанія; далѣе, животный организмъ, кромѣ углекислоты и воды, непрерывно вырабатываетъ изъ воздуха цѣлый рядъ химическихъ соединеній, особенно щелочи; отсюда слѣдуетъ предположеніе, что и земля въ различныхъ органахъ своихъ можетъ производить разнообразнѣйшія соли перемѣннаго состава; постоянство и непрерывность функцій отдѣльныхъ частей земного тѣла обусловливаетъ неизмѣняемость состава воды источниковъ. Что же касается непостоянства силы источниковъ, которое предубѣжденный изслѣдователь легко можетъ поставить въ прямую зависимость отъ количества атмосферныхъ осадковъ, то это наблюденіе, въ общемъ правильное, слѣдуетъ объяснять какъ разъ наоборотъ: всякое измѣненіе во внутренней атмосферѣ, несравненно болѣе обширной, тотчасъ же отражается на наружной; всякое усиленіе жизнедѣятельности органовъ земли, вызывая усиленное образованіе подземныхъ водъ, вліяетъ, въ то же время, непосредственно и живѣйшимъ образомъ на наружную атмосферу, вызывая увеличеніе количества атмосферныхъ осадковъ на земной поверхности. Дѣятельностью органовъ земли авторъ пытается объяснить даже землетрясенія и различныя проявленія вулканическихъ силъ: если органы земли функціонируютъ на

большой глубинѣ или покрыты большими массами плотныхъ породъ, то происходитъ накопленіе продуктовъ ихъ дѣятельности, температура повышается, вода превращается въ паръ, камни растворяются и плавятся, давленіе становится чрезмѣрнымъ, слѣдуютъ землетрясенія, разрывы, извергается лава, возникаютъ вулканы.

Сторонниками и продолжателями ученія Кеферштейна были Мейнеке, Шпиндлеръ и профессоръ Мюллеръ изъ Силезіи, но спеціалистами оно было отвергнуто, а Берцеліусъ иронически замѣчаетъ, что земля должна имѣть изрядное количество почекъ, чтобы питать все безчисленное множество источниковъ.

Всего 30 лѣтъ назадъ появился новый противникъ теоріи Маріотта, ополчившійся весьма энергично на, яко бы, догматическую вѣру въ атмосферное происхожденіе подземныхъ водъ. На XVIII общемъ съѣздѣ союза германскихъ инженеровъ д-ръ Отто Фольгеръ въ докладѣ „Научное рѣшеніе воднаго вопроса, въ частности вопроса объ источникахъ“ высказался въ томъ смыслѣ, что положенію Петтенкофера „вся подземная вода — изъ дождевой“ слѣдуетъ противопоставить такое: „Нѣтъ подземной воды, происшедшей изъ дождевой“. Призвавъ свидѣтели правильности своихъ построеній всѣхъ извѣстныхъ намъ ученыхъ древности и среднихъ вѣковъ, начиная съ Сенеки и кончая Де-ла-Гиромъ, Фольгеръ приходитъ къ необходимости отвергнуть господствующую теорію и замѣнить ее новою. Новая же его теорія состоитъ въ утвержденіи, что вся подземная вода происходитъ исключительно путемъ конденсаціи водяныхъ паровъ. Богатый водяными парами теплый воздухъ наружной атмосферы проникаетъ внутрь земли, слѣдуя колебаніямъ атмосфернаго давленія, охлаждается въ глубокихъ горизонтахъ и выдѣляетъ тамъ излишекъ воды. Противниками теоріи Фольгера были Ганнъ и Вольни: но въ новѣйшее время она встрѣтила признаніе со стороны Кенига, Гедике и др. и пріобрѣла не мало сторонниковъ заграницей, напр., въ Россіи (ср. слѣд. главу).

ГЛАВА 15.

Теоріи подземныхъ водъ.

Въ историческомъ обзорѣ предыдущей главы было отмѣчено, что въ настоящее время имѣются двѣ теоріи происхожденія подземныхъ водъ, которыя кратко могутъ быть обозначены, какъ

а) инфильтраціонная теорія,

б) конденсаціонная теорія.

Вода, падающая на землю въ видѣ дождя, снѣга, инея и росы, подвергается троякой участи:

а) часть воды испаряется и возвращается въ атмосферу;

б) другая — тотчасъ же стекаетъ по земной поверхности въ рѣки;

в) третья — поглощается почвой.

Когда-то думали, что на каждую изъ этихъ трехъ категорій приходится по одной трети всего количества выпадающихъ осадковъ; но это мнѣніе, не искорененное еще и понынѣ, совершенно невѣрно. Чтобы выяснить это, займемся болѣе подробнымъ разсмотрѣніемъ имѣющихся въ нашемъ распоряженіи числовыхъ данныхъ.

Допустимъ, что подземныя воды находятся въ состояніи равновѣсія и, слѣдовательно, убыль равняется прибыли; ясно, что въ такомъ случаѣ количество воды, выносимое рѣками въ море, должно равняться общему количеству воды двухъ послѣднихъ категорій (б и в), за вычетомъ воды, испарившейся съ поверхности рѣкъ. Опредѣливъ для каждой рѣчной системы общее годичное количество осадковъ и количество воды, вынесенной за годъ въ море, мы, по разности обоихъ чиселъ, найдемъ общее количество испарившейся и возвратившейся въ атмосферу воды. Величина испаренія въ разныхъ странахъ опредѣляется различными факторами: въ одномъ случаѣ абсолютнымъ количествомъ осадковъ, въ другомъ — температурными условіями, въ третьемъ — среднимъ недостаткомъ насыщенія воздуха, т. е. разностью между дѣйствительнымъ и предѣльнымъ содержаніемъ водяныхъ паровъ въ атмосферѣ. Значительное испареніе осадковъ происходитъ также въ холодное время года и въ холодныхъ климатахъ, въ чемъ не трудно убѣдиться, если во время продолжительныхъ морозовъ наблюдать за состояніемъ снѣжнаго покрова; снѣгъ все болѣе утоняется и, въ концѣ концовъ, исчезаетъ совершенно, очевидно, безъ предварительнаго перехода въ жидкое состояніе.

Кромѣ того, на величину испаренія оказываетъ вліяніе характеръ растительнаго покрова. Испареніе увеличивается съ увеличеніемъ смачиваемой поверхности. Въ лиственномъ лѣсу, напр., дождевыя капли. чтобы попасть на землю, должны проникнуть черезъ всю чащу листвы; и при слабомъ дождѣ легко можетъ случиться, что вся выпавшая влага будетъ задержана листьями и испарится, не достигнувъ земли. Въ хвойномъ лѣсу, вслѣдствіе своеобразной формы облиственія, задерживается уже не столь значительное количество осадковъ: здѣсь обезпечено болѣе быстрое стеканіе воды съ деревьевъ и увлажненіе почвы даже

а) Инфильтраціонная теорія выставляетъ то общее положеніе, что вся совокупность подземной воды происходитъ изъ атмосферныхъ осадковъ, проникающихъ въ почву, питающихъ и пополняющихъ подземныя воды. Атмосферные осадки бываютъ жидкіе — въ видѣ дождя и росы, и твердые — въ видѣ снѣга, града и инея. Общая масса выпадающей на материкахъ воды составляетъ за годъ 122500 куб. кил., которые приходятся на общую площадь въ 145.000.000 кв. кил., что, при равномѣрномъ распредѣленіи по поверхности суши, дало бы, въ среднемъ за годъ, слой воды толщиною въ 850 мм. Но такое среднее годовое количество атмосферныхъ осадковъ наблюдается лишь рѣдко на земной поверхности; вообще же оно колеблется очень рѣдко по отдѣльнымъ странамъ, и въ этомъ отношеніи наблюдаются всѣ переходы, начиная съ пустынь, гдѣ дождя нужно ждать годами, и кончая такими странами, какъ Ассамъ, гдѣ за годъ выпадаетъ до 12000 мм. осадковъ. Даже въ предѣлахъ Европы замѣчаются очень крупныя различія: въ юговосточной Россіи къ сѣверу отъ Кавказа и въ области Каспійскаго моря осадковъ имѣется всего лишь 110—120 мм., между тѣмъ какъ въ нѣкоторыхъ дождливыхъ мѣстностяхъ Европы, напр., въ Шотландіи или въ Севеннахъ, количество осадковъ доходитъ до 3400 мм. за годъ. Для сѣверной Германіи минимумъ равенъ 400—500 мм. (нижнее теченіе рѣкъ Одера и Заалы, Познань, восточная Пруссія), максимумъ 800—900 мм. — въ Силезіи. Въ западной и южной Германіи минимальное количество осадковъ наблюдается по среднему теченію Рейна отъ Мангейма до городовъ Кобленцъ и Гиссенъ, въ области рѣки Майнъ между городами Вюрцбургъ и Кобургъ и въ области Дуная и Донаувёртъ (меньше 600). Распредѣленіе атмосферныхъ осадковъ обусловлено, далѣе, закономѣрной зависимостью между положеніемъ надъ уровнемъ моря и количествомъ осадковъ. На Брокенѣ, напр., количество осадковъ въ два — три раза больше, чѣмъ въ сосѣднихъ областяхъ у подножія Гарца; на вершинахъ Шварцвальда и Вогезъ осадковъ выпадаетъ въ три раза больше, нежели въ долинѣ Рейна. Подобныя рѣзкія колебанія имѣютъ, разумѣется, огромное значеніе для питанія подземныхъ водъ. Весьма наглядное представленіе о распредѣленіи атмосферныхъ осадковъ даютъ спеціальныя карты, изъ которыхъ для Германіи особенно горячо можно рекомендовать карту Гельмана[1]).

---

1) Regenkarte von Deutschland auf Grund zehnjähriger Beobachtungen (1893—1902) von 3000 Stationen entworfen von G. Hellmann. Massstab 1 : 1.800.000. Berlin 1906, bei Dietrich Reimer (Ernst Vohsen).

имѣются для рѣки Заалы. Для нея, по даннымъ Уле[1]), на просачиваніе и открытый стокъ приходится по 15%, на испареніе

Положеніе устья	Названіе рѣки	Площадь питанія въ англійскихъ □ мил.	Годичн количество осадковъ въ англійскихъ куб. м.	Годичный стокъ въ море въ англ. куб. м.	Просачиваніе и открытый стокъ въ %	Испареніе въ %
50—60° N	Рейнъ	32 600	19,500	10,100	51,8	48,2
	Одеръ	51 100	14,700	2,500	17,0	83,0
	Нѣманъ	36 450	10,355	3,783	26,5	63,5
	Висла	65 800	19,908	5,657	28,3	71,7
40—50° N	Ст. Лоренцъ . . .	565 200	338,967	87,312	25.8	74,2
	Дунай	320 300	198,736	67,511	33,9	66,1
	По	27 100	23,887	13,322	55,7	44,3
	Волга	592 300	152,384	43,736	28,8	71,2
	Сена	23 250	10,266	5,469	53,3	46,7
	Рона	34 850	22,439	14,066	62,7	37,3
	Днѣпръ	197 450	56,093	22,195	39,5	60,5
	Луара	42 600	18,218	7,818	42,9	57,1
	Днѣстръ	30 950	8,792	3,274	37,2	62,8
30—40° N	Янгъ-тзе-кіангъ .	689 100	408,872	125,043	30,6	69,4
	Хоанхо	387 150	117,711	28,591	24,3	75,7
	Нилъ	1 293 050	892,120	24,334	2,7	97,3
	Пей-хо	65 000	22,354	1,650	7,3	92,7
20—30° N	Миссисипи . .	1 285 300	673,064	125,603	18,6	81,4
	Рio Гранде . . .	232 300	113,655	12,676	11,2	88,8
	Индъ	360 050	104,416	26,032	25,0	75,0
	Гангъ	588 450	548,791	43,263	6,9	93,1
10—20° N	Магдалена . . .	92 900	116,746	59,451	51,0	49,0
	Иравади	181 950	180,849	82,299	45,5	54,5
	Кистна	81 300	61,025	14,776	24,1	75,9
	Годавери	154 850	95,924	16,841	17,5	82,5
0—10° N	Ориноко	429 700	603,397	122,242	20,2	79,8
экваторъ	Амазонка	2 229 900	2 833,830	527,951	18,6	81,4
0—10° S	Санъ-Франциско .	212 909	218,459	22,197	10,2	89,8
	Конго	1 540 800	1 213,044	419,291	34,5	65,5
20—30° S	Оранжевая . . .	267 150	50,913	21,875	43,1	56,9
30—40° S	Олифантъ	14 300	2,472	0,679	27,4	72,6
	Рio де ла Плата .	994 900	904,687	188,740	20,8	79,2
	Уругвай	151 000	130,890	32,136	24,4	75,5
Среднее					**20,9**	**79,1**

— 70%. Здѣсь, какъ и во всѣхъ прочихъ случаяхъ, въ категорію испаренія включенъ также расходъ воды органическимъ міромъ.

1) W. Ule, Zur Hydrographie der Saale. „Forschungen zur deutschen Landes- u. Völkerkunde,“ Bd X, 1897, S 1—55.

при слабыхъ осадкахъ. Слѣдовательно, въ хвойномъ лѣсу на категорію испаренія приходится меньшій процентъ, нежели въ лиственномъ. Поля и луга, густо отѣняя почву, хорошо сохраняютъ имѣющуюся въ почвѣ воду, но, съ другой стороны, имѣя большую поверхность смачиванія, задерживаютъ большія количества выпадающихъ осадковъ, а при слабыхъ осадкахъ даже всю выпадающую влагу. Не то — на черномъ пару: здѣсь вся влага попадаетъ непосредственно въ почву, но, за полнымъ отсутствіемъ отѣненія, значительный процентъ ея тотчасъ-же снова испаряется. И такъ, мы видимъ, что условія прониканія въ почву атмосферныхъ осадковъ рѣзко измѣняются въ зависимости отъ времени года: лиственный лѣсъ зимой — и лѣтомъ, пашня въ пару — и покрытая растительностью, лугъ скошенный — и нескошенный представляютъ различныя условія. На величину испаренія оказываетъ также *сильное* вліяніе то обстоятельство, приходится ли главная масса осадковъ на такое время года, когда средній недостатокъ насыщенія воздуха наименьшій, или на такое, когда онъ наибольшій, ибо въ первомъ случаѣ испарится гораздо большее количество осадковъ, нежели во второмъ. Далѣе, не лишенъ значенія характеръ выпаденія осадковъ, а именно, продолжительность, сила и частота ихъ. При ливняхъ процентъ испаренія выше, чѣмъ при затяжныхъ дождяхъ средней силы. И такъ, мы видимъ, что на величину испаренія выпадающей влаги оказываютъ вліяніе самыя разнообразныя условія.

Для большихъ областей величину испаренія можно приблизительно опредѣлить путемъ сравненія количества осадковъ съ величиною стока въ море. Мёррэй [1]) опредѣлилъ площадь питанія, количество осадковъ и величину стока въ море для тридцати трехъ наиболѣе крупныхъ рѣкъ земного шара.

Полученные имъ результаты воспроизведены въ нижеслѣдующей таблицѣ. Двѣ послѣднія графы добавлены нами и показываютъ въ $^0/_0$ величину испаренія для каждой рѣчной системы.

Въ пяти случаяхъ получилось меньше $50^0/_0$, въ трехъ случаяхъ $50—60^0/_0$, въ шести случаяхъ $60—70^0/_0$, въ десяти случаяхъ $70—80^0/_0$, въ шести случаяхъ $80—90^0/_0$, въ трехъ — больше $90^0/_0$. Даже при наиболѣе благопріятныхъ условіяхъ — въ долинѣ Роны — испареніе все же выше $^1/_3$. Если взять среднее для всѣхъ 33 рѣчныхъ системъ, занимающихъ громадное пространство суши, то получится $79{,}1^0/_0$, т. е. почти $^4/_5$!

Изъ числа германскихъ рѣкъ подробныя изслѣдованія

---

1) Scottish Geogr. Magazine 1887.

И такъ, величина испаренія подвержена значительнымъ колебаніямъ. Почти $^4/_5$ (но отнюдь не $^1/_3$, какъ учитъ старое ученіе) всего количества осадковъ, равнаго 122500 куб. кил., переходитъ обратно въ атмосферу непосредственно послѣ своего выпаденія, совершая нѣкоторый малый круговоротъ воды, и лишь одна пятая поступаетъ въ общій большой круговоротъ воды, стекая въ рѣки и затѣмъ въ море. Но и эти $20^0/_0$ идутъ не цѣликомъ на питаніе подземныхъ водъ: нужно вычесть массу воды, стекающей поверхностно въ рѣки, процентъ которой, разумѣется, подверженъ значительнымъ колебаніямъ въ зависимости отъ геологическихъ свойствъ верхняго почвеннаго своя и отъ рельефа мѣстности. На совершенно горизонтальной поверхности стокъ дождевой воды невозможенъ: онъ происходитъ лишь при нѣкоторомъ минимальномъ уклонѣ. Въ горахъ условія несравненно болѣе благопріятны для поверхностнаго стока, нежели въ равнинѣ. Поэтому въ горахъ уже черезъ нѣсколько минутъ послѣ начала сильнаго дождя рѣки начинаютъ вздыматься, ручейки превращаются въ бурные потоки, но столь же быстро теряютъ опять свое водное богатство. Процентъ поверхностно стекающей воды въ горахъ очень великъ и также колеблется въ разныхъ мѣстахъ въ зависимости отъ большей или меньшей проницаемости верхнихъ слоевъ почвы. Въ горахъ съ непроницаемой глинистой почвой большая часть выпадающей воды стекаетъ тотчасъ же послѣ своего выпаденія; если же почва состоитъ изъ водопроницаемыхъ горныхъ породъ, каковы известнякъ и пористый песчаникъ, выпадающая вода очень быстро поглощается. Значительную роль здѣсь играетъ растительный покровъ. На склонахъ, лишенныхъ растительности, стеканіе воды облегчено чрезвычайно. При наличности растительнаго покрова въ видѣ луговъ или торфяниковъ происходитъ значительное поглощеніе. Въ равнинахъ, гдѣ уклоны, вообще, незначительны, различія въ условіяхъ стока тоже въ значительной степени обусловлены свойствами верхнихъ слоевъ почвы. Если они образованы такими породами, какъ лёссъ, гравій, гипсъ, известнякъ, мѣлъ, то они поглощаютъ всю выпадающую воду, и поверхностный стокъ сводится къ нулю; если же они состоятъ изъ непроницаемой глины, то даже при маломъ уклонѣ происходитъ значительный поверхностный стокъ, полная же горизонтальность вызываетъ образованіе болотъ. Совершенно невозможно точно опредѣлить, какая часть воды стекаетъ по поверхности и какая поглощается почвой, тѣмъ болѣе, что нужно считаться съ колебаніями по временамъ года. Одна и та же почва, приспособленная лѣтомъ къ поглощенію большихъ количествъ воды, зимою можетъ ока-

заться непроницаемой, и талыя воды и осадки будутъ либо стекать, либо испаряться. Образованіе размоинъ наблюдается иногда въ областяхъ съ легко проницаемой почвой, и невольно возникаетъ вопросъ о ихъ происхожденіи, возможномъ лишь при значительныхъ скопленіяхъ текучей воды. Не трудно, однако, рѣшить эту загадку, если имѣть въ виду, что размоины образуются весной въ періодъ таянія снѣговъ при замерзшей и, слѣдовательно, непроницаемой почвѣ, или при ливняхъ, когда осадки низвергаются въ такомъ количествѣ, что даже очень легко проницаемая почва не въ состояніи впитать ихъ достаточно быстро.

Мы располагаемъ только однимъ средствомъ, которое до нѣкоторой степени могло бы выяснить соотношеніе между стокомъ и поглощеніемъ: оно заключается въ сравненіи количества воды въ рѣкѣ при высокомъ, среднемъ и низкомъ стояніи воды. Высокое стояніе воды обусловлено значительнымъ поверхностнымъ стокомъ, низкое стояніе — полнымъ отсутствіемъ такового и сильнымъ уменьшеніемъ притока изъ подземныхъ водъ. Если предположить — на что имѣются достаточныя основанія — что подземныя воды находятся въ состояніи равновѣсія, что убыль ихъ черезъ источники и черезъ непосредственное, скрытое питаніе рѣкъ равна прибыли, то можно будетъ принять съ полною вѣроятностью, что водныя богатства рѣкъ при отсутствіи дождей получаются цѣликомъ изъ подземныхъ водъ. Въ нормальной средней водѣ все еще заключена нѣкоторая доля водъ поверхностнаго стока; въ минимальной низкой водѣ уже сказалось вліяніе уменьшившейся силы источниковъ. Думается, что мы не сдѣлаемъ значительной погрѣшности, если среднее между низкой и средней водой въ рѣкѣ примемъ за то количество воды, которое получается рѣками изъ подземныхъ водъ. Разность между этимъ среднимъ количествомъ воды и количествомъ воды, дѣйствительно вынесенной въ море, взятыми за годъ, и дастъ въ абсолютной цифрѣ ту долю общей массы атмосферныхъ осадковъ, которая стекаетъ въ рѣки поземной поверхности непосредственно послѣ выпаденія осадковъ.

Для нѣкоторыхъ рѣкъ уже имѣются соотвѣтственныя цифровыя данныя. Такъ, отношеніе количествъ воды при низкой и средней водѣ равно:

Для Рейна	у г. Граубюндена	1:70
„ „	у г. Базеля	1:14
„ „	по нижнему теченію .	1:7
„ Мозеля	выше г. Меца	1:98
„ Луары	. . . . .	1:312

И такъ, мы приходимъ къ слѣдующему общему выводу: изъ всего количества атмосферныхъ осадковъ больше половины, иногда даже больше трехъ четвертей, испаряется, значительно меньше одной четверти поглощается почвой, остатокъ стекаетъ въ рѣки по земной поверхности.

б) Конденсаціонная теорія. Эта теорія оспариваетъ, чтобы хоть одна капля подземной воды была обязана своимъ происхожденіемъ просачиванію атмосферныхъ осадковъ, и утверждаетъ, что пополненіе запасовъ подземной воды происходитъ исключительно путемъ конденсаціи водяныхъ паровъ подземной атмосферы. Она исходитъ изъ того общеизвѣстнаго факта, что атмосферный воздухъ, при нѣкоторой данной температурѣ, можетъ заключать лишь строго опредѣленное количество водяныхъ паровъ, увеличивающееся съ повышеніемъ температуры, и что воздухъ ненасыщенный при пониженіи температуры переходитъ въ состояніе насыщенія и выдѣляетъ излишекъ водяныхъ паровъ въ жидкомъ видѣ; вторымъ основаніемъ этой теоріи служитъ то обстоятельство, что земная поверхность не является границей атмосфернаго воздуха, что воздухъ, проникая въ почву, заполняетъ всѣ трещины и пустоты горныхъ породъ. Но такъ какъ повышеніе температуры начинается лишь съ извѣстной глубины и такъ какъ, вслѣдствіе температурныхъ и барометрическихъ колебаній и вслѣдствіе различій, по составу, между наружной и подземной атмосферой происходитъ живой, непрерывный обмѣнъ, то ясно, что теплый подземный воздухъ, богатый водяными парами, поднимаясь къ поверхности и попадая въ болѣе холодные горизонты, неминуемо долженъ выдѣлить часть водяныхъ паровъ въ жидкомъ видѣ. Въ нижеслѣдующей таблицѣ сопоставлены тѣ количества воды, которыя при разныхъ температурахъ могутъ заключаться въ одномъ куб. метрѣ воздуха при условіи его насыщенія, и тѣ количества воды, которыя должны выдѣлиться при пониженіи температуры на нѣкоторое число градусовъ.

Температура	-10^0	-5^0	0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0
Максимальное содержаніе водяныхъ паровъ въ 1 куб м.	2,3	3,4	4,9	6,8	9,4	12,7	17,1	22,8
При охлажденіи на 5^0 выдѣляются		1,1	1,5	1,9	2,6	3,3	4,4	5,7

И такъ, каждый куб. метръ насыщеннаго воздуха при охлажденіи съ 25^0 до 10^0 выдѣляетъ 13,4 гр. воды, а для конденсаціи

1 литра воды при тѣхъ же условіяхъ потребовалось бы, слѣдовательно, охлажденіе 75 куб. литр. воздуха. Подъ земною поверхностью происходитъ тотъ же процессъ сгущенія и ожиженія водяныхъ паровъ, какой на поверхности мы наблюдаемъ въ такихъ явленіяхъ, какъ образованіе росы, инея, потѣніе оконныхъ стеколъ въ нашихъ жилищахъ. Для поясненія этого способа образованія жидкой воды Гедике[1]) прибѣгъ къ слѣдующему простому и наглядному опыту.

На чашку достаточно чувствительныхъ вѣсовъ ставится стеклянный или жестяной цилиндръ, наполненный сухимъ пескомъ или какимъ-либо аналогичнымъ матеріаломъ. Температура въ цилиндрѣ во время опыта должна быть возможно низкой. Съ этой цѣлью въ цилиндрѣ помѣщается змѣевикъ, который посредствомъ гибкой трубочки соединенъ съ резервуаромъ, наполненнымъ охладительной смѣсью. Подъ выводной конецъ змѣевика помѣщается стаканчикъ. Три термометра показываютъ температуру охладительной смѣси, содержимаго цилиндра и воды, вытекающей изъ холодильника. Количество конденсированной воды узнается по отклоненію чашекъ вѣсовъ. При объемѣ цилиндра въ 5 куб. дм., можно при благопріятныхъ условіяхъ получить до 4 гр. воды въ часъ — количество, вполнѣ достаточное для того, чтобы во время лекціи доказать наличность конденсаціи водяныхъ паровъ.

Въ этомъ опытѣ особый интересъ представляетъ энергичное явленіе диффузіи[2]). Дно цилиндра должно удерживать песокъ и въ то же время предоставлять воздуху достаточный доступъ вовнутрь. Поэтому оно устроено тройное: изъ двухъ металлическихъ сѣтокъ — крупной и мелкой — и изъ деревяннаго кружка съ отверстіями. Черезъ такія перегородки воздухъ внутри цилиндра долженъ сообщаться съ наружнымъ; и, не смотря на это, благодаря диффузіи, влажность воздуха внутри цилиндра непрерывно компенсируется наружнымъ, по мѣрѣ хода конденсаціи.

Пояснимъ это небольшимъ примѣромъ. Пусть 10^0 будетъ точкой росы комнатнаго воздуха, т. е., воздухъ, охлажденный до 10^0, начинаетъ выдѣлять жидкую воду; при наружной температурѣ въ 10^0 началось бы, слѣдовательно, потѣніе оконъ. По таблицѣ, воздухъ при такихъ условіяхъ содержитъ 9,4 гр. воды

---

1) H. Haedicke, Die Entstehung des Grundwassers. „Bayr. Industrie- und Gewerbeblatt“ 1907.

2) По этому поводу интересныя соображенія высказываетъ Мецгеръ — Metzger, Die Dampfkraft als Ursache der Grundwasserbildung.

холодными воздушными слоями, которые и поглощаютъ выдѣляющееся при образованіи паросферической влаги тепло. Этимъ самымъ устраняется возраженіе, сдѣланное противъ теоріи Фольгера объ образованіи подземныхъ водъ изъ водяныхъ паровъ атмосферы, и дальнѣйшему развитію его идей ничто уже не мѣшаетъ. Осажденіе и сжиженіе паровъ уже не связано ни съ какими тепловыми эффектами и приведено въ зависимость лишь отъ величины и количества висящихъ въ воздухѣ частицъ паросферической влаги, и, за непрерывностью процесса, также отъ его продолжительности. Выпаденіе осадковъ въ видѣ дождя не оказываетъ при этомъ никакого вліянія и дѣйствуетъ совершенно самостоятельно. Въ нашихъ климатахъ оно протекаетъ параллельно съ образованіемъ осадковъ въ самой почвѣ. Смѣшеніе общихъ эффектовъ тѣмъ болѣе возможно, что и тотъ и другой ведутъ къ образованію подземныхъ водъ. Которому изъ нихъ слѣдуетъ приписать преобладающее значеніе, — это въ значительной степени зависитъ отъ мѣстныхъ условій, а при текущихъ водахъ совершенно невозможно какое бы то ни было различеніе“.

Стало быть, для подземной конденсаціи водяныхъ паровъ воздуха, происходящей непрерывно и независимо отъ температурныхъ колебаній, особенно пригодны породы мелко пористыя и проницаемыя Слѣдуетъ при этомъ имѣть въ виду также то наблюденіе, что при влажномъ воздухѣ, т. е. при маломъ среднемъ недостаткѣ насыщенія воздуха или когда онъ равенъ нулю, нѣкоторыя породы, напр., камни мостовой, стѣны домовъ и т. п., покрываются влагою, между тѣмъ какъ другія остаются совершенно сухими.

Нельзя не отмѣтить односторонности приверженцевъ обѣихъ изложенныхъ теорій. Совершенное исключеніе одной изъ теорій послѣдователями другой является, очевидно, недоразумѣніемъ. Мы знаемъ слишкомъ хорошо, что вода можетъ проникать въ почву или образоваться въ ней какъ тѣмъ, такъ и другимъ путемъ. Вопросъ, стало быть, идетъ лишь о томъ, чтобы опредѣлить относительное участіе обоихъ процессовъ, чтобы выяснить, какой способъ образованія подземной воды преобладаетъ въ каждой отдѣльной области.

Въ сильно раздробленныхъ известковыхъ и песчаниковыхъ горахъ наблюдается мгновенное прониканіе въ почву всѣхъ выпадающихъ осадковъ. Поэтому здѣсь поверхностный стокъ не играетъ большой роли, и испареніе можетъ происходить лишь въ теченіе короткаго времени. Въ такихъ горахъ, слѣдовательно, чрезвычайно большой процентъ выпадающихъ осадковъ приходится на непосредственное питаніе подземныхъ водъ. Съ другой

въ одномъ куб. метрѣ. Если температура песчанаго цилиндра равна, положимъ, 7^0, то влажность заключеннаго въ немъ воздуха выразится, по таблицѣ, 7,5 гр. Каждый куб. метръ воздуха долженъ, слѣдовательно, отдать 9,4—7,5 = 1.9 гр. воды, такъ какъ при 7^0 онъ можетъ заключать лишь 7,5 гр. Но объемъ песчанаго цилиндра равенъ лишь 5 куб. дм. При объемѣ поръ въ $40^0/_0$, что соотвѣтствовало бы величинѣ песчанаго зерна въ 1 мм., объемъ воздуха въ цилиндрѣ равнялся бы $0.4 \times 5 = 0{,}2$ куб. дм. = 0,0002 куб. м., которые могли бы выдѣлить воды лишь $0{,}0002 \times 1{,}9 = 0{,}00038$ гр. А для образованія 4 гр. воды, которое наблюдалось при опытѣ, понадобился бы, слѣдовательно, объемъ воздуха, превышающій объемъ цилиндра въ 11000 разъ, т. е. 2,1 куб. м. воздуха, которые и должны были проникнуть въ цилиндръ путемъ диффузіи. Можно этотъ разсчетъ сдѣлать и такъ: чтобы при соотвѣтственныхъ условіяхъ температуры и влажности получить 4 гр. воды, необходимо воздуха $\frac{4}{1.9} = 2.1$ куб. метровъ.

Въ новѣйшее время проф. Мейденбауеръ[1]) въ Годесбергѣ, признавая выдающееся значеніе конденсаціонной теоріи. сдѣлалъ попытку устранить слабыя стороны теоріи Фольгера, существованіе которыхъ отрицать нельзя, слѣдующимъ предположеніемъ: по его мнѣнію, влажность воздуха обусловливается не водяными парами въ собственномъ смыслѣ, но такъ наз. паросферической влагой, частицы которой имѣютъ шарообразную форму и состоятъ изъ жидкой воды; по изслѣдованіямъ Асмана и др., тучи состоятъ именно изъ такой паросферической влаги, съ діаметромъ частицъ отъ 0,02 до 0,006 мм. Вслѣдствіе взаимнаго отталкиванія, онѣ висятъ въ воздухѣ въ свободномъ состояніи; но попадая съ воздухомъ въ почву и покрывая тонкимъ слоемъ мельчайшія частицы почвы, онѣ при извѣстномъ сближеніи этихъ частицъ сливаются и образуютъ жидкую воду. Въ упомянутомъ сочиненіи авторъ пишетъ слѣдующее:

„Скопленіе водяныхъ шариковъ и образованіе влаги и жидкой воды обусловлено формой промежутковъ между частицами пористыхъ тѣлъ. Связанное съ переходомъ газа въ капельно жидкое состояніе выдѣленіе тепла уже совершилось заранѣе, при самомъ возникновеніи паросферической влаги, которое обусловлено охлажденіемъ воздуха, содержащаго водяные пары; охлажденіе можетъ быть вызвано либо излученіемъ тепла, либо встрѣчей съ болѣе

---

1) Die Entstehung des Grundwassers. „Zeitschr. des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine“, Jahrg 1, № 5, 1912. S. 41.

стороны, имѣется рядъ примѣровъ того, что процессъ конденсаціи водяныхъ паровъ дѣйствительно происходитъ въ нѣкоторыхъ пещерахъ. Лучшимъ примѣромъ этому могутъ служить извѣстныя ледяныя пещеры, ледяной приростъ которыхъ цѣликомъ покоится на этомъ процессѣ. Если же мы захотѣли бы установить относительныя количества подземной воды, обязанныя своимъ происхожденіемъ тому или иному явленію, мы натолкнулись бы на чрезвычайныя затрудненія, такъ какъ въ этомъ отношеніи какія либо точныя измѣренія пока невозможны.

Исключительному примѣненію теоріи инфильтраціи противорѣчитъ, далѣе, то наблюденіе, что иногда уровень грунтовыхъ водъ поднимается даже при отсутствіи дождей, если только предшествовалъ болѣе или менѣе продолжительный періодъ пасмурной погоды съ высокой степенью насыщенія воздуха. Ясно, что въ этомъ случаѣ условія чрезвычайно благопріятны для конденсаціи и совершенно неблагопріятны для инфильтраціи, и что повышеніе уровня грунтовыхъ водъ въ такіе періоды говоритъ чрезвычайно сильно въ пользу участія конденсаціи въ образованіи подземныхъ водъ.

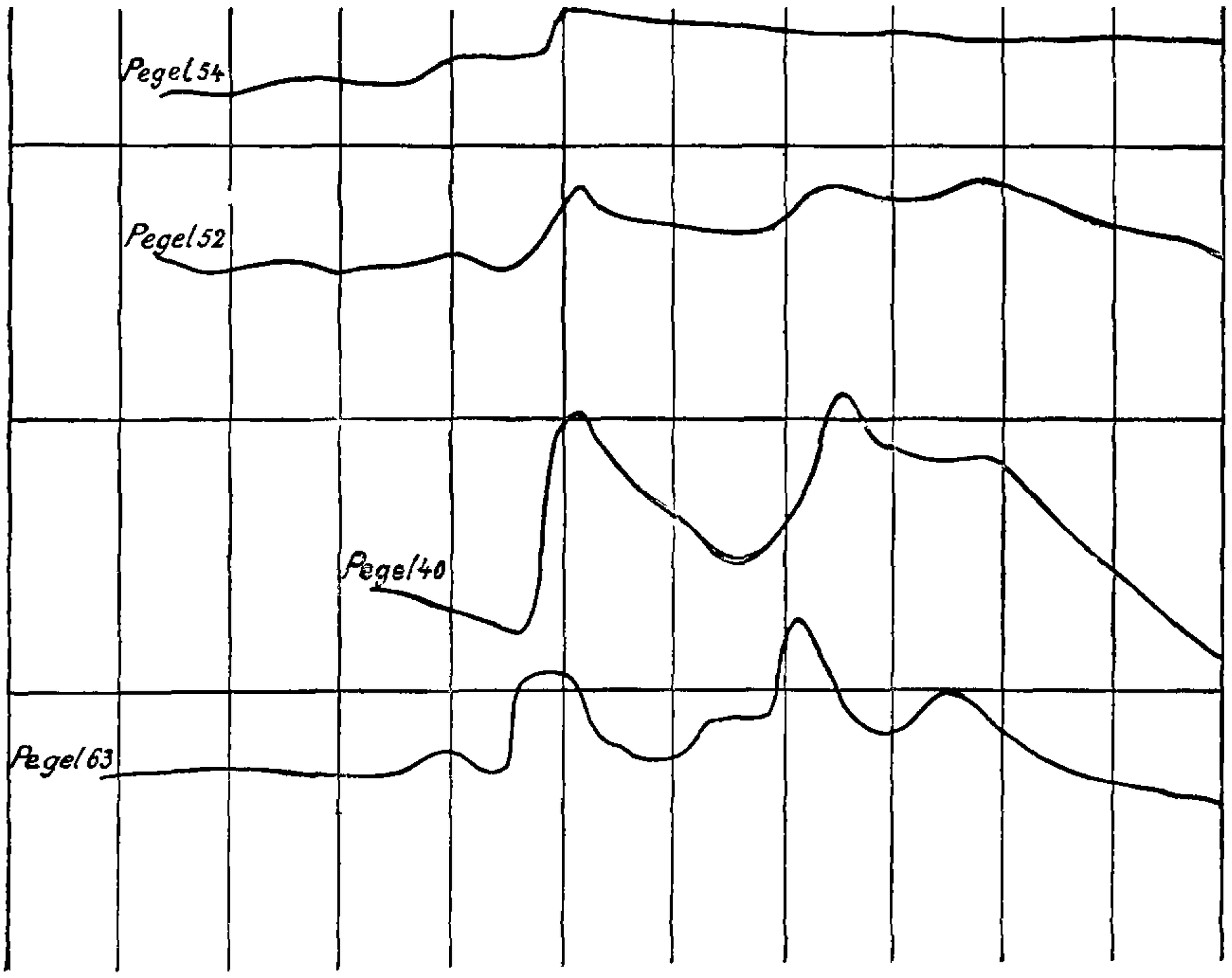
Третьимъ, не менѣе важнымъ, обстоятельствомъ является слѣдующее: во многихъ случаяхъ было вычислено, что въ нѣкоторыхъ районахъ рѣчной стокъ по количеству превышаетъ общую массу выпадающихъ на площади питанія рѣки осадковъ, или приближается къ ней настолько, что для испаренія и для расходованія влаги растительнымъ міромъ остается слишкомъ малый остатокъ. Такъ, напр., Интце удалось установить, что въ Реймшейдской тѣснинѣ, обнимающей площадь питанія въ 4,5 кв. кил., рѣчной стокъ превышаетъ общее количество атмосферныхъ осадковъ [1]), а Штилле показалъ, что дебитъ Падерскихъ источниковъ настолько мало отстаетъ отъ общей массы выпадающихъ на ихъ площади питанія атмосферныхъ осадковъ, что разность оказывается совершенно недостаточной для минимальной, по разсчету, величины испаренія. При этомъ площадь питанія Падерскихъ источниковъ настолько рѣзко отграничена, что совершенно исключена возможность какого либо непредвидѣннаго притока воды изъ сосѣднихъ областей, не вошедшихъ въ разсчетъ. Но такъ какъ испареніе, какъ это было показано выше, предъявляетъ довольно значительные запросы на воду, то оказывается дефицитъ, объяснимый лишь наличностью какого либо другого способа образованія подземныхъ водъ. Проф. Штилле

---

1) Въ мартѣ 1888 г. осадковъ выпало 762300 куб. м., между тѣмъ какъ величина стока опредѣлилась въ 800630 куб. м.

нѣтъ еще точныхъ данныхъ для количества атмосферныхъ осадковъ и величины стока.

Не лишено также значенія и то наблюденіе, что иногда на значительномъ пространствѣ происходитъ быстрое повышеніе уровня грунтовыхъ водъ въ теченіе нѣсколькихъ дней, не явившееся слѣдствіемъ ни выпаденія атмосферныхъ осадковъ, ни притока воды со стороны. Мы, напр., наблюдали въ Нидерлаузицѣ такое быстрое поднятіе грунтовыхъ водъ, которое совершенно точно было установлено посредствомъ буровыхъ скважинъ на



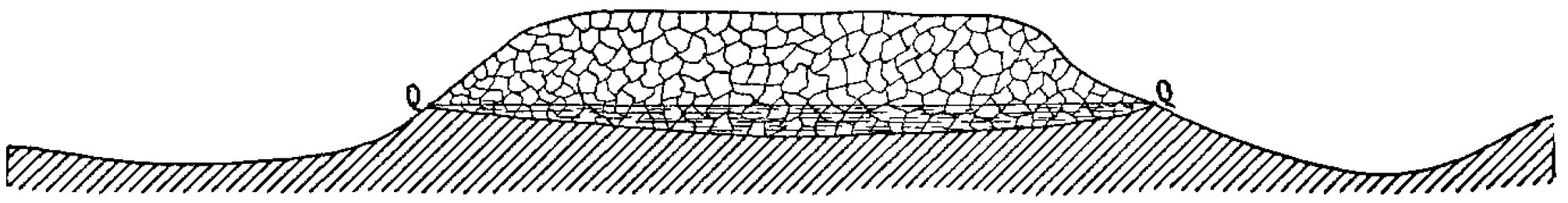
Фиг. 49.

многочисленныхъ точкахъ наблюденія; за 10 первыхъ дней февраля оно равнялось 3—8 дцм., что соотвѣтствовало слою воды въ 120—320 мм., т. е. половинѣ всего годичнаго количества осадковъ. Здѣсь даны (фиг. 49) кривыя для четырехъ такихъ буровыхъ скважинъ, съ полной ясностью указывающія на то, что явленіе произошло внезапно и одновременно въ разныхъ точкахъ.

Насколько, однако, важно изученіе затронутаго вопроса, какое выдающееся практическое значеніе связано съ его рѣшеніемъ — это ясно уже изъ того простого соображенія, что въ грунтовой водѣ, образовавшейся путемъ конденсаціи слѣдуетъ исключить всякую возможность существованія микроорганизмовъ, чего отнюдь нельзя сказать о водѣ происшедшей отъ инфильтра-

извѣстилъ меня письменно о своей солидарности съ высказанными здѣсь мнѣніями и полагаетъ, что лишь въ конденсаціи въ смыслѣ Фольгера можно видѣть источникъ образованія этого избыточнаго образованія воды.

Для подобныхъ изслѣдованій — которыя, къ слову сказать, должны были бы производиться въ гораздо большемъ размѣрѣ, нежели это происходило до сихъ поръ — особенно пригодны такіе районы, въ которыхъ устройство земной поверхности допускало бы точное отграниченіе площади питанія, а геологическое строеніе исключало бы возможность притока воды подземнымъ путемъ изъ сосѣднихъ областей, не входящихъ въ изслѣдуемый районъ. Такими районами являются горы и холмы, состоящіе изъ проницаемыхъ или изрытыхъ породъ, подстилаемыхъ непроницаемой породой такимъ образомъ, чтобы верхняя граница непроницаемой породы образовала на земной поверхности замкнутую линію и чтобы площадь питанія была, такимъ образомъ, совершенно изолирована. Дальнѣйшее необходимое условіе будетъ



Фиг. 48.

состоять въ томъ, чтобы воды такого района стекали черезъ одинъ легко измѣримый источникъ или, по крайней мѣрѣ, черезъ небольшое число такихъ источниковъ. Известняки, залегающіе мульдообразно на непроницаемомъ, въ остальныхъ частяхъ открытомъ основаніи, или изрытыя массы изверженныхъ породъ при такомъ залеганіи, какъ показано на профилѣ (фиг. 48), представляютъ наиболѣе удобный случай для такихъ изслѣдованій.

Нѣсколько весьма поучительныхъ примѣровъ изъ бассейна р. Савы приведены у Гедике[1]), который указалъ на существованіе источниковъ на нѣкоторыхъ горныхъ вершинахъ и на непрерывное ихъ питаніе даже во время засухъ, при чемъ исключена всякая возможность притока воды со стороны. Сюда же относится Ланквелле на вершинѣ Ланъ, Леннеквелле на Астенбергѣ и Зигквелле. Площадь питанія Ланквелле обнимаетъ всего лишь пространство въ $^1/_4$ кв. кил., которое къ тому же покрыто лугомъ и лѣсомъ, такъ что инфильтраціи въ данномъ случаѣ можетъ принадлежать лишь самая незначительная роль. Но, къ сожалѣнію, для этихъ и для другихъ подобныхъ областей съ малой площадью питанія и обильнымъ стокомъ черезъ источники

1) L. c.

ціи. Уже одно то обстоятельство, что многія грунтовыя воды бѣдны микроорганизмами, служитъ вѣсскимъ аргументомъ въ пользу конденсаціи и противъ исключительной инфильтраціи.

Мы приходимъ, такимъ обр., къ выводу, что, несомнѣнно, объ теоріи находятъ себѣ оправданіе, что образованіе подземной воды какъ тѣмъ, такъ и другимъ путемъ происходитъ одновременно.

ГЛАВА 16.

Формы почвенной влаги.

Вода можетъ находиться въ почвѣ въ трехъ состояніяхъ, въ твердомъ, жидкомъ и газообразномъ и, кромѣ того, въ видѣ химически связанной воды. Въ твердомъ состояніи, въ видѣ льда, мы можемъ наблюдать ее въ нашемъ климатѣ каждую зиму, какъ преходящее явленіе верхнихъ слоевъ земной коры. Въ масштабѣ гораздо болѣе обширномъ ледъ встрѣчается въ тѣхъ областяхъ, гдѣ средняя температура опускается ниже точки замерзанія воды — въ сѣверной Азіи и сѣверной Америкѣ. Здѣсь извѣстны обширныя области, гдѣ до глубины 100 м. вся находящаяся въ почвѣ вода находится въ мерзломъ состояніи, спаивая частицы почвы въ видѣ естественнаго цемента, превращая ее въ сплошную, твердую, мерзлую массу, извѣстную подъ именемъ грунтоваго льда. Лѣтомъ, подъ вліяніемъ солнечной инсоляціи, верхній слой этой массы регулярно оттаиваетъ, такъ что и здѣсь возможно возникновеніе травянистой и даже лѣсной растительности.

Другой формой, въ которой ледъ встрѣчается подъ земной поверхностью, являются скопленія его въ пустотахъ земной коры, въ такъ называемыхъ ледяныхъ пещерахъ. Во всѣхъ такихъ ледяныхъ пещерахъ въ верхней части ихъ имѣется отверстіе. Поэтому, холодный наружный воздухъ, опускаясь черезъ отверстіе въ пещеру, естественно, вытѣснитъ находящійся въ ней болѣе теплый воздухъ, такъ что, въ концѣ концовъ, пещера окажется наполненной воздухомъ такой температуры, какая соотвѣтствовала наиболѣе холодному дню въ году. Такъ какъ теплый воздухъ не можетъ проникнуть въ пещеру, а холодный не можетъ изъ нея выйти, то выравниваніе температурныхъ условій происходитъ лишь очень медленно черезъ узкое отверстіе вверху. Вслѣдствіе этого, температура въ такой пещерѣ, разъ уже стѣнки достаточно охладились, въ теченіе большей части года лежитъ ниже точки замерзанія воды, и часть водяныхъ паровъ неминуемо должна выдѣлиться. Это выдѣленіе, дѣйствуя, хотя и медленно, въ теченіе большихъ промежутковъ времени, приводитъ къ обра-

пустотамъ въ болѣе высокіе горизонты земной коры, въ большинствѣ случаевъ приходятъ въ соприкосновеніе съ циркулирующими здѣсь подземными водами и отдаютъ имъ часть своего тепла. При обсужденіи вопроса о горячихъ источникахъ мы детально ознакомимся съ механизмомъ этого явленія.

Послѣдняя форма воды въ почвѣ — химически связанная вода, заключенная въ видѣ химическаго соединенія въ водныхъ силикатахъ и другихъ соляхъ,- а также во многихъ органическихъ соединеніяхъ, лишена для насъ интереса.

2. Физическія свойства горныхъ породъ по отношенію къ водѣ.

ГЛАВА 17.

Водоудерживающая и водопроводящая способность породъ.

По водоудерживающей и водопроводящей способности горныя породы могутъ быть размѣщены по группамъ въ непрерывный рядъ, начинающійся такими породами, которыя лишены способности удерживать и проводить какія либо замѣтныя количества воды, и кончающійся породами, легко удерживающими и проводящими воду. Типичнымъ примѣровъ первой группы является гранитъ. Если взвѣсить свѣже-выломанный кусокъ гранита, затѣмъ высушить его на воздухѣ и опять взвѣсить, то окажется незначительная разность въ вѣсѣ, обусловленная потерей воды. Вода, заключенная въ горныхъ породахъ, обозначается терминомъ почвенно-грунтовая влажность; количество ея неодинаково для разныхъ породъ. Эта почвенно-грунтовая влажность оказываетъ существенное вліяніе на техническія свойства породъ. Большинство горныхъ породъ гораздо легче поддаются обработкѣ, пока не потеряли еще своей влажности (камень для мощенія улицъ, шиферныя доски). Твердость горныхъ породъ также зависитъ отъ присутствія въ нихъ почвенной влажности: при высушиваніи твердость повышается: поэтому, различные песчаники, сланцы, туффы и др. породы во влажномъ состояніи легко поддаются распиловкѣ, между тѣмъ какъ въ сухомъ — онѣ оказываютъ пилѣ значительное сопротивленіе. Количество воды, удерживаемое различными породами, подвержено значительнымъ колебаніямъ. Нѣкоторыя данныя, характеризующія эту способность, приведены въ нижеслѣдующей таблицѣ по Люгеру (Die Wasserversorgung der Städte, I, S. 217):

	Литровъ въ 1 куб. м.
Кварцъ и кварцитъ . .	0,08
Гипсъ	1,5
Полевой шпатъ	0,1
Кремень	0,12
Гранитъ	0,5— 8,6
Серпентинъ	5,6
Сіенитъ	5,6—13,8
Габбро	6,0— 7,0
Порфиръ	4,0—13,0
Базальтъ	6,3— 9,5
Мраморъ	1,1— 5,9
Глинистый сланецъ . .	5,4— 7,0
Кремнистый сланецъ .	8,5— 9,1
Гнейсъ	3,0

Къ этимъ водоупорнымъ и слабо водопоглощающимъ породамъ относятся всѣ плотныя, липенныя пустотъ кристаллическія изверженныя породы, значительное большинство метаморфическихъ кристаллическихъ сланцевъ и всѣ кристаллическія осадочныя, напр., мраморъ и кварцитъ.

Вторую группу образуютъ породы, надѣленныя значительною водопоглощаемостью, но лишенныя водопроводящей способности. Въ качествѣ типичнаго примѣра, можно указать на пластическую глину. Если кубикъ изъ воздушно-сухой глины смочить каплей воды, то произойдетъ быстрое всасываніе ея поверхностью и одновременное удлиненіе реберъ кубика. Придачу воды можно продолжать до тѣхъ поръ, пока глинѣ не будетъ дано максимальное количество воды, которое она можетъ поглотить. Каждая слѣдующая приливаемая капля уже не будетъ всасываться глиной, но останется на верхней поверхности кубика, не проникая на нижнюю, съ которой не оторвется ни одна капля воды. И такъ, глина чрезвычайно энергично удерживаетъ поглощенную воду и съ поглощеніемъ нѣкотораго опредѣленнаго количества воды становится породой, для воды абсолютно непроницаемой. Количество воды, поглощаемое породами такого рода, несравненно значительнѣе того количества, которое могутъ поглотить водоупорныя кристаллическія породы. Водоудерживающая способность глинистыхъ породъ опредѣляется въ среднемъ 30—50%. Къ этой группѣ относятся не только чистыя пластическія глины, но также цѣлый рядъ глинистыхъ породъ, содержащихъ различныя примѣси, въ значительной степени измѣняющія

зованію большихъ скопленій льда, мощность которыхъ доходитъ до нѣсколькихъ метровъ.

Правильность такого воззрѣнія подтверждается существованіемъ искусственныхъ ледяныхъ пещеръ, въ которыхъ процессъ образованія льда путемъ конденсаціи совершается на нашихъ глазахъ. Сюда относятся употребляемыя нынѣ какъ ледники, на многочисленныхъ пивоваренныхъ заводахъ старыя, заброшенныя каменоломни въ лавовомъ потокѣ у Нидермендигъ въ Эйфелѣ.

Жидкая вода встрѣчается въ почвѣ въ двоякомъ видѣ: какъ капиллярная влага въ видѣ безконечно-тонкаго покровнаго слоя на стѣнкахъ мельчайшихъ пустотъ горныхъ породъ до нѣкоторой опредѣленной глубины (ср. послѣднее предложеніе этого абзаца и заключеніе главы 17.), и, затѣмъ, какъ капельножидкая влага. Различіе между той и другой состоитъ въ томъ, что капельножидкая влага совершенно наполняетъ пустоты горныхъ породъ, а капиллярная покрываетъ лишь ихъ стѣнки въ видѣ легкаго, неощутимаго налета. Эта заключенная въ горныхъ породахъ капиллярная влага обозначается какъ почвенно-грунтовая влажность и имѣетъ выдающееся значеніе въ техникѣ. (Ср. соображенія, высказанныя на стр. 104). Полагаютъ, что почвенно-грунтовая влажность заключается лишь въ верхнихъ слояхъ земной коры и простирается не глубже 1 км., такъ какъ на этой, а иногда уже и на меньшей, глубинѣ горныя породы лишены какой бы то ни было влаги [1]).

Лишь капельножидкая почвенная влага входитъ въ область ученія о подземныхъ водахъ и источникахъ. Но все же, и капиллярная влага играетъ выдающуюся роль, принимая, какъ мы это видѣли, дѣятельное участіе въ расходованіи запасовъ почвенной влаги и въ питаніи растительнаго міра.

Съ газообразной водой, по крайней мѣрѣ, въ одномъ ея проявленіи, а именно, въ видѣ водяныхъ паровъ атмосферы, происшедшихъ путемъ поверхностнаго испаренія, мы уже ознакомились. Но есть еще одна форма водяныхъ паровъ, происшедшихъ не путемъ испаренія, а путемъ нагрѣванія воды. Эти водяные пары находятся въ восходящемъ движеніи и идутъ изъ нѣдръ земли, изъ магматическихъ очаговъ, заключающихъ насыщенную водяными парами жидкую магму, или же они происходятъ подъ дѣйствіемъ высокой температуры земныхъ нѣдръ на проникающія вглубь подземныя воды. Выдѣляющіеся изъ магмы газы и, особенно, водяные пары поднимаются по трещинамъ и

---

1) Weinschenk, Gesteinskunde.

петрографическій характеръ ихъ. Такъ, напр., примѣсь песка къ глинѣ, даже больше чѣмъ на половину ихъ общаго вѣса, не измѣняетъ водоупорныхъ свойствъ глины. Углекислая известь, примѣшанная къ глинѣ, переводитъ ее въ мергель. И этотъ процессъ измѣняетъ водоудерживающую способность глины лишь въ благопріятномъ смыслѣ; то же самое слѣдуетъ сказать о примѣси доломита и гипса въ доломитовомъ и гипсовомъ мергелѣ. Такъ, огненно-красный и ліасовый мергель поглощаютъ 475 литровъ воды, а кремнистая глина Брессе даже 525 литровъ на 1 куб. метръ.

Но есть еще одна группа породъ съ такими же свойствами, какими обладаетъ глина, а именно: органическія гумусовыя породы — торфъ и бурый уголь. И тотъ, и другой обладаютъ чрезвычайно большою водоудерживающею способностью, причемъ вода можетъ составлять больше половины общаго вѣса въ почвенно-влажномъ состояніи, и тотъ, и другой послѣ совершившагося насыщенія водою оказываются крайне слабо водопроницаемыми. Въ свѣжихъ торфяныхъ выемкахъ можно наблюдать, что изъ двухъ сосѣднихъ ямъ, отдѣленныхъ лишь стѣнкою въ 3 дм. толщиною, одна, болѣе молодая, совершенно суха до глубины нѣсколькихъ метровъ подъ уровнемъ грунтовыхъ водъ, а другая, болѣе старая, совершенно наполнена водой; и лишь черезъ нѣсколько дней или, даже, недѣль вода въ состояніи проникнуть черезъ тонкую стѣнку или выступить снизу и съ боковъ — доказательство необыкновенно малой водопроводящей способности торфа.

Третью группу образуютъ породы, которыя поглощаютъ воду столь же жадно и тоже въ большихъ количествахъ, которыя, однако, при добавленіи новыхъ количествъ воды, пропускаютъ ее внизъ, по закону тяжести. Такія породы, стало быть, имѣютъ слабую проводящую способность для жидкой воды. Хорошимъ примѣромъ являются: для плотныхъ породъ — мѣлъ, для рыхлыхъ — лёссъ. Мѣлъ можетъ, смотря по составу, удержать отъ 144 до 439 литровъ воды на 1 куб. метръ; водопроводящая же его способность настолько мала, что для прохожденія водою вертикальнаго разстоянія въ 1 метръ потребовалось бы, примѣрно, два дня. Оолитовые известняки также удерживаютъ немалое количество воды (136 до 170 литровъ на 1 куб. м.), нѣкоторые доломиты даже больше 200 литровъ, а плотные известняки и доломиты лишь 15- –25 литровъ на 1 куб. метръ.

Водоудерживающая способность лёсса еще значительнѣе. Онъ можетъ поглотить количество воды, равное половинѣ своего объема, а вслѣдствіе крайней мелкости зерна, просачиваніе воды вглубь происходитъ и здѣсь лишь очень медленно.

Четвертую группу, наконецъ, образуютъ породы легко проницаемыя, быстро поглощающія и проводящія большія количества воды. Къ нимъ относятся всѣ разсмотрѣнныя въ 3 главѣ обломочныя породы, съ величиной зерна, превосходящею извѣстный предѣлъ.

При изслѣдованіи водопроводящей способности песковъ съ различной величиной зерна обнаруживается, что при нѣкоторой, точно установленной величинѣ зерна происходитъ рѣзкое измѣненіе физическихъ свойствъ песка на обратныя, и, по опытамъ Аттерберга, эта граница лежитъ у размѣра 0.2—0.1 мм. Въ то время какъ всѣ пески съ болѣе крупнымъ зерномъ проводятъ воду легко, пески съ зерномъ болѣе мелкимъ оказываются сначала мало проницаемыми, а затѣмъ, въ водонасыщенномъ состояніи, почти абсолютно непроницаемыми. Это свойство обусловлено, разумѣется, величиною поръ, которая при такомъ размѣрѣ зерна допускаетъ лишь поглощеніе капиллярной влаги. Поэтому всѣ песчаныя образованія могутъ быть раздѣлены на проницаемыя и непроницаемыя, сообразно величинѣ зерна. Стало быть, и степень проницаемости, какъ это явствуетъ изъ только что сказаннаго, также опредѣляется величиною зерна обломочной породы. И такъ, степень проницаемости породы, быстрота движенія воды въ породѣ тѣмъ больше, чѣмъ крупнѣе отдѣльные составляющіе ее элементы.

Водоудерживающая способность рыхлыхъ песковъ, напротивъ, мало зависитъ отъ величины зерна, поскольку она не слишкомъ рѣзко колеблется, — и равняется:

для гравія съ діаметромъ зерна въ 4—7 мм. — 367 л. на 1 к. м.
для мелкаго гравія съ діаметромъ зерна въ
2—4 мм. . . . . — 360 „ „ 1 „ „
для крупнаго песка съ діаметромъ зерна въ
1—2 мм. . . . . — 360 „ „ 1 „ „
для средняго песка съ діаметромъ зерна въ
$^1/_4$—1 мм. . . . . — 396 „ „ 1 „ „
для мелкаго песка съ діаметромъ зерна
меньше $^1/_4$ мм. . . . . — 420 „ „ 1 „ „

У песковъ, сцементированныхъ въ песчаники, водоудерживающая способность безусловно зависитъ отъ характера цементаціи, уже разсмотрѣнной во 2 главѣ, т. е. отъ свойствъ и размѣровъ пустотъ, и колеблется отъ 6,2 до 269 литровъ, такъ что среди этихъ породъ имѣются всѣ переходы, начиная съ образованій почти непроницаемыхъ и неводоносныхъ и кончая образованіями, одаренными очень большою водоудерживающею и водопроводящею способностью.

Быстрота наполненія водою ямы, вырытой въ какомъ либо водоносномъ слоѣ, можетъ служить хорошимъ признакомъ боль-

шей или меньшей водопроницаемости породы. Въ крупномъ гравіи яма наполняется водою уже во время копанія, тотчасъ же послѣ выемки породы, между тѣмъ какъ въ мелкомъ и,, особенно, глинистомъ пескѣ можно копать до значительной глубины, иногда на полъ-метра и больше ниже уровня грунтовыхъ водъ, не вызывая появленія воды. Вода выступаетъ лишь постепенно на стѣнкахъ выемки въ видѣ тонкихъ струекъ, медленно собирающихся на днѣ, и лишь черезъ 24 часа прекращается повышеніе уровня воды въ ямѣ. Поэтому, всякія измѣренія въ ямахъ слѣдовало бы производить лишь по истеченіи двухъ дней послѣ выкопки, исключая, разумѣется, тѣ случаи, когда имѣется дѣло съ очень крупнозернистыми образованіями.

Насколько важное значеніе въ иныхъ случаяхъ можетъ имѣть большая или меньшая водопроницаемость горныхъ породъ, это показали многія техническія предпріятія послѣднихъ десятилѣтій, хотя бы, напр., буреніе туннелей. При постройкѣ туннеля на Монъ-Сенисъ, образующія эту гору кристаллическія породы оказались настолько бѣдными водою, что воду, необходимую для буренія, приходилось проводить со стороны, между тѣмъ какъ въ другихъ случаяхъ, и особенно на Симплонѣ, при буреніи просачивалось такое множество воды, что самая возможность окончанія постройки казалась сомнительной. При устройствѣ опытнаго участка предполагавшагося къ постройкѣ туннеля между Франціей и Англіей, работы производились въ глинистомъ мѣлу, при чемъ своды туннеля были отдѣлены отъ водъ канала лишь слоемъ породы въ нѣсколько метровъ толщины. И не смотря на громадное давленіе всей расположенной сверху массы воды, ни одна капля не проникла въ туннель.

Такія же наблюденія были сдѣланы въ Англіи при производствѣ работъ въ пластахъ шиферной глины, каменно угольной системы, на такихъ мѣстахъ, гдѣ участки пути проходили настолько близко къ дну морскому, что въ туннелѣ можно было слышать шумъ прибоя. И здѣсь, не смотря на такую близость моря, не просочилась ни одна капля воды.

Есть, впрочемъ, нѣкоторыя основанія для предположенія, что водоудерживающая способность не сохраняется породами до неизмѣримыхъ глубинъ, что, напротивъ, на извѣстной, не одинаковой для разныхъ мѣстъ глубинѣ, подъ громаднымъ давленіемъ вышележащихъ горизонтовъ, поры и пустоты породъ смыкаются настолько, что практически породы становятся непроницаемыми. Такъ, напр., въ шахтахъ у Пшибрама было сдѣлано наблюденіе, что начиная съ глубины въ 800 м. водоносность горныхъ породъ совершенно прекращается.

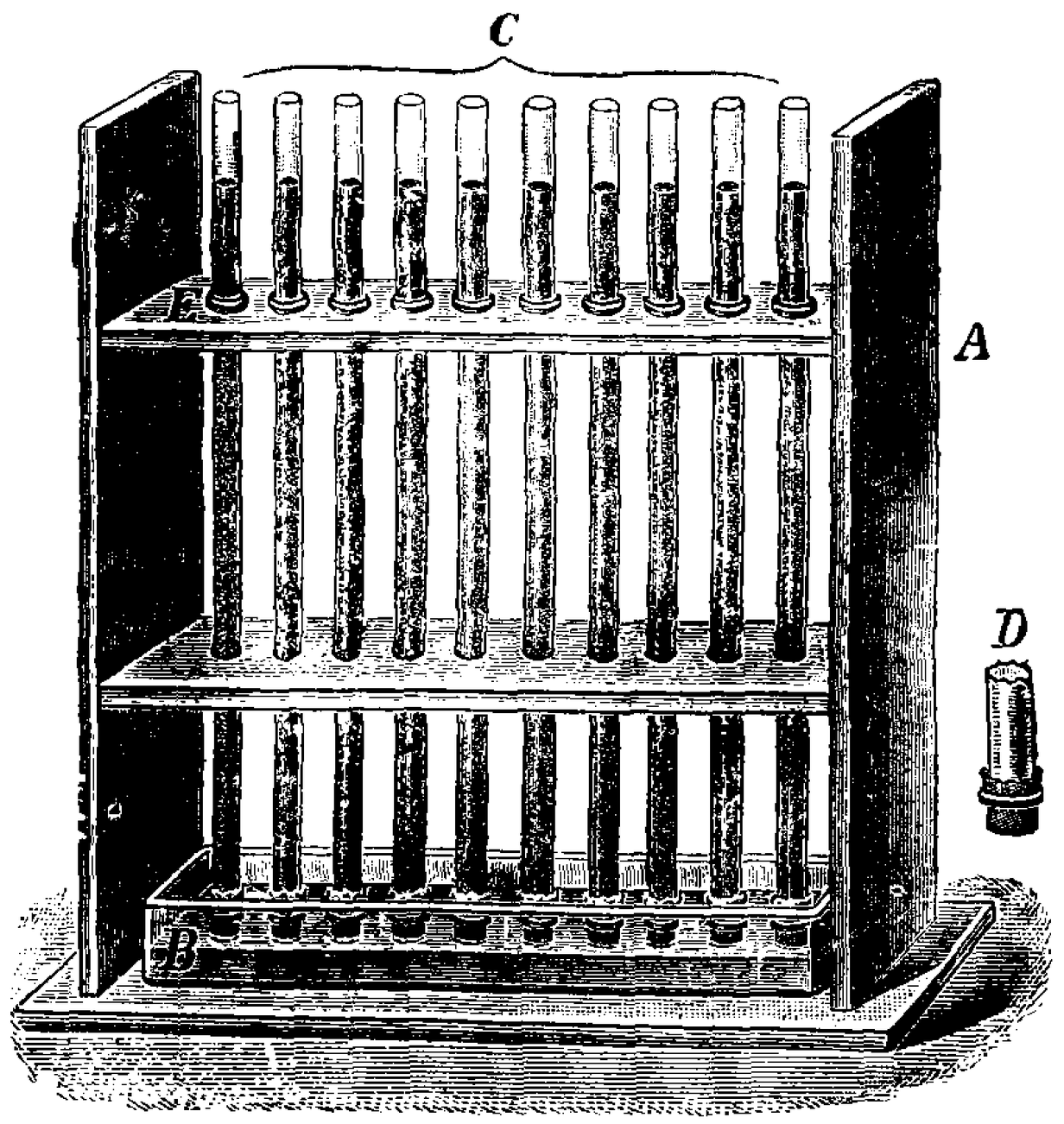
ГЛАВА 18.

Капиллярность.

Погружая тонкую стеклянную трубочку однимъ концомъ въ сосудъ съ окрашенной водой, мы видимъ совершенно ясно, что вода въ трубкѣ поднимается выше поверхности воды въ сосудѣ, а выбирая волосныя трубочки различныхъ діаметровъ, мы найдемъ, что вода въ трубочкѣ поднимается тѣмъ выше, чѣмъ меньше ея діаметръ. Высота поднятія воды въ такой трубочкѣ опредѣляется, прежде всего, діаметромъ трубки и, затѣмъ, температурой. Обозначимъ діаметръ черезъ d, температуру по Цельзію черезъ t, то высота поднятія выразится формулой $h = \frac{30\,(1-0{,}002\,t)}{d}$, гдѣ h и d выражены въ миллиметрахъ. Для трубки съ діаметромъ въ 1 мм. при 15^0 С. получится $h = \frac{30\ (1-0{,}03)}{1} = 29{,}1$, или, если температуры въ разсчетъ не вводить, x = 30 мм. При діаметрѣ въ $^1/_{10}$ мм. и прежней температурѣ, высота поднятія равнялась бы уже 291 см. Теоретически, стало быть, высотѣ поднятія въ 3 м. соотвѣтствовалъ бы діаметръ волосной трубки въ $^1/_{.00}$ мм.

Свойство горныхъ породъ поднимать воду въ мельчайшихъ *пустотахъ выше* общаго уровня воды, наперекоръ силѣ тяжести, называется капиллярностью. Величину капиллярности естественныхъ породъ и почвъ нельзя опредѣлить путемъ вычисленія, такъ какъ размѣры капиллярныхъ пустотъ въ одномъ и томъ же образованіи чрезвычайно разнообразны; но въ нашемъ распоряженіи имѣются средства для опредѣленія ея опытнымъ путемъ. Съ этой цѣлью употребляютъ приборъ, изображенный на рис. 50; онъ состоитъ изъ трубокъ длиною въ 100 см. и съ діаметромъ просвѣта въ 2 см., нижній конецъ которыхъ перевязанъ тонкой кисеей, закрѣпляемой резиновымъ кольцомъ. Трубки при легкомъ встряхиваніи наполняются воздушно-сухимъ матеріаломъ (пескомъ, гравіемъ, глиной), подвѣшиваются въ вертикальномъ положеніи и нижнимъ концомъ на 1—2 см. погружаются въ воду, налитую въ стеклянную ванну B. Для укрѣпленія трубокъ служитъ надѣтое на каждую изъ нихъ резиновое кольцо. Высоту поднятія воды въ трубкахъ не трудно установить по разницѣ цвѣтовыхъ оттѣнковъ смоченнаго и несмоченнаго матеріала. Вода сначала поднимается быстро, затѣмъ все медленнѣе. Истинному значенію капиллярности будетъ соотвѣтствовать лишь та высота стаянія воды въ трубкѣ, которая въ теченіе 24 часовъ не окажетъ уже замѣтнаго измѣненія.

Изъ теоретическихъ построеній явствуетъ, что дѣйствіе капиллярности тѣмъ значительнѣе, чѣмъ меньше діаметръ составляющихъ породу отдѣльностей. Въ крупныхъ образованіяхъ хряща и гравія дѣйствіе капиллярности почти прекращается: граница этого дѣйствія лежитъ, примѣрно, у минимальнаго размѣра зеренъ въ 5 мм. Въ пескахъ средней крупности, съ діаметромъ зерна отъ $^1/_2$ до $^1/_{10}$ мм., капиллярность достигаетъ уже силы настолько значительной, что возможно поднятіе воды на $^4/_{10}$ м. Въ болѣе мелкомъ пескѣ или въ пескѣ съ примѣсью глины величина капиллярности повышается до 1 м. Въ чисто



Фиг. 50.

глинистыхъ породахъ наблюдается поднятіе воды до 2 м., а еще болѣе значительное у такихъ образованій, которыя, на ряду съ глиной, содержатъ значительную примѣсь гумусовыхъ веществъ. Въ нихъ вода поднимается болѣе чѣмъ на 2 м. По изслѣдованіямъ Аттерберга[1]), капиллярность песка выражается при величинѣ зерна въ

5.0 — 2.0	мм.	. . .	25 мм.
2.0 — 1.0	„	. . .	66 „
1.0 — 0.5	„	. . .	131 „
0.5 — 0.2	„	. . .	246 „
0.2 — 0.1	„	. . .	428 „
0.1 — 0.05	„	. . .	1055 „
0.05 — 0.02	„	. . .	1860 „

1) Atterberg, Die rationelle Klassifikation der Sande und Kiese. „Chemiker-Zeitung“ 1905, № 15.

Ясно, что свойство капиллярности, противодѣйствуя просачиванію воды въ глубину и удерживая ее близъ поверхности, имѣетъ величайшее значеніе для растительнаго міра, такъ какъ, благодаря этому свойству, при умѣренной глубинѣ залеганія грунтовыхъ водъ, растеніямъ во время засухи доставляются необходимыя для нихъ количества воды, чего нельзя сказать о почвахъ, въ которыхъ капиллярныя силы не дѣйствуютъ совершенно или дѣйствуютъ лишь слабо. Съ другой стороны, всякаго значенія для растительности лишено то обстоятельство, насколько близко къ наиболѣе глубокимъ корнямъ залегаютъ грунтовыя воды, лишь бы это разстояніе не превышало минимальнаго капиллярнаго поднятія воды данной породой, — обстоятельство, которое часто не достаточно оцѣнивалось, которое вело къ совершенно необоснованнымъ тяжбамъ и вызывало несправедливыя, направленныя на защиту интересовъ сельскаго хозяйства и лѣсоводства возраженія противъ извлеченія воды изъ почвы, хотя бы даже со значительной глубины. И такъ въ крупнозернистыхъ породахъ дѣйствіе силы тяжести значительно превышаетъ дѣйствіе капиллярныхъ силъ, въ глинистыхъ породахъ — наоборотъ.

ГЛАВА 19.

Порозность горныхъ породъ и ея опредѣленіе.

Водоудерживающая способность всякой горной породы зависитъ непосредственно отъ величины заключенныхъ въ ней пустотъ. Порозность породъ опредѣляется либо по вѣсу, либо, лучше, по объему. Порозность по вѣсу опредѣляется по слѣдующей формулѣ: $\frac{p_2 - p_1}{p_1}$, гдѣ p_1 обозначаетъ вѣсъ нѣкоторой массы породы въ сухомъ состояніи, p_2 — вѣсъ той же массы въ насыщенномъ водою состояніи. Если, напр., вѣсъ песка, заключеннаго въ сосудѣ, равенъ 700 гр., вѣсъ того же песка насыщеннаго водою 1000 гр. — то получимъ по формулѣ $\frac{1000 - 700}{700} = \frac{3}{7}$, т. е. песокъ можетъ вмѣстить количество воды, равное $^3/_7$ своего вѣса. Для опредѣленія единственно пригодной порозности по объему, т. е. объема поръ, служитъ формула $\frac{v_2}{v_1}$, гдѣ черезъ v_1 обозначенъ нѣкоторый объемъ породы, черезъ v_2 объемъ вмѣщенной воды. Если, напр., сосудъ емкостью въ 1 литръ = 1000 куб. см. наполнить сухимъ пескомъ и затѣмъ доливать въ нею воду до тѣхъ поръ, пока уровень ея не поднимется до краевъ сосуда, то, установивъ количество прилитой воды, которое въ нашемъ случаѣ

пусть будетъ равно 400 куб. см., нетрудно установить, что объемъ поръ равняется $\frac{400}{1000} = \frac{4}{10} = 40\%$. Порозность горныхъ породъ имѣетъ величайшее значеніе и колеблется въ самыхъ широкихъ предѣлахъ. Она достигаетъ наименьшаго значенія у гранитовъ, кристаллическаго мрамора, глинистыхъ и кремнистыхъ сланцевъ, плотныхъ песчаниковъ, у которыхъ она меньше 10 куб. см. на 1 куб. дм. Для рыхлыхъ песчаниковъ она колеблется отъ 100 до 300 куб. см. на 1 куб. дм., для большинства не кристаллическихъ известняковъ отъ 100 до 200, для мѣла отъ 200 до 400 и выше, для гравія и песка отъ 360 до 420 и для нѣкоторыхъ песчано-глинистыхъ почвъ доходитъ до 550 куб. см. на 1 куб. дм.

Опредѣленіе порозности горныхъ породъ нерѣдко сопряжено съ затрудненіями въ томъ отношеніи, что трудно бываетъ установить истинный объемъ взятой для опыта пробы. Поступать при этомъ можно слѣдующимъ образомъ. Пусть изслѣдуемая порода будетъ лёссъ. Вырѣзаютъ 2 куска лёсса одинаковаго вѣса, но не слишкомъ маленькихъ, вслѣдствіе неизбѣжныхъ погрѣшностей (по крайней мѣрѣ $^1/_2$ кгр.). Одинъ кусокъ разламывается на мелкія части и вводится въ градуированный цилиндръ, емкостью въ 1 литръ, наполненный водою на 500 куб. см. Лёссъ распадается въ водѣ, заключенный въ немъ воздухъ выдѣляется, и поверхность воды въ цилиндрѣ поднимается на величину, равную объему введеннаго лёсса. Это число, выраженное въ куб. см., мы обозначимъ черезъ a. Второй кусокъ лёсса смачиваютъ по каплѣ водою изъ градуированнаго сосуда до тѣхъ поръ, пока онъ не будетъ совершенно насыщенъ. Потребное для этого количество воды въ куб. см. обозначимъ черезъ b. Тогда сырой объемъ взятой пробы выразится суммою $a + b$, объемъ поръ отношеніемъ $\frac{b}{b + a}$.

Нѣкоторыя данныя о порозности значительнаго числа рыхлыхъ породъ приведены у Винтгенса[1]):

Крупный рѣчной песокъ	25—14 %
Зерна песка, одинаковой величины	37 „
„ „ неодинаковой „	29 „
Очень крупный песокъ съ гравіемъ	38 „
Крайнія величины для песка . .	40—28 „
Средній гравій діаметромъ 7 мм. .	37 „
Мелкій „ „ 4 „ .	36 „

1) Beitrag zur Geologie von Nordholland. 1911, S. 68.

въ нѣсколькихъ точкахъ изслѣдуемой области, число которыхъ зависитъ отъ большей или меньшей равномѣрности паденія. Наблюденія слѣдуетъ пріурочивать къ имѣющимся уже колодцамъ или, если нѣтъ достаточнаго ихъ количества, къ спеціально заложеннымъ съ этой цѣлью буровымъ скважинамъ, которыя въ такомъ случаѣ должны, конечно, закладываться по извѣстному плану, покрывая всю изучаемую область равномѣрною сѣтью; путемъ нивеллировки опредѣляется положеніе тѣхъ точекъ земной поверхности, на которыхъ заложены буровыя скважины или колодцы, а затѣмъ въ каждой точкѣ измѣряется глубина залеганія скатерти грунтовой воды.

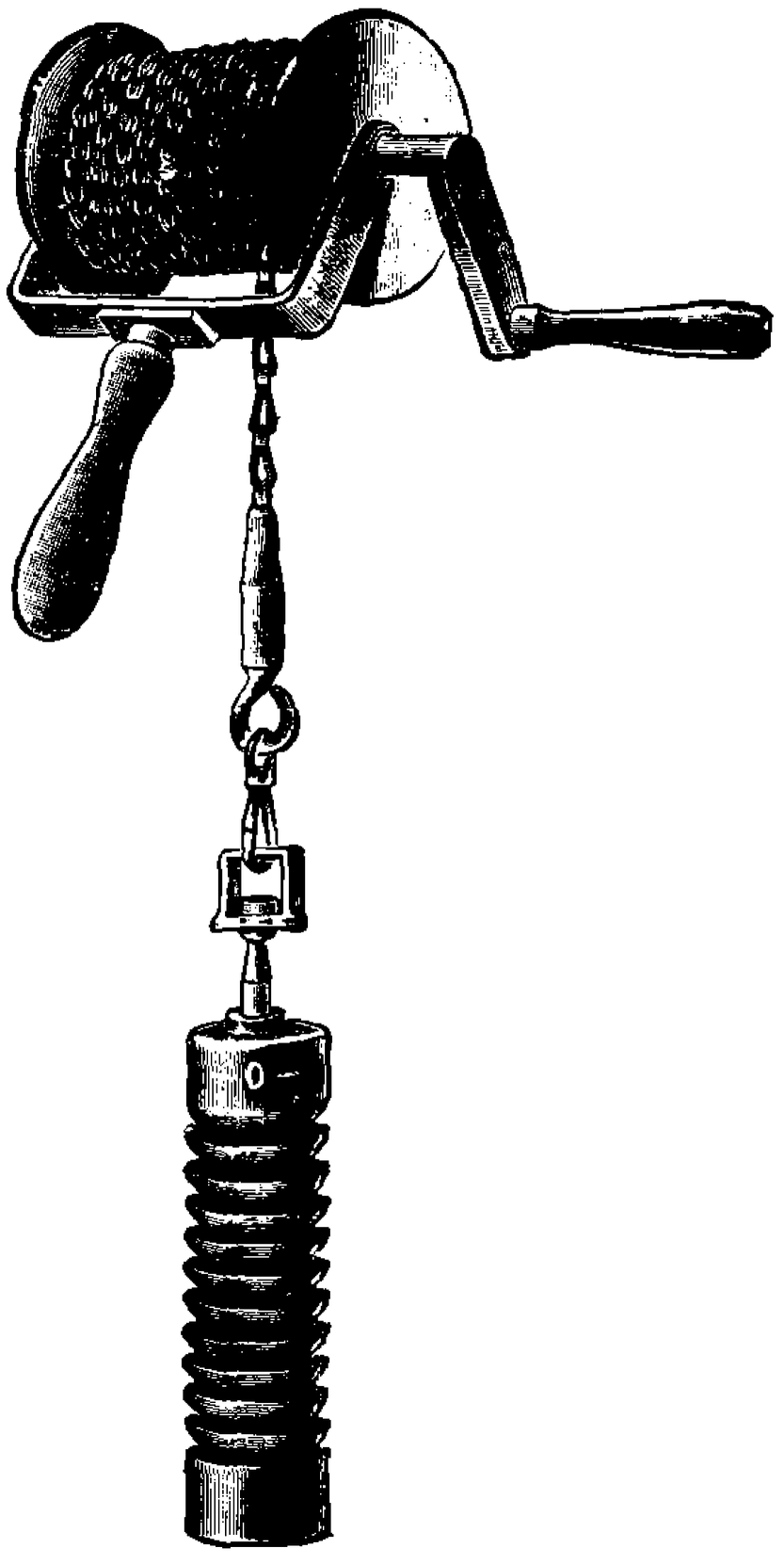
Можно пользоваться при этомъ самыми разнообразными способами. При незначительной глубинѣ залеганія грунтовой воды и при открытомъ широкомъ колодцѣ измѣреніе можно производить обыкновенной мѣрной лентой, или мѣрной линейкой, или даже просто жердью. Для глубокихъ колодцевъ и для буровыхъ скважинъ слѣдуетъ пользоваться другими средствами. Въ буровыхъ скважинахъ при незначительной глубинѣ наиболѣе удобно примѣненіе поплавка съ насаженной на него мѣрной линейкой. Дѣленія на линейкѣ нанесены такимъ образомъ, что пулевая точка совпадаетъ съ плоскостью погруженія поплавка. Поплавокъ представляетъ цилиндрическое или полушаровое полое мѣдное тѣло, къ которому линейка и прикрѣплена непосредственно. Въ скважинахъ и колодцахъ болѣе глубокихъ поступаютъ такъ: къ мѣрной лентѣ достаточной длины прикрѣпляютъ какое либо тяжелое цилиндрическое тѣло, напр., часовую гирю, и разматываютъ ленту до тѣхъ поръ, пока гиря не коснется поверхности воды.

Въ открытыхъ колодцахъ моментъ прикосновенія гири можно установить по водной ряби въ колодцѣ. Въ скважинахъ и колодцахъ слишкомъ глубокихъ или узкихъ можно въ ясные дни пользоваться зеркаломъ, посредствомъ котораго вглубь направляется снопъ лучей, позволяющій видѣть совершенно ясно малѣйшее возмущеніе воды.

Если примѣненіе этого средства невозможно, то прибѣгаютъ къ такъ называемому водяному свистку (фиг. 51). Онъ состоитъ изъ полаго, снизу открытаго, сверху снабженнаго свистящимъ отверстіемъ металлическаго цилиндра, наружныя стѣнки котораго несутъ параллельные основанію желобки для воды, по одному на каждый см. При погруженіи его въ воду, воздухъ сжимается, выходитъ черезъ отверстіе и производитъ хорошо слышный свистъ. Аппаратъ, прикрѣпленный къ цѣпи, размѣренной на метры, считая отъ нулевой точки, данной на свисткѣ,

быстро опускается въ воду, пока не раздастся свистъ. Затѣмъ отсчитываютъ глубину, наматываютъ цѣпь и къ полученной величинѣ прибавляютъ число не наполненныхъ водою желобковъ. Въ случаѣ, если аппаратъ былъ погруженъ слишкомъ глубоко, если всѣ желобки полны водой, то, высушивъ его, слѣдуетъ измѣреніе произвести вторично, при чемъ, зная изъ перваго опыта примѣрную глубину, легче уже будетъ остановить цѣпь на желаемомъ мѣстѣ.

Если въ непредвидѣнныхъ случаяхъ приходится довольствоваться простыми средствами, то можно взять бечевку съ привязанной къ ней жердью, смазанной мѣломъ. Глубину погруженія тогда не трудно будетъ установить по цвѣтовому оттѣнку мѣла, сѣраго въ сыромъ состояніи и бѣлаго въ сухомъ. Можно также нижній конецъ жерди обмотать газетной бумагой, смачиваніе которой покажетъ, насколько жердь была погружена въ воду.



Фиг. 51.

Непосредственнымъ измѣреніемъ можно установить лишь относительное положеніе уровня грунтовыхъ водъ подъ земною поверхностью. Чтобы получить сравнимыя данныя для нѣсколькихъ колодцевъ или для болѣе значительной области, слѣдуетъ всѣ полученныя числа отнести въ нѣкоторой общей нулевой точкѣ. Лучше всего исходить изъ нормальнаго нуля, установленнаго путемъ нивеллировки, привязывая къ ближайшей точкѣ тригонометрической сѣти высоту всѣхъ точекъ изслѣдованія. Въ случаѣ если по сосѣдству нѣтъ тригонометрической точки, отнесенной къ нормальному нулю, то какую либо естественную или искусственную точку въ предѣлахъ изслѣдуемой области принимаютъ за нулевую и относятъ къ ней всѣ полученныя данныя.

По этимъ двумъ числамъ опредѣляютъ абсолютную, т. е. отнесенную къ уровню моря, высоту стоянія скатерти грунтовыхъ водъ въ мѣстахъ изслѣдованія и соединяютъ затѣмъ точки равнаго стоянія грунтовой воды горизонтальными линіями, взятыми

на одинаковомъ другъ отъ друга вертикальномъ разстояніи, напр. черезъ каждые 5 метровъ высоты или черезъ каждый метръ, или, при густой сѣти наблюденій и маломъ паденіи, черезъ каждые $^1/_4$ метра или даже черезъ каждый дециметръ. Такая карта, стало быть, опредѣляетъ поверхность, направленіе и степень уклона грунтовой волны для данной мѣстности. Тамъ, гдѣ на картѣ кривыя тѣсно смыкаются, онѣ указываютъ на сильное паденіе потока подземной воды, т. е. на то, что здѣсь черезъ нѣкоторый профиль проходятъ значительныя количества воды и что условія для извлеченія воды изъ почвы здѣсь особенно благопріятны, или же на то, что въ данномъ мѣстѣ профиль водоноснаго слоя почему либо съузился, потому ли, что по сосѣдству выдвинулся непроницаемый кряжъ, или потому, что уменьшилась проницаемость самаго водоноснаго слоя. Въ двухъ послѣднихъ случаяхъ, разумѣется, не можетъ быть и рѣчи о добычѣ большихъ количествъ воды. Давая величину уклона и разстояніе, подобная карта легко можетъ служить для опредѣленія паденія грунтовыхъ водъ въ каждомъ данномъ мѣстѣ изслѣдованной области.

Образчики такихъ гидрогеологическихъ картъ даны на фиг. 52 и 53. На фиг. 52 изображена область центральнаго кладбища, лежащаго у Штансдорфъ, къ югозападу отъ Берлина, въ масштабѣ 1 : 15000 и съ разстояніемъ горизонталей въ 25 см. Эта область была изслѣдована въ гидрографическомъ отношеніи возможно подробнѣйшимъ образомъ, а именно: были заложены 54 буровыя скважины, отмѣченныя также на фиг. 52, расположенныя квадратною сѣтью, со стороною квадрата въ 200 м., и въ нихъ въ теченіе цѣлаго года производились еженедѣльныя измѣренія глубины залеганія грунтовыхъ водъ. На этой картѣ даны гидрографическія условія небольшой, сравнительно, области, — дилювіальной возвышенности. Вторая карта (фиг. 53) показываетъ движеніе грунтовой воды въ одной изъ большихъ мертвыхъ рѣчныхъ долинъ сѣверной Германіи, въ масштабѣ 1 : 100000. Мѣстность изображенная здѣсь, представляетъ извѣстную подъ названіемъ „Fiener Bruch“ западную часть Глогау-Барутской долины, между Цизаръ и Гентинъ, въ Саксоніи Горизонтали грунтовыхъ водъ этой карты построены на основаніи данныхъ генеральнаго штаба. Ограничивающія долину дилювіальныя возвышенности отмѣчены на картѣ косой штриховкой. Горизонтали проведены здѣсь черезъ каждые $^1/_4$ метра, между тѣмъ какъ въ оригиналѣ — масштабъ 1 : 50000 — ихъ разстояніе равно 10 см. (A. Thiem, Vorarbeiten zur Wasserversorgung der Stadt Magdeburg, 1901).

Крупный песокъ діаметр. 2 мм. .	36	$^0/_0$
Средній „ „ 1 „ .	40	„
Мелкій „ „ $^1/_3$ „ .	42	„
Бѣлый прокаленный песокъ . . .	24—23	„
Мелкозернистый сѣрый суглинокъ	34	„
Крупнозернистый темный „	31	„
Бурая глина	44	„
Черная гумусовая глина	37	„
„ садовая земля	28	„
Глина	50	„
„ (30$^0/_0$) подъ давленіемъ 3 атм.	23	„
Тяжелая Y-глина	50	„
Сильно глинистая почва	46	„
Бѣдная гумусомъ глинистая почва	48	„
Бѣдный гумусомъ суглинокъ . .	55	„

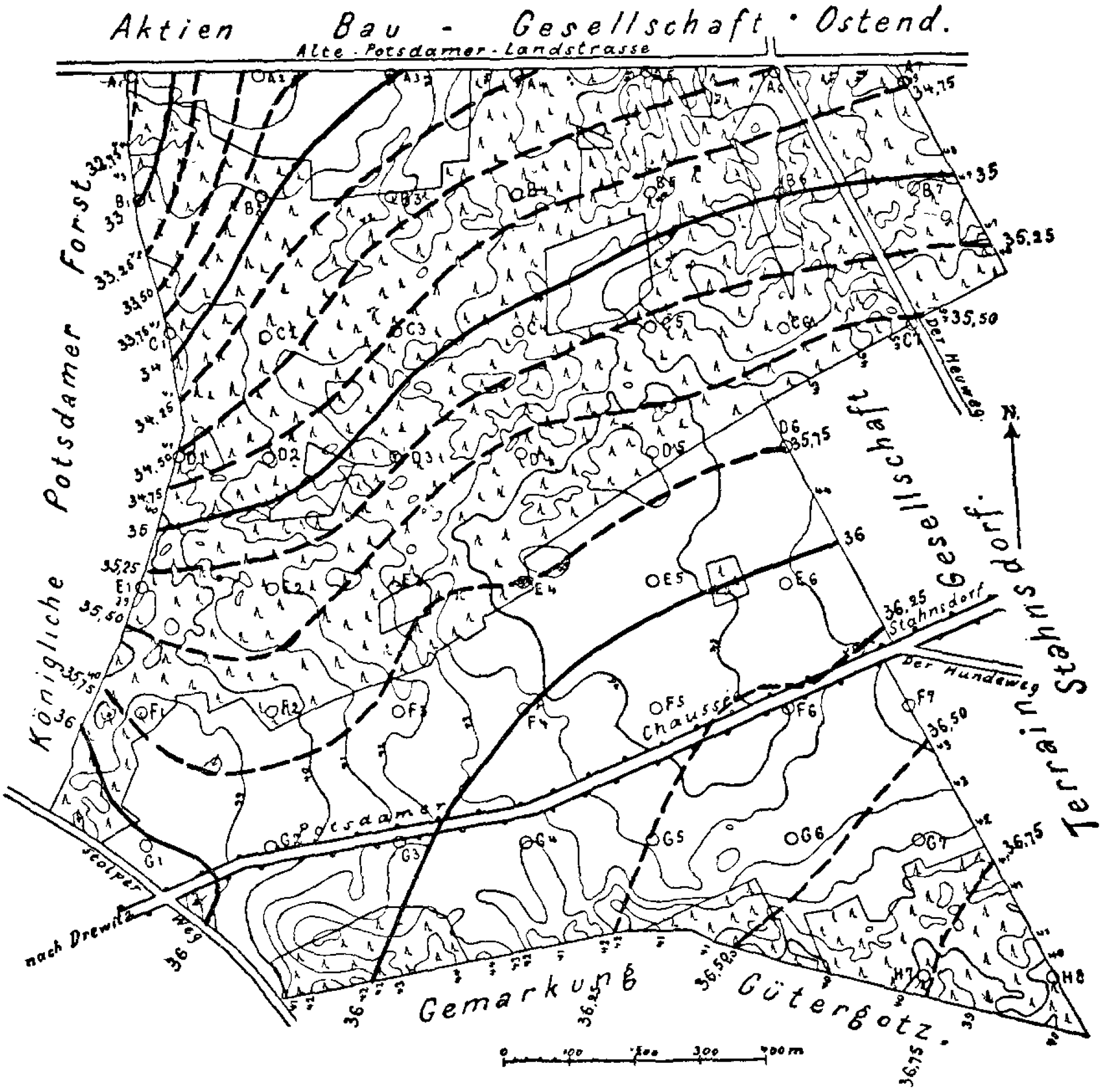
Объемъ поръ можетъ быть найденъ и косвеннымъ путемъ, если опредѣлить сначала удѣльный вѣсъ, а затѣмъ объемный вѣсъ изслѣдуемой породы. Удѣльный вѣсъ опредѣляется по особому методу, посредствомъ пикнометра, объемный же вѣсъ можетъ быть найденъ слѣдующимъ путемъ: градуированный цилиндръ, емкостью въ 100 куб. см., наполняютъ воздушно-сухой почвой съ неизмѣненными естественными свойствами, которая вносится въ цилиндръ при легкомъ постукиваніи по пробковому основанію, что продолжается до тѣхъ поръ, пока не будетъ уже замѣтно никакого измѣненія объема почвы въ цилиндрѣ. Такой способъ, естественно, пригоденъ лишь для почвъ не слишкомъ глинистыхъ и не слишкомъ богатыхъ гумусомъ, т. е. для галыки, гравія и песка различной крупности. По другой пробѣ опредѣляютъ выдѣляющуюся при 100° С. гигроскопическую воду; находятъ затѣмъ вѣсъ первоначальной пробы: вычитая отсюда количество заключенной въ ней гигроскопической воды и умножая на 10 получаютъ чистый вѣсъ 1 литра почвы. Дѣленіемъ его на вѣсъ одинаковаго объема воды находятъ кажущійся удѣльный вѣсъ. Раздѣливъ этотъ кажущійся удѣльный вѣсъ почвы на истинный удѣльный вѣсъ, въ частномъ получимъ выраженіе порозности, т. е. объема поръ или объема пустотъ, въ сухомъ состояніи почвы наполненныхъ воздухомъ.

ГЛАВА 20.

Опредѣленіе паденія грунтовыхъ водъ.

Паденіе грунтовыхъ водъ. Для опредѣленія паденія грунтовыхъ водъ необходимо изслѣдовать уровень грунтовыхъ водъ

Однако, за недостаткомъ средствъ для производства многочисленныхъ, дорого стоющихъ буреній, не всегда имѣется возможность опредѣлить направленіе и величину паденія грунтовыхъ водъ съ такою большою точностью. Въ такомъ случаѣ можно ограничиться заложеніемъ 3 буровыхъ скважинъ, не лежащихъ на одной прямой линіи, основываясь на томъ геометрическомъ законѣ, что положеніе плоскости въ пространствѣ вполнѣ



Фиг. 52. Горизонтали грунтовыхъ водъ въ области центральнаго кладбища у Штансдорфъ къ юго-западу отъ Берлина, съ горизонталями черезъ $^1/_4$ м. Масштабъ 1 : 15000.

опредѣляется тремя, не лежащими на одной прямой, точками. Разстояніе этихъ скважинъ не должно быть слишкомъ малымъ, во всякомъ случаѣ не менѣе 50 м., чтобы при слабомъ уклонѣ погрѣшности измѣреній не оказали слишкомъ сильнаго вліянія.

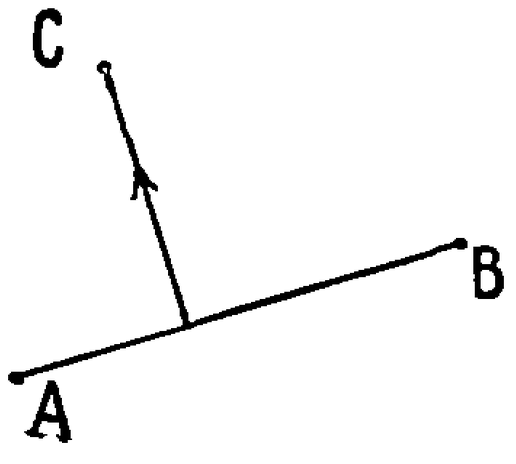
При этомъ могутъ представиться три случая:

а) во всѣхъ трехъ точкахъ высота грунтовой воды одинакова. Отсюда можно сдѣлать заключеніе, что грунтовыя воды образуютъ

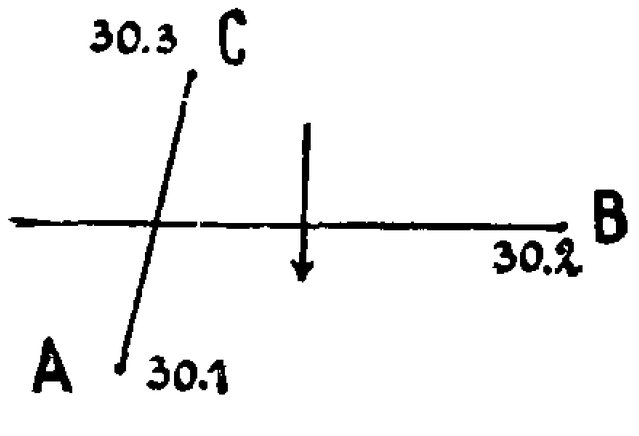
здѣсь стоячій водоемъ, производительность котораго, естественно, зависитъ отъ размѣровъ и мощности водоносныхъ слоевъ.

б) Въ двухъ точкахъ грунтовыя воды лежатъ одинаково высоко, въ третьей выше или ниже. Въ этомъ случаѣ, обѣ точки одинаковой высоты A и B соединяютъ прямой, при чемъ линія соединенія совпадаетъ съ зеркаломъ грунтовыхъ водъ и изображаетъ одну изъ горизонталей ихъ поверхности. Перпендикуляръ къ этой линіи изъ третьей точки дастъ направленіе паденія (фиг. 54). Тогда, по разности высотъ грунтовой воды въ третьей точкѣ C и и въ точкахъ A и B и по разстоянію точки C отъ соединительной линіи AB, не трудно опредѣлить уголъ паденія.

в) Высота грунтовой воды различна во всѣхъ трехъ точкахъ. Соединяютъ (фиг. 55) точку наибольшей высоты C съ точкой наименьшей высоты A и на линіи соединенія отыскиваютъ ту



Фиг. 54.



Фиг. 55.

точку, высота которой равна высотѣ стоянія грунтовой воды въ третьей точкѣ B. Найденную точку соединяютъ съ точкой B; перпендикуляръ къ этой линіи (стрѣлка на фиг. 55) укажетъ направленіе уклона, а разстояніе отъ нея точки A и разность высотъ грунтовой воды въ точкахъ A и B послужатъ основаніями для вычисленія величины паденія.

ГЛАВА 21.

Опредѣленіе сопротивленія горныхъ породъ на треніе.

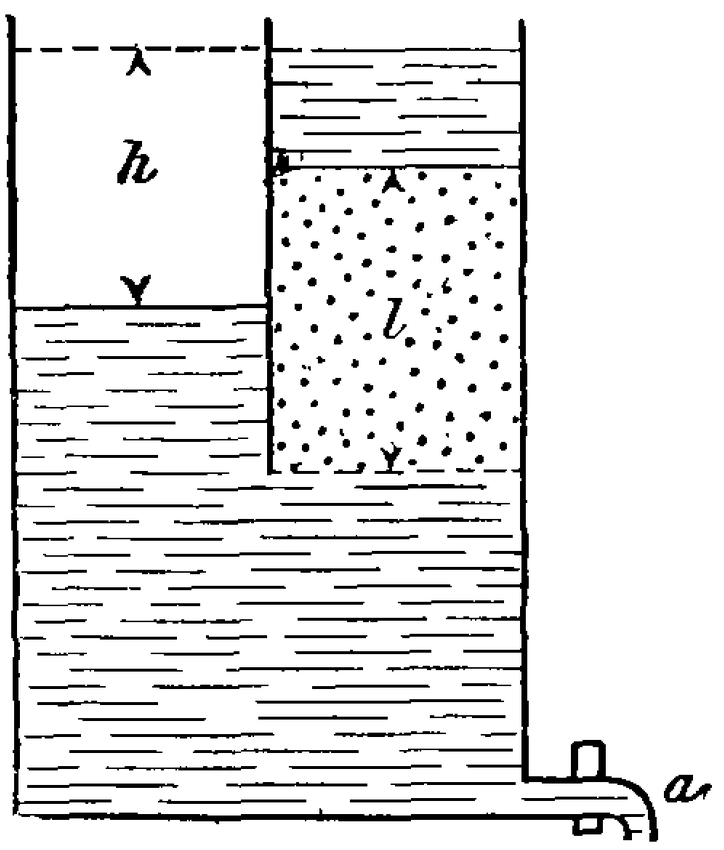
Зная порозность и мощность водоносныхъ слоевъ, а также величину паденія поверхности грунтовыхъ водъ, можно, конечно, опредѣлить общую массу водныхъ запасовъ для нѣкоторой области грунтовыхъ водъ; но количество воды, проходящей черезъ опредѣленный профиль въ данный промежутокъ времени, по однимъ лишь этимъ даннымъ опредѣлить нельзя. Но такъ какъ съ практической точки зрѣнія именно эта величина представляетъ особое значеніе, то слѣдуетъ заняться болѣе подробнымъ разсмотрѣніемъ способа ея нахожденія. Само собою ясно, что количество воды, проходящей въ единицу времени черезъ нѣкоторый профиль водоноснаго слоя, кромѣ степени уклона, зависитъ и отъ

величины тренія, которому подвержены частицы воды въ водоносномъ слоѣ и которое, въ свою очередь, опредѣляется размѣрами отдѣльныхъ частицъ водоноснаго слоя. Ясно, что вода будетъ течь быстрѣе въ такой породѣ, гдѣ размѣры отдѣльныхъ пустотъ крупнѣе, напр., въ крупномъ гравіѣ безъ примѣси песка быстрѣе, нежели въ крупномъ пескѣ, если-бы даже общій объемъ поръ въ обѣихъ породахъ былъ одинаковъ. При маломъ размѣрѣ зеренъ треніе, очевидно, становится настолько значительнымъ, что, не смотря на высокую порозность, движеніе воды задерживается. Таковы, напр., условія у всѣхъ глинистыхъ породъ, которыя хотя и могутъ удержать значительное количество воды, но, вслѣдствіе малыхъ размѣровъ поръ и обусловленнаго этимъ сильнаго тренія, не въ состояніи проводить воду. Величина зерна, при которой наступаютъ такія соотношенія, равна 0,1 мм. Стало быть, всѣ песчаныя образованія съ малымъ діаметромъ зерна въ практическомъ смыслѣ — породы почти непроницаемыя.

Сопротивленіе на треніе можетъ быть вычислено лишь при условіи совершенной однородности водоноснаго слоя, т. е. при одинаковой формѣ и величинѣ всѣхъ составляющихъ его отдѣльностей. Представимъ себѣ сосудъ, наполненный шарами; путемъ вычисленія не трудно найти какъ общій объемъ пустотъ между шарами, т. е. объемъ поръ, такъ и общую поверхность шаровъ, которой именно и вызывается треніе и задерживается движеніе воды. Объемъ поръ для такого сосуда, при данной длинѣ l, ширинѣ b и высотѣ h, наполненнаго шарами, опредѣляется формулой $bhl\ (1—0{,}73) = 0{,}27\ bhl$. Отсюда слѣдуетъ, что объемъ поръ совершенно не зависитъ отъ величины шаровъ. Для поверхности шаровъ f найдемъ, что $f = n\pi d^2$, гдѣ число шаровъ $n = \sqrt{2} \cdot \frac{blh}{d^3}$. Производя вычисленія, получимъ $f = 4{,}44 \cdot \frac{blh}{d}$. Величина d въ знаменателѣ показываетъ, что общая поверхность шаровъ уже зависитъ отъ величины ихъ: она обратно пропорціональна діаметру шаровъ. При дальнѣйшемъ изслѣдованіи вопроса мы придемъ къ тому заключенію, что движеніе воды въ такой средѣ, т. е. въ ящикѣ, наполненномъ шарами. аналогично движенію воды въ трубкахъ, что быстрота этого движенія не зависитъ отъ пространства, занимаемаго шарами, иначе говоря — отъ общаго сѣченія потока грунтовой воды, но единственно отъ величины паденія и отъ діаметра шаровъ.

Но такъ какъ въ природѣ подобныхъ условій нѣтъ, а, напротивъ, водоносный слой всегда состоитъ изъ отдѣльностей не одинаковыхъ по формѣ и по величинѣ, то, вообще, быстрота теченія грунтовой воды, можетъ быть выражена формулой $u = k \cdot a$,

гдѣ черезъ a обозначена величина паденія, а черезъ k нѣкоторый коэффиціентъ, характеризующій породу, постоянно мѣняющійся, зависящій отъ величины и формы зеренъ, отъ процентнаго состава данной величины зерна и опредѣляемый экспериментальнымъ путемъ или путемъ практическаго опыта. Это уравненіе тѣмъ ближе выражаетъ дѣйствительныя отношенія, чѣмъ меньше u, т. е. чѣмъ меньше k или, иначе говоря, чѣмъ меньше діаметръ зеренъ при одинаковомъ паденіи. Экспериментальное опредѣленіе коэффиціента k сводится къ устройству фильтра изъ изслѣдуемаго песка (фиг. 56). Для этого берутъ ящикъ, снабженный снизу спусковымъ краномъ a, раздѣленный въ верхней своей части поперечной стѣнкой на двѣ половины, изъ которыхъ одна снизу закрыта мелкой проволочной сѣткой; въ эту половину насыпается песокъ, и фильтръ готовъ. Если сосудъ наполнить до верху водой, и спускать ее затѣмъ черезъ a, то будетъ необходима нѣкоторая разность h для того, чтобы вода, стоящая надъ фильтромъ, прошла черезъ слой песка, высота котораго пусть будетъ l. Тогда можно считать, что: $h = l\alpha = \frac{lu}{k}$ и $k = \frac{lu}{h}$. Скорость u въ данномъ случаѣ находится путемъ непосредственнаго наблюденія, а именно: опредѣливъ объемъ поръ песка, мы найдемъ живое сѣченіе фильтра, которое обозначимъ черезъ F; умноживъ площадь живого сѣченія на скорость, получимъ проходящее черезъ фильтръ въ единицу времени количество воды $Q = Fu$, или, исключивъ u, по первому уравненію: $k = \frac{lQ}{FH}$, гдѣ всѣ величины извѣстны.



Фиг. 56.

Такъ, напр., для песка съ діаметромъ зерна въ $^1/_4$ мм. коэффиціентъ k равняется 0,00025, для крупнаго песка съ діаметромъ въ 2 мм. — 0,002, для гравія безъ примѣси песка со среднимъ діаметромъ въ 5 мм. онъ можетъ доходить даже до 0,05.

Разъ для матеріала, образующаго водоносный слой, коэффиціентъ k найденъ, то скорость теченія u для нѣкотораго паденія a найдется по вышеприведенной формулѣ $u = k \cdot a$, а количество грунтовой воды, проходящей черезъ нѣкоторый профиль, по формулѣ $Q = Fu$, гдѣ черезъ F обозначено живое сѣченіе потока.

Примѣръ. Потокъ грунтовой воды движется по хрящу, для котораго коэффиціентъ k пусть будетъ равенъ 0,01 (гравій съ діа-

метромъ зерна въ 1 см), на непроницаемомъ основаніи при паденіи 1 : 100 ($a = 0{,}01$). Тогда $u = 0{,}0001$ м. въ секунду.

При мощности хряща въ 10 м. и при ширинѣ водоноснаго слоя, перпендикулярно къ направленію движенія воды, въ 100 м. получится поперечное сѣченіе въ 1000 кв. м., изъ которыхъ пусть $^1/_4$, т. е. 250 кв. м., приходится на живое сѣченіе. Тогда количество воды, проходящей черезъ профиль въ секунду, равно $250 \cdot 0{,}0001 = 0{,}025$ куб. м., и, стало быть, такой потокъ грунтовой воды можетъ дать за сутки $24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 0{,}025 = 24 \cdot 90 = 2160$ куб. м. воды.

ГЛАВА 22.

Температурныя условія подземныхъ и ключевыхъ водъ.

Всѣ грунтовыя и ключевыя воды по температурнымъ условіямъ раздѣляются на двѣ большія группы, смотря по тому, будетъ ли ихъ температура выше или ниже средней годовой температуры для данной мѣстности. Обыкновенно температура верхняго слоя земной коры на глубинѣ 20 до 30 м. равняется средней годовой. Поэтому понятіе теплаго источника или теплой грунтовой воды, обозначающее такой источникъ и такую воду, температура которыхъ выше средней годовой температуры данной области, не имѣетъ абсолютнаго, постояннаго значенія, но колеблется въ предѣлахъ настолько широкихъ, что, напр., въ полярныхъ областяхъ со средней годовой температурой въ 0^0 С. воду, имѣющую температуру хотя бы въ 1^0 С, слѣдуетъ уже обозначить какъ „теплую“ или термальную; между тѣмъ какъ въ областяхъ экваторіальныхъ источники и воды съ температурой, положимъ, въ 20^0 С. еще не могутъ быть названы теплыми, если средняя годовая температура мѣстности превышаетъ эту величину.

Это геологическое опредѣленіе холодныхъ и теплыхъ источниковъ не совпадаетъ съ опредѣленіемъ бальнеологическимъ. Въ практикѣ леченія цѣлебными источниками теплыми или горячими обозначаются лишь тѣ источники, которые вызываютъ соотвѣтственныя физіологическія ощущенія. Чтобы нѣсколько ограничить это слишкомъ общее опредѣленіе бальнеологическихъ термальныхъ источниковъ, Deutsches Bäderbuch [1]) называетъ горячими тѣ источники, температура которыхъ выше 20^0 С. Такъ какъ названная книга касается только источниковъ Германіи, до данное опредѣленіе расходится съ геологическимъ не такъ рѣзко, какъ если бы приняты были во вниманіе и полярныя и экваторіальныя

---

1) Deutsches Bäderbuch, bearbeitet unter Mitwirkung des Kaiserl. Gesundheitsamtes. Leipzig, J. J. Weber, 1907.

области. Но, въ виду того, что издаваемый нами трудъ носитъ общій характеръ, мы должны будемъ остановиться на опредѣленіи болѣе общемъ и, поэтому, отдаемъ предпочтеніе опредѣленію геологическому.

При возможности наблюденія температуры источника или грунтовой воды въ теченіе болѣе продолжительнаго времени, можно установить, что температура ихъ либо измѣняется, либо остается постоянной; по Гюмбелю, въ первомъ случаѣ вода называется гомотермической, во второмъ — гетеротермической. Постоянная температура — если она приблизительно равна средней годовой — доказываетъ, что вода долгое время находилась на умѣренной глубинѣ подъ земною поверхностью и не подвергалась вліянію лѣтняго зноя и зимнихъ холодовъ. Источники съ равномѣрной температурой, которая ниже средней годовой, возможны лишь въ томъ случаѣ, если вода проходила по сильно охлажденнымъ частямъ земной коры, напр. по сосѣдству съ ледниками и ледяными пещерами, или по сосѣдству съ породами, охлажденными этими скопленіями льда. Если равномѣрная температура источника выше средней годовой, то это указываетъ на то, что вода соприкасалась со слоями, лежащими глубже индифферентной зоны (т. е. зоны равномѣрной температуры, соотвѣтствующей средней годовой).

Правильно повторяющіяся колебанія температуры свидѣтельствуютъ о томъ, что вода находилась настолько близко къ земной поверхности, что подвергалась нагрѣву подъ вліяніемъ инсоляціи и охлажденію зимнихъ холодовъ. Чѣмъ значительнѣе колебанія, замѣчаемыя въ теченіе года, тѣмъ ближе къ земной поверхности залегаетъ вода или залегала незадолго до своего выхода. Если максимальная температура воды совпадаетъ съ наиболѣе теплымъ временемъ года, а минимальная съ наиболѣе холоднымъ, то отсюда можно заключить, что точка наблюденія лежитъ очень близко къ тому мѣсту, гдѣ температурныя колебанія оказываютъ на грунтовыя воды наиболѣе рѣзкое вліяніе, т. е. къ мѣсту наибольшаго приближенія водъ къ земной поверхности. Въ томъ случаѣ, если эти періоды раздѣлены нѣкоторымъ промежуткомъ времени, т. е. если максимальная температура наблюдается лишь по истеченіи нѣкотораго времени послѣ максимальнаго нагрѣванія земной поверхности, а минимальная температура воды соотвѣтственно послѣ наступленія наиболѣе холоднаго періода зимы, то слѣдуетъ предположить, что точка наблюденія нѣсколько удалена отъ мѣста наибольшаго приближенія воды къ земной поверхности, удалена тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше лежащій между обоими періодами промежутокъ

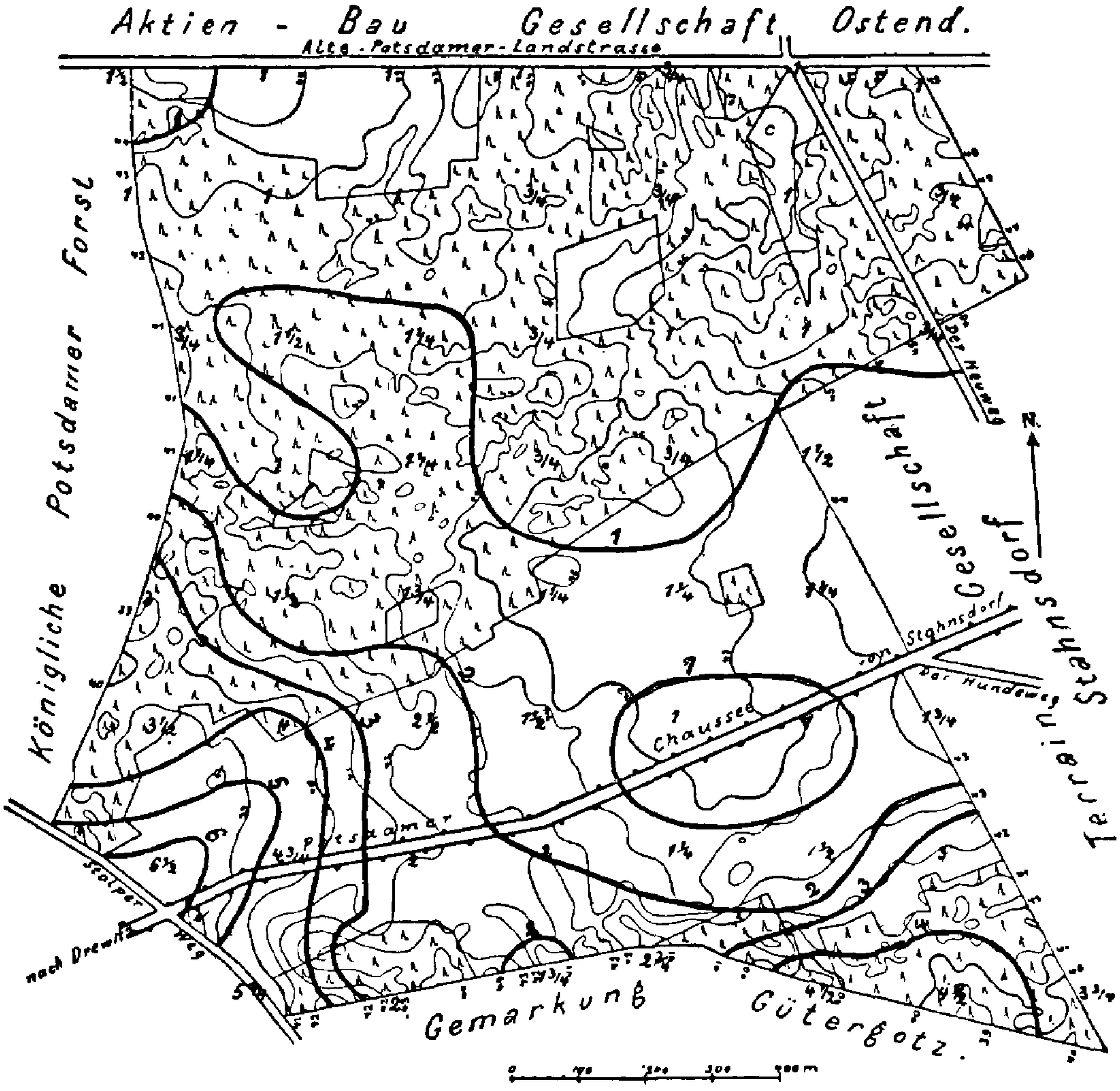
времени. Отличный образчикъ тепловыхъ свойствъ грунтовыхъ водъ имѣется въ условіяхъ, представляемыхъ Штансдорфскимъ кладбищемъ близъ Берлина. Эта область пересѣкается потокомъ грунтовой воды, уклонъ котораго, согласно картѣ, приведенной выше (фиг. 52), имѣетъ направленіе съ юга на сѣверъ. На картѣ, изображенной здѣсь (фиг. 57), даны размѣры неводоносныхъ по-



Фиг. 57. Мощность покровныхъ слоевъ надъ грунтовой водой въ области центральнаго кладбища у Штансдорфъ, изображенная посредствомъ горизонталей черезъ 1 метръ. Масштабъ 1 : 15000.

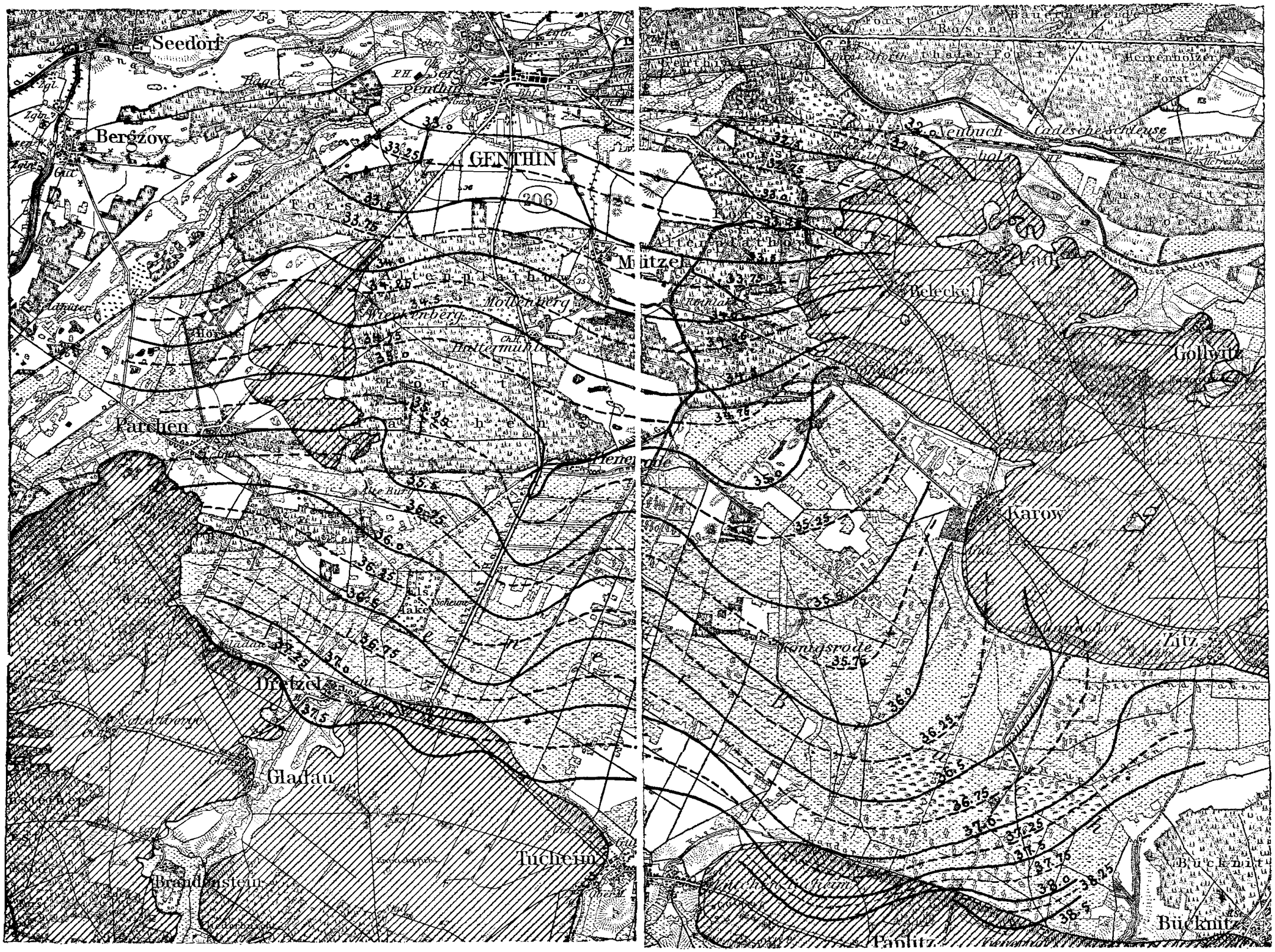
кровныхъ слоевъ, залегающихъ надъ грунтовой водой, при чемъ толстыя линіи указываютъ мощность перекрытія черезъ одинъ метръ, соотвѣтственно цифрамъ, поставленнымъ у каждой изъ этихъ линій. Карта показываетъ, что мощность покровныхъ слоевъ наименьшая (меньше 3 м.) въ южной и юго-западной части мѣстности, наибольшая (9—14 м.) — въ сѣверной части. На картѣ фиг. 58 даны температурныя колебанія для всей области, выраженныя линіями одинаковыхъ колебаній съ промежут-

ками въ одинъ градусъ. Кромѣ того, на картѣ фиг. 58 отмѣчены температурныя колебанія для каждой отдѣльной точки наблюденія (которыя распредѣлены по всей площади равномѣрно при разстояніи 200 м. въ сторонѣ квадрата). Сравненіе обѣихъ картъ показываетъ совершенно ясно, что температурныя колебанія тѣмъ значительнѣе, чѣмъ менѣе мощность покровнаго слоя надъ грунтовой водой (напр. $7^1/_4{}^0$ у скважины G, при толщинѣ покровнаго слоя меньше



Фиг. 58. Температурныя колебанія грунтовой воды въ области Штансдорфскаго центральнаго кладбища, представленныя линіями одинаковыхъ температурныхъ разностей. Масштабъ 1 : 15,000.

3 м.), и что при максимальной мощности амплитуда годичныхъ колебаній падаетъ до $^3/_4{}^0$. Съ другой стороны, сравнивая фиг. 52 и 58, мы видимъ, что кривыя температурныхъ колебаній и кривыя уклона идутъ въ совершенно различныхъ направленіяхъ. Въ мѣстахъ максимальныхъ различій температуры грунтовой воды наиболѣе высокая температура наблюдается въ августѣ и въ сентябрѣ. По мѣрѣ удаленія отъ этихъ мѣстъ, амплитуда темпера-



Фиг. 53. Горизонтали уровня грунтовыхъ водъ черезъ $^1/_4$ м. въ области Fiener Bruch. Масштабъ 1 : 100000.

турныхъ колебаній уменьшается, а промежутокъ времени, отдѣляющій наступленіе максимальныхъ температуръ на поверхности и въ водѣ, увеличивается, и можетъ случиться, что максимальная температура воды приходится на зиму, а минимальная — на середину лѣта. Отсюда слѣдуетъ, что нагрѣтая вода отдаетъ свое тепло отнюдь не по направленію движенія воды, но что выравниваніе температуръ происходитъ по всѣмъ направленіямъ и что важнѣйшую роль въ тепловомъ режимѣ грунтовыхъ водъ играетъ не только мощность покровныхъ слоевъ, но также и разстояніе отъ очаговъ наиболѣе сильнаго нагрѣва. Обоснованность этого вывода явствуетъ изъ нижеслѣдующихъ двухъ таблицъ. Въ таблицѣ I показаны температурныя колебанія за одинъ годъ наблюденія для 9 скважинъ, мѣстоположеніе которыхъ отмѣчено на

Таблица I. Температуры.

Время наблюденія	A_5	D_1	E_3	F_3	G_7	H_8	H_6	H_2	G_1
7 іюля 1904 . .	8 1/2	8	9	8 3/4	9	9	9 1/2	9 1/2	10 3/4
21 іюля	8 1/2	8 1/2	9 1/2	8 3/4	9	9	9 3/4	10 1/2	11 3/4
8 августа . . .	8 1/2	8 1/2	9	9	9	9	10	11	12 1/4
14 августа . . .	8 1/2	8 1/2	9	9 1/2	9 3/4	10	11	11 1/2	13
1 сентября . . .	8 1/2	8 3/4	9 1/2	9 1/2	10	10	10 1/2	12	13
15 сентября . . .	8 1/2	8 3/4	9 3/4	10	10	10 1/4	10 1/4	12	13
29 сентября . . .	8 3/4	8 3/4	9 1/2	9 1/2	10 1/4	10 1/2	10 1/2	12	12 1/2
13 октября . . .	8 3/4	8 3/4	9 1/2	9	10	10 1/2	10 3/4	11 3/4	12
27 октября . . .	9	9	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10	10	11 1/2	12
10 ноября . . .	8 1/2	9 1/4	10 1/2	10 1/4	10 1/4	10 1/2	9 1/4	11 3/4	10 1/4
24 ноября . . .	9	9	10 1/4	10 1/4	10 1/4	9 1/4	9 3/4	10 3/4	12 1/2
8 декабря . . .	9 1/4	9 1/4	10 1/4	10 1/4	10	9 1/4	9 1/2	10 1/4	9 3/4
22 декабря . . .	9 1/4	9	10 1/4	10	9 3/4	8 3/4	8 1/2	9 1/2	8 3/4
5 января 1905 .	9 1/4	9	10 1/4	9 3/4	9 3/4	8 3/4	8 1/4	9	8 1/4
19 января . . .	9 1/4	8 3/4	10	9 1/2	9	8	7 1/2	8 1/4	7 1/4
2 февраля . . .	9 1/4	9	10	9 1/2	9	8	7 1/2	8	6 1/2
16 февраля . . .	9 1/4	8 3/4	9 3/4	9 1/4	8 3/4	7 1/2	6 3/4	7 1/2	6
2 марта	9 1/4	8 3/4	9 3/4	9	8 1/4	7 1/4	6 1/2	7	5 3/4
16 марта	9	8 1/4	9 1/2	8 3/4	8 1/4	7	6 1/4	6 3/4	5 3/4
30 марта	9	8 1/4	9 1/2	8 1/2	8	7	6 1/4	6 3/4	6
13 апрѣля . . .	8 3/4	8 1/4	9 1/4	8 1/2	7 3/4	7	6 1/4	7	6 1/4
27 апрѣля . . .	8 3/4	8 1/2	9 1/2	8 1/2	7 1/2	7 1/4	6 1/2	7 1/2	6 1/2
11 мая	8 3/4	8 1/4	9 1/4	8 1/2	7 1/2	7 1/2	7	7 1/2	7 1/2
25 мая	8 1/2	8 1/4	9	8	7 3/4	7 3/4	7	7 3/4	8
8 іюня	8 1/2	8 1/4	8 3/4	8 1/4	7 3/4	7 3/4	7 1/2	8 1/4	8 3/4
22 іюня	8 1/2	8 1/4	9 1/4	8 1/2	8	8	8 1/4	9	9 3/4
6 іюля	8 1/2	8 1/4	9	8 3/4	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 3/4	10 1/2
Амплитуда . . .	3/4	1 1/4	1 3/4	2 1/2	3	3 3/4	4 1/2	5 1/4	7 1/4

Таблица II.

№№ скважинъ	Макс. въ °С.	Время	Дней послѣ 1. 8.	Глубина подъ земною поверхн въ метр.	№№ скважинъ	Макс. въ °С.	Время	Дней послѣ 1. 8.	Глубина подъ земною поверхн. въ метр.
G 1	13 1/2	8. 9	39	2,1	G 5	9 3/4	1. 12	122	8,0
H 8	10 1/2	29. 9	60	2,8	E 6	9 3/4	10. 11	102	8,3
H 6	11	18. 8	18	2,9	C 1	8 3/4	20. 10	81	8,4
H 2	12	1. 9	31	3,1	D 6	10	24. 11	116	8,5
H 7	10 3/4	8. 9	39	3,2	C 4	9 3/4	27. 11	109	8.7
F 1	11 1 2	1. 9	31	3,4	A 5	9 1/4	1. 12	122	8,7
G 2	11 3/4	15. 9	46	3,6	B 4	9 1/4	24. 11	116	8,9
F 2	11 3/4	29. 9	60	3,9	B 5	9 1/4	1. 12	122	8,9
E 1	10	20. 10	81	3,9	B 2	9	15. 12	137	8,9
H 5	10	1. 9	31	4,2	F 6	9 3/4	17. 11	109	9,0
G 7	10 1/2	27. 10	88	5,4	A 4	9	24. 11	116	9,0
G 4	10 1/2	13. 10	74	6,0	D 4	9 1/4	1. 12	122	9,1
F 3	10 1/2	20. 10	81	6,0	A 3	9 1/2	27. 10	88	9,3
D 1	9 1/4	20. 10	81	6,2	E 5	9 3/4	10. 11	102	9,5
G 3	10 1/2	27. 10	88	6,3	F 5	9 3/4	8. 12	130	9,5
F 7	10 1/2	27. 10	88	6,3	C 7	9 1/4	8. 12	130	9,5
H 3	9 1/4	10 11	102	6,6	E 4	9 3/4	29. 12	151	9,8
H 4	9 1/2	13. 10	74	6,7	B 6	9 1/2	8. 12	130	10,0
E 2	9 1/2	27. 10	88	6,8	B 1	8 3/4	26. 11	179	10,0
D 2	9 1/2	20. 10	81	7,0	C 5	9	17. 1	109	10,3
G 6	10	27. 10	88	7,0	D 5	9 3/4	22. 12	144	10,5
E 3	10 1/2	27. 10	88	7,6	A 1	9 1/4	8. 12	130	10,7
F 4	10	10. 11	102	7,6	A 2	9 1/2	3. 11	95	11,1
D 3	9 1/4	13. 10	74	7,9	A 6	9 1/2	3. 11	95	11,3
B 3	9	17. 11	109	7,9	C 6	9 1/2	12. 1	165	11,3
C 2	8 3/4	6. 10	67	8,0	B 7	9 1/4	11. 5	285	11,8
C 3	10	13. 10	74	8,0	A 7	9 1/2	18. 5	292	13,9
								5482	413,3

фиг. 52; въ таблицѣ II даны для всѣхъ скважинъ максимальныя температуры, время ихъ наступленія, число дней, протекшихъ до этого времени отъ нѣкоторой условно принятой даты (1 августа), и мощность слоевъ, лежащихъ надъ грунтовой водою въ точкахъ наблюденія. По мѣрѣ приближенія буровыхъ скважинъ къ мѣсту мелкаго залеганія грунтовой воды, амплитуда температурныхъ колебаній увеличивается: по мѣрѣ удаленія — разность между максимальной и минимальной температурой уменьшается, а наступленіе максимума запаздываетъ. Послѣдняя графа таблицы II ясно показываетъ закономѣрное вліяніе увеличивающейся мощности неводоносныхъ покровныхъ слоевъ надъ грунтовой водой.

источниковъ заключается въ тѣхъ запасахъ тепла, которые, увеличиваясь съ глубиной, составляютъ какъ бы неотъемлемую особенность земной коры. Въ рудникахъ, при устройствѣ шахтъ, при буреніи туннелей черезъ большіе горные массивы, напр., въ Альпахъ, при заложеніи глубокихъ буровыхъ скважинъ сдѣлано наблюденіе, что температура горныхъ породъ увеличивается по мѣрѣ углубленія въ нѣдра земли и, вообще, равномѣрно хотя и не вездѣ въ одинаковой степени. Если подземныя воды тѣмъ или инымъ путемъ — о чемъ рѣчь впереди — проникаютъ по наклоннымъ водопроницаемымъ пластамъ или по скважинамъ и пустотамъ до значительной глубины, то онѣ принимаютъ температуру проѣденныхъ ими породъ, измѣняющуюся соотвѣтственно величинѣ геотермическаго градуса даннаго мѣста; при послѣдующемъ быстромъ восхожденіи онѣ отдаютъ лишь часть пріобрѣтеннаго тепла и выходятъ на земную поверхность съ температурой болѣе высокой, нежели температура воды обыкновенныхъ источниковъ.

И такъ, геотермическое повышеніе температуры подземныхъ водъ отъ простого ихъ соприкосновенія съ горными породами тѣмъ значительнѣе,

1. чѣмъ больше глубина проникапія воды,
2. чѣмъ меньше геотермическій градусъ мѣстности,
3. чѣмъ быстрѣе восходящее движеніе воды,
4. чѣмъ слабѣе теплопроводныя свойства проходимыхъ при восходящемъ движеніи породъ.

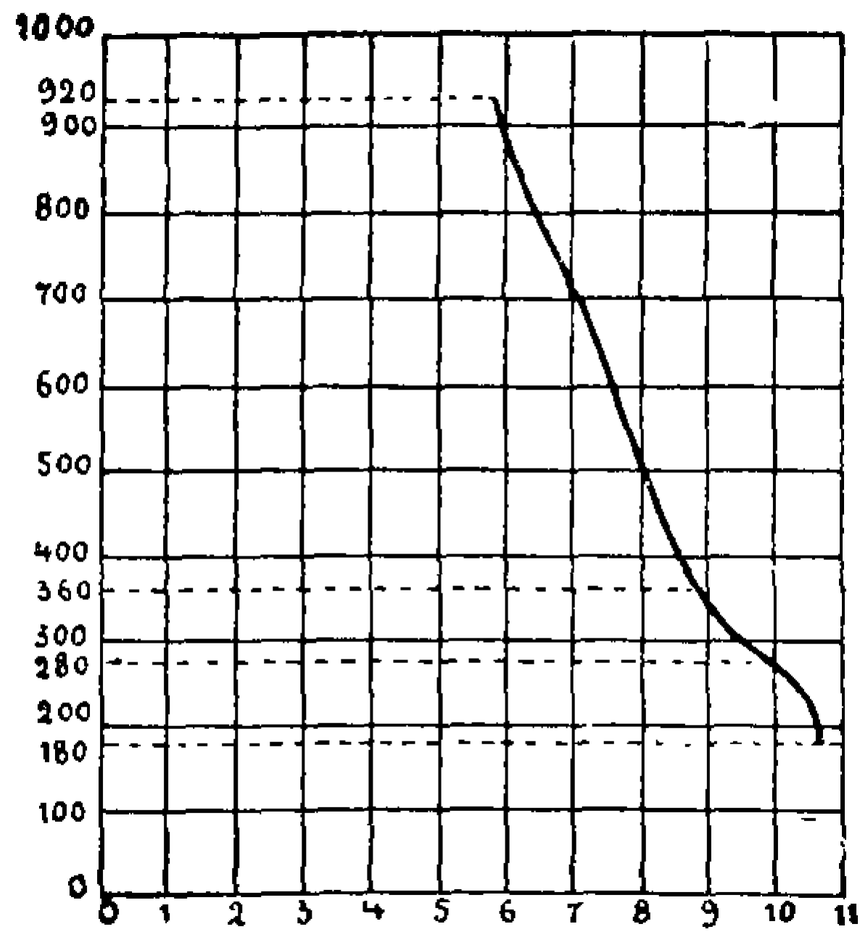
c) Однако, важнѣйшую причину высокой температуры термальныхъ источниковъ слѣдуетъ искать въ глубочайшихъ нѣдрахъ земли, въ огненножидкомъ состояніи расплавленныхъ вулканическихъ массъ.

Мы уже видѣли, при разсмотрѣніи вопроса о происхожденіи подземной воды, что изъ вулканическихъ нѣдръ замли непрерывно поднимаются на поверхность все новыя и новыя количества воды. Въ глубокихъ горизонтахъ вода можетъ подниматься лишь въ видѣ паровъ, которые конденсируются въ поверхностныхъ слояхъ земной коры и подъ давленіемъ непрерывно напирающихъ снизу паровъ выталкиваются вверхъ и выходятъ на поверхность съ температурами иногда близкими къ точкѣ кипѣнія воды или даже равными ей (въ Германіи столь высокая температура источниковъ уже не наблюдается). Степень охлажденія вулканическихъ водъ при восходящемъ движеніи и температура, съ которою онѣ выходятъ на поверхность, опредѣляются цѣлымъ рядомъ факторовъ:

1. быстротой восходящаго движенія воды, иначе говоря — количествомъ и напорной силой поднимающихся паровъ;
2. формой тѣхъ путей, по которымъ поднимается вода

(трубки съ круглымъ сѣченіемъ лучше сохраняютъ температуру воды, нежели узкія щели съ большею площадью стѣнокъ, оказывающихъ холодящее вліяніе);

3. тѣмъ обстоятельствомъ, достигаетъ ли горячая вода земной поверхности въ чистомъ видѣ или же встрѣчаетъ на своемъ пути менѣе теплую или даже холодную подземную воду и смѣшивается съ нею, отдавая часть своего тепла. Первый случай врядъ ли можетъ быть доказанъ, да и самъ по себѣ онъ представляется весьма мало вѣроятнымъ. Всѣ пути, по которымъ эти такъ называемыя ювенильныя воды проникаютъ въ верхнія части земной коры, заполнены обыкновенной вадозной водой, — и смѣшиваніе обоихъ видовъ воды неизбѣжно; можно даже высказать то общее положеніе, что, по количеству, вадозная вода всегда и въ значительной степени преобладаетъ надъ ювенильной.



Фиг. 59.

То, что было сказано относительно термальныхъ свойствъ подземной воды, приложимо въ равной мѣрѣ и къ источникамъ. Альбертъ Геймъ пишетъ мнѣ по этому поводу слѣдующее:

„Многіе довольно сильные источники, выходящіе съ глубины 10—30 м., имѣютъ постоянную температуру, соотвѣтствующую средней температурѣ почвы данной мѣстности, которая равна средней температурѣ воздуха $+ {}^1/_2$ до 3 или больше градусовъ, смотря по продолжительности снѣжнаго покрова.

Температура другихъ источниковъ колеблется на 1—3°, въ зависимости отъ температуры просачивающихся водъ, отъ проникающаго снаружи тепла или холода.

Иные источники зимою теплѣе, чѣмъ лѣтомъ. Зимою, вслѣдствіе мерзлоты, нѣтъ питанія съ поверхности, и вся вода берется изъ глубокихъ запасовъ. Зимою выходитъ на поверхность теплая вода, просочившаяся лѣтомъ, а лѣтомъ — болѣе холодная талая вода“.

Температура источниковъ понижается по мѣрѣ возрастанія высоты надъ уровнемъ моря, но не столь сильно, какъ средняя годовая температура воздуха. Добрэ даетъ на стр. 424 своего извѣстнаго руководства обзоръ 28 источниковъ Эльзаса, въ предгоріяхъ и горахъ Вогезъ, и зависимость между пониженіемъ температуры и возрастаніемъ высоты надъ уровнемъ моря изображаетъ графикомъ (фиг. 59), гдѣ вертикальныя линіи обозначаютъ

Всѣ разсмотрѣнныя особенности, характеризующія распредѣленіе тепла въ подземныхъ и ключевыхъ водахъ, легко объясняются термальными свойствами земной коры. Верхній слой коры, на глубину 5—10 м., подверженъ разнообразнымъ вліяніямъ временъ года, нагрѣвается лѣтомъ, охлаждается зимою; но эти вліянія прекращаются на означенной глубинѣ, гдѣ и начинается такъ называемая индифферентная зона, температура которой, хотя и не точно, но приблизительно равна средней годовой температурѣ данной мѣстности. При дальнѣйшемъ углубленіи повсюду замѣчается повышеніе температуры. Путемъ многочисленныхъ наблюденій въ буровыхъ скважинахъ и въ рудникахъ удалось опредѣлить ту среднюю мощность слоя, въ предѣлахъ которой температура повышается на 1^0. Эта мощность обозначается терминомъ геотермическій градусъ. Онъ, въ среднемъ, равенъ 30 м., хотя мѣстами, въ силу особыхъ вліяній, замѣчаются значительныя отклоненія отъ этого средняго, и геотермическій градусъ можетъ уменьшиться до 10—20 м. или увеличиться до 50—60 м. Предположеніе, что геотермическій градусъ возрастаетъ съ глубиной, еще не доказано: напротивъ — оно какъ будто опровергается результатами температурныхъ измѣреній, сдѣланныхъ въ буровой скважинѣ у Чухова, самой глубокой на землѣ. Вслѣдствіе такого возрастанія температуры съ глубиной, горныя породы на глубинѣ 1 км. имѣютъ уже температуру въ 40^0, а на глубинѣ 3 км. температуру кипѣнія воды, такъ что вода, проникающая до такой глубины, неминуемо должна нагрѣться до точки кипѣнія воды и выше.

Высокая температура теплыхъ или термальныхъ источниковъ можетъ быть обусловлена тремя различными причинами:

а) Во первыхъ, повышеніе температуры горныхъ породъ и воды можетъ явиться слѣдствіемъ выдѣленія тепла при различныхъ химическихъ процессахъ. Извѣстно, что многія химическія превращенія, особенно окисленіе и образованіе гидратовъ, связаны съ выдѣленіемъ значительныхъ количествъ тепла. Представляется, однако, мало вѣроятнымъ, чтобы эти процессы происходили въ верхнихъ слояхъ земной коры въ размѣрахъ настолько широкихъ, чтобы оказать замѣтное вліяніе на повышеніе температуры подземной воды. Къ этому же разряду тепловыхъ явленій слѣдуетъ отнести и такъ называемые флёцовые пожары, возникающіе иногда въ пластахъ каменноугольной формаціи и вызывающіе сильное мѣстное повышеніе температуры, которое, разумѣется, передается и подземнымъ водамъ, циркулирующимъ вблизи такого пожарища.

б) Гораздо болѣе важная причина повышенной температуры

температуру въ °C, горизонтальныя — высоту надъ уровнемъ моря въ метрахъ.

Графикъ пониженія температуры получился не въ видѣ прямой линіи, но имѣетъ впадину для высотъ 280—360 м. Ниже этой высоты температура падаетъ на 1^0 на каждые 200 м. высоты, въ предѣлахъ 280—360 м. — на 1^0 на 120 м. высоты, въ предѣлахъ 360—920 м. — опять на 1^0 на каждые послѣдующіе 200 м. Источники въ Кайзерштулгебирге также превышаютъ среднюю годовую температуру на $2{,}6^0$. Въ Авейронѣ Буассъ нашелъ уменьшеніе температуры источниковъ на 1^0 на каждые 135 м. высоты; для Баварскихъ Альпъ Гюмбель установилъ пониженіе на 1^0 на 272 м., а для Фихтельгебирге на 222 м. высоты.

Наблюденія надъ температурою источниковъ, производимыя систематически въ теченіе продолжительнаго времени, могутъ дать отвѣтъ на цѣлый рядъ вопросовъ. Сюда относится вопросъ о взаимоотношеніи между подземными водами и источниками и поверхностно текущими водами. Альбертъ Геймъ сообщилъ намъ объ одномъ случаѣ, когда путемъ регулярныхъ термическихъ наблюденій удалось опровергнуть предполагаемую связь между однимъ богатымъ источникомъ и протекающею по сосѣдству рѣчкою. Въ то время какъ температура рѣчки колебалась между 0^0 и 12^0, вода источника имѣла равномѣрную температуру, зимой и лѣтомъ одинаковую. Съ другой стороны, при одномъ опытѣ выкачиванія грунтовой воды, близъ Эльбы къ югу отъ Магдебурга, зимою, когда вода рѣки имѣла температуру 0^0 въ теченіе долгаго времени, было сдѣлано наблюденіе, что температура грунтовой воды во время выкачиванія довольно быстро опустилась съ 19^0 на $6^1/_2{}^0$, между тѣмъ какъ содержаніе хлора, столь характерное для воды Эльбы, повысилось.

Поэтому, въ случаяхъ, когда нужно рѣшить вопросъ — напр., въ горномъ дѣлѣ — о возможности прониканія въ землю рѣчной воды, рекомендуется произвести пробное выкачиваніе и вызвать сильное пониженіе уровня грунтовыхъ водъ въ ближайшемъ сосѣдствѣ съ рѣкой въ такое время, когда температура рѣки либо очень высокая, либо очень низкая и сильно отличается отъ температуры грунтовой воды. Путемъ продолжительныхъ ежедневныхъ измѣреній температуры слѣдуетъ, затѣмъ, установить, падаетъ ли температура грунтовой воды при сильномъ пониженіи ея уровня — зимою, повышается ли — въ серединѣ лѣта, или остается неизмѣнной. Въ послѣднемъ случаѣ можно сдѣлать заключеніе, что ложе рѣки достаточно плотно, что рѣчная вода не просачивается.

Другой случай: вода врывается въ туннель. Термическія наблюденія и здѣсь ведутъ къ важнымъ заключеніямъ:

Если температура воды, вначалѣ высокая, быстро падаетъ, то можно сдѣлать выводъ, что резервуаръ, питающій этотъ водный потокъ, будетъ быстро исчерпанъ, основываясь на томъ соображеніи, что, очевидно, уровень воды въ резервуарахъ горнаго массива понижается настолько быстро, что притекающая сверху холодная вода не имѣетъ достаточно времени, чтобы принять температуру окружающихъ горныхъ породъ. Шардтъ описалъ подобные случаи, изъ практики въ Симплонскомъ туннелѣ.

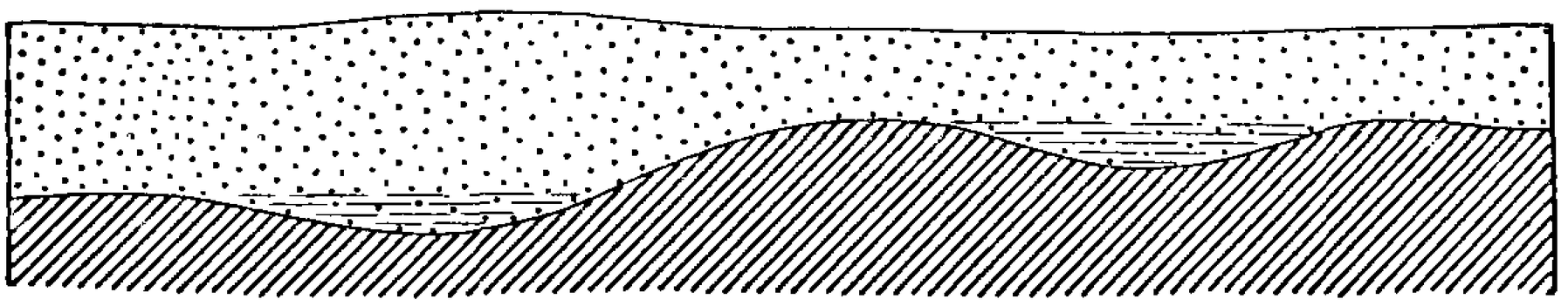
3. Грунтовыя воды въ рыхлыхъ проницаемыхъ образованіяхъ.

ГЛАВА 23.

Движеніе грунтовой воды въ почвѣ при отсутствіи непроницаемыхъ пластовъ.

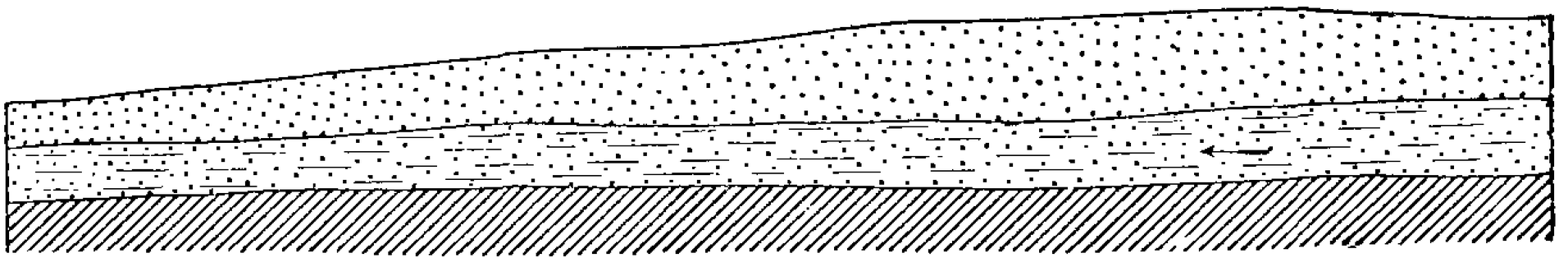
Проникающая въ почву вода вначалѣ подвержена исключительно лишь дѣйствію силы тяжести, подъ вліяніемъ которой и просачивается въ нижележащіе слои. О процессѣ передвиженія воды вглубь можно получить наглядное представленіе, если въ стеклянную трубку, наполненную сухимъ бѣлымъ кварцевымъ пескомъ, налить сверху нѣкоторое количество воды. Тогда совершенно ясно видно, что песокъ, смоченный водою, окрашивается въ сѣрый цвѣтъ, что сѣрая окраска книзу постепенно нарастаетъ и на извѣстной линіи останавливается. Во всей массѣ песка, лежащей выше этой раздѣлительной линіи, всѣ песчаныя зернышки теперь покрыты тонкимъ слоемъ капиллярной воды (ср. гл. 18), при чемъ, однако, поры между песчинками отнюдь не заполнены водою. Вода уже не можетъ больше просачиваться вглубь песка, такъ какъ она энергично задерживается около зернышекъ дѣйствіемъ капиллярныхъ силъ. Если мы сверху прильемъ новыя количества воды, то внизу процессъ смачиванія будетъ продолжаться, но заполненіе водою скважинъ между песчинками можетъ начаться лишь тогда, когда процессъ смачиванія песчинокъ будетъ завершенъ во всей массѣ песка. Тотъ же процессъ совершается и въ природѣ, и мы дѣлаемъ заключеніе, что просачиваніе капельножидкой воды можетъ начаться лишь послѣ завершившагося смачиванія поверхности зеренъ водоноснаго слоя. Однако процессъ смачиванія совершается съ извѣстною правильностью лишь у мелкозернистыхъ водоносныхъ слоевъ, т. е. у песковъ съ величиною зерна меньшею $^1/_2$ мм., при чемъ для полнаго капиллярнаго

поглощенія какого либо слоя воды достаточно слоя такого песка пятикратной мощности. Во всѣхъ болѣе крупныхъ пескахъ и, вѣроятно, во всѣхъ естественныхъ случаяхъ процессъ просачиванія совершается такимъ путемъ, что вода сначала смачиваетъ равномѣрно всѣ частицы почвы, дальнѣйшее же ея прониканіе совершается по особымъ развѣтвляющимся путямъ наименьшаго сопротивленія на треніе. Такимъ образомъ, сравнительно малыя количества воды могутъ проникать въ почву на далекія разстоянія. Передвиженіе воды вглубь прекращается лишь при



Фиг. 60. Озера грунтовой воды.

встрѣчѣ съ водоупорнымъ пластомъ или съ ранѣе образовавшимся резервуаромъ грунтовой воды. Вертикальное движеніе прекращается, вода въ своемъ теченіи слѣдуетъ уже исключительно общему движенію грунтовыхъ водъ, направленному въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, поскольку водоносный слой сохраняетъ свою однородность, къ той части мѣстности, гдѣ имѣются наиболѣе глубокія долины и, вмѣстѣ съ тѣмъ, мѣста выхода грунтовой воды, въ конечномъ итогѣ, стало быть, къ наиболѣе глубокимъ линіямъ разрѣза горныхъ породъ, къ морскимъ побережьямъ.

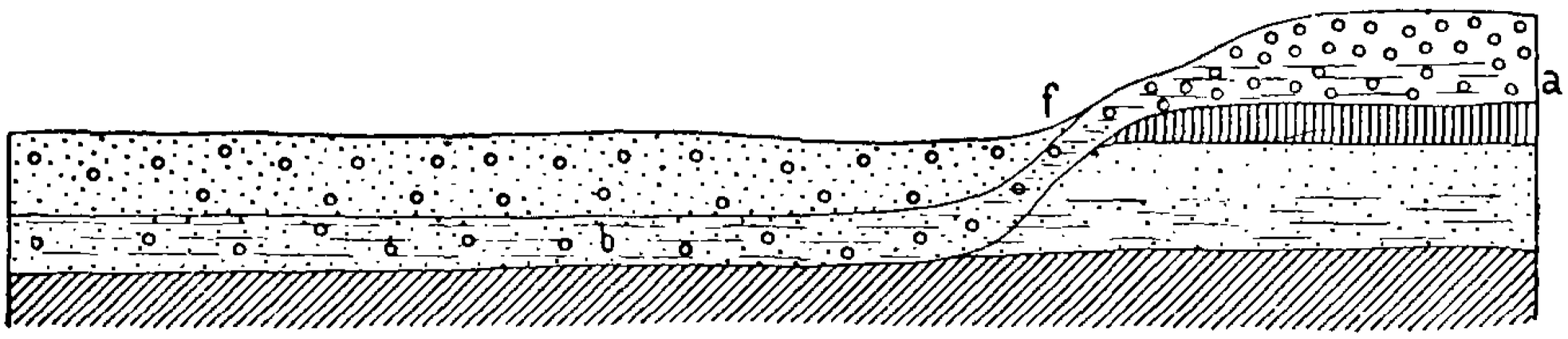


Фиг. 61. Потокъ грунтовой воды.

Передвиженіе воды сопровождается вытѣсненіемъ воздуха изъ пустотъ, занимаемыхъ водою. Вытѣсняемый воздухъ поднимается въ видѣ маленькихъ пузырьковъ, при чемъ воздушные пузырьки, какъ это показали спеціальныя изслѣдованія, направляются по особымъ мелкимъ канальцамъ, лежащимъ между каналами, занятыми водою.

Законы движенія, которымъ слѣдуетъ вода въ грунтѣ, будетъ не трудно установить, если имѣть въ виду, что грунтовая вода должна слѣдовать тѣмъ же физическимъ законамъ, какъ и поверхностно текущая вода, и должна, стало быть, представлять тѣ же самыя разнообразныя явленія. Подобно тому, какъ боль-

шія скопленія стоячей воды на земной поверхности мы называемъ озерами, такія же скопленія воды, скрытыя подъ землей, обозначаются какъ о з е р а г р у н т о в о й в о д ы (фиг. 60). Они узнаются по тому, что зеркало ихъ во всѣхъ своихъ точкахъ стоитъ одинаково высоко, т. е. горизонтально. Большимъ открытымъ рѣкамъ соотвѣтствуютъ широкіе п о т о к и г р у н т о в о й в о д ы (фиг. 61), а рѣки, текущія на земной поверхности въ узкихъ ущельяхъ, имѣютъ въ грунтовой водѣ аналогію въ тѣхъ потокахъ, которые текутъ по трещинамъ и скважинамъ горныхъ породъ.



Фиг. 62. Подземный водопадъ.

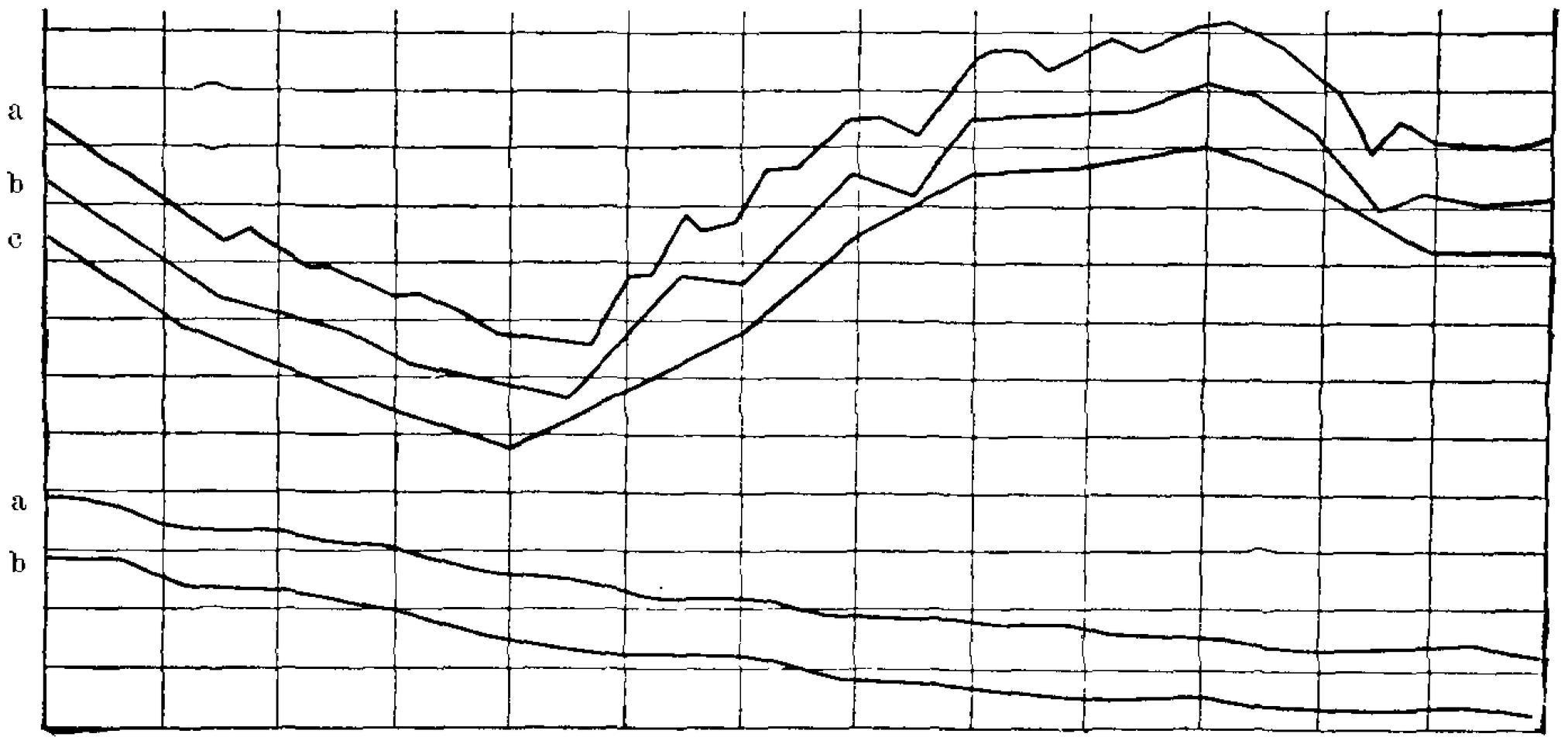
Точно также имѣются участки, въ которыхъ вода течетъ съ большою быстротою, участки, въ которыхъ вода изъ одного уровня круто переходитъ въ другой болѣе низкій, — явленія, вполнѣ соотвѣтствующія водопадамъ на земной поверхности.

ГЛАВА 24.

Грунтовыя воды въ мертвыхъ долинахъ.

Движеніе грунтовыхъ водъ наиболѣе просто, и для насъ наиболѣе понятно, совершается въ большихъ широкихъ и заполненныхъ до значительной глубины проницаемыми образованіями рѣчныхъ долинъ. Мы можемъ различать два вида рѣчныхъ долинъ, а именно: части древнихъ долинъ (ср. гл. 3), лежащія нынѣ въ видѣ мертвыхъ долинъ, по которымъ уже не протекаютъ соотвѣтствующія ихъ размѣрамъ рѣки, но лишь мелкіе ручейки и рѣчки, и затѣмъ такія рѣчныя долины, по которымъ и понынѣ текутъ рѣки соотвѣтственной величины. Къ первой группѣ относятся многія части сѣверо-германскихъ древнихъ долинъ и цѣлый рядъ долинъ, покрытыхъ прежде ледниками предгорій Альпъ. Не мало такихъ старыхъ мертвыхъ долинъ также и въ области среднегерманскихъ горъ, поскольку послѣднія были захвачены дилювіальнымъ ледниковымъ покровомъ. Если въ такой долинѣ, заполненной пескомъ и гравіемъ, заложить колодезь, то на опредѣленной, большею частью незначительной, глубинѣ окажутся водоносные слои, и въ колодцѣ появится вода. При дальнѣйшемъ углубленіи колодца поверхность

воды останется на прежнемъ уровнѣ, и высота водяного столба будетъ расти соотвѣтственно углубленію колодца. Если въ теченіе болѣе продолжительнаго времени производить наблюденія надъ состояніемъ водной поверхности такого колодца, опредѣливъ предварительно, путемъ нивеллировки, высоту надъ уровнемъ моря какой либо постоянной точки въ колодцѣ и производя затѣмъ по этой точкѣ періодическія измѣренія абсолютной высоты воднаго зеркала, то послѣ достаточнаго ряда измѣреній окажется, что водное зеркало въ колодцѣ не занимаетъ какого либо опредѣленнаго положенія, но поперемѣнно то повышается, то понижается. Эти колебанія можно представить графически кривыми, откладывая время по оси абсциссъ, высоты по оси ординатъ. Если ординаты между собою соединить прямыми, то получится



Фиг. 63.

общая кривая или ломаная, точно выражающая вертикальныя движенія воднаго зеркала и тѣмъ болѣе точная, чѣмъ чаще производились наблюденія. Можно производить наблюденія либо ежедневно, либо разъ въ недѣлю, разъ въ двѣ недѣли, разъ въ мѣсяцъ, при чемъ будутъ получаться кривыя все болѣе простыя, такъ какъ при рѣдкихъ наблюденіяхъ мелкія колебанія водной поверхности выпадаютъ. На фиг. 63 даны три кривыя одного и того же воднаго зеркала, построенныя: a — на еженедѣльныхъ, b — на двунедѣльныхъ, c — на ежемѣсячныхъ наблюденіяхъ. Эти кривыя совершенно ясно показываютъ, какое большое значеніе для раскрытія мелкихъ колебаній имѣетъ частота наблюденій. Въ томъ случаѣ, если движеніе грунтовой воды совершается съ большою правильностью, то учащеніе наблюденій не можетъ существенно измѣнить общій видъ кривой, какъ это видно по обѣимъ кривымъ, помѣщеннымъ на фиг. 63 внизу, при чемъ верхняя a по-

строена по ежемѣсячнымъ, нижняя b по двунедѣльнымъ наблюденіямъ. Видъ графика грунтовой воды обусловленъ степенью ея питанія, и поэтому максимумы графика падаютъ, вообще, на время усиленнаго питанія грунтовой воды, т. е. на періоды обильныхъ осадковъ, усиленнаго таянія снѣговъ, сильной продолжительной насыщенности воздуха влагой, а минимумы графика совпадаютъ съ періодами скудныхъ осадковъ или съ засушливыми періодами. Болѣе детальныя данныя о колебаніяхъ уровня грунтовой воды будутъ даны въ одной изъ послѣдующихъ главъ.

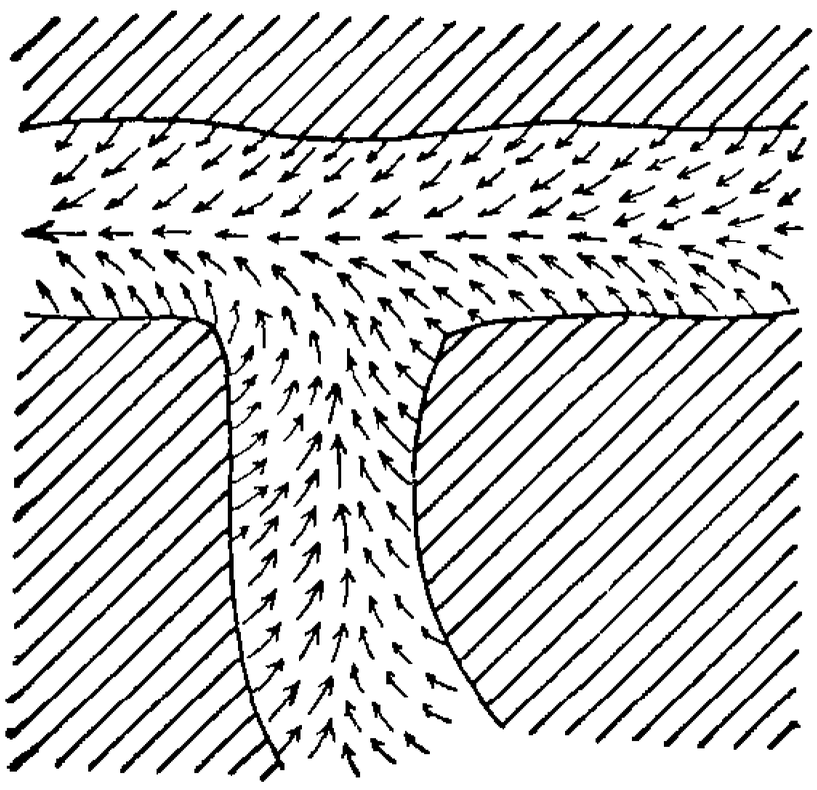
Организаціей наблюденій подобнаго рода въ цѣломъ рядѣ колодцевъ, расположенныхъ въ какой либо области на незначительномъ одинъ отъ другого разстояніи, можно получить матеріалъ для составленія картъ поверхности грунтовой воды въ разные періоды ея колебаній. Съ этой цѣлью слѣдуетъ въ соотвѣтственномъ масштабѣ нанести на планъ всѣ точки наблюденій, сдѣлать отмѣтки о высотѣ стоянія грунтовой воды и соединить всѣ точки одинаковой высоты, какъ это было показано въ главѣ 20. Вертикальное разстояніе между горизонталями грунтовой воды должно быть тѣмъ меньше, чѣмъ незначительнѣе, вообще, различія между отдѣльными колодцами. При сильномъ паденіи горизонтали берутся на разстояніи метра, при среднемъ — на разстояніи $^1/_4$ метра, при очень слабомъ — даже $^1/_{10}$ метра. Такія карты непосредственно показываютъ какъ направленіе потока грунтовой воды, такъ и величину его паденія, при чемъ подъ направленіемъ слѣдуетъ разумѣть линію, перпендикулярную къ горизонталямъ, подъ паденіемъ — частное отъ дѣленія вертикальнаго разстоянія между горизонталями на ихъ горизонтальное разстояніе.

Если есть возможность распространить подобныя наблюденія надъ грунтовой водой на всю ширину долины въ какой либо ея части, то полученный матеріалъ послужитъ для составленія карты грунтовой воды данной поперечной части долины, какъ, напр., показано на фиг. 53. Тогда мы обнаружимъ движеніе грунтовой воды въ двухъ направленіяхъ. Мы увидимъ, что вода отъ краевъ долины направляется къ ея серединѣ, здѣсь же течетъ по направленію уклона долины, при чемъ разстояніе горизонталей, т. е. паденіе потока грунтовой воды довольно точно согласуется съ паденіемъ дна долины. Подобное двойное движеніе грунтовой воды въ большихъ рѣчныхъ долинахъ обусловлено, во-первыхъ, постепеннымъ повышеніемъ краевъ долины къ сосѣднимъ возвышеннымъ плато и, во-вторыхъ, часто наблюдаемымъ явленіемъ питанія грунтовой воды именно со стороны этихъ плато. Оба эти движенія, складываясь, даютъ равнодѣйствующую, по-

добно движенію воды, какое на прилагаемомъ здѣсь рисункѣ (фиг. 64) схематически изображено стрѣлками.

Если же, напротивъ, по краямъ долины наблюдается движеніе грунтовой воды, направленное вдоль долины, а не къ ея серединѣ, то отсюда можно заключить о незначительности или полномъ отсутствіи притока грунтовой воды со стороны плато.

Древнія долины Сѣверо-германской низменности пересѣкаютъ пласты дилювіальныхъ отложеній, захватывая иногда и третичныя породы, состоящія изъ такихъ же совершенно рыхлыхъ образованій. Грунтовая вода въ нихъ движется въ пластахъ песка и гравія, лишь въ видѣ исключенія покрытыхъ сверху тонкими дилювіальными или аллювіальными слоями (долинной глины или рѣчного ила). Иное отношеніе показываютъ древнія долины покрытыхъ прежде ледниками огромныхъ областей Среднегерманскихъ горъ. Онѣ, большею частью, врѣзаны въ третичныя и даже болѣе древнія породы и лишь въ видѣ исключенія бываютъ ограничены дилювіемъ. Въ качествѣ хорошо изученнаго примѣра, изберемъ окрестности Лейпцига [1]).



Фиг. 64.

Какъ показываетъ карта фиг. 65, окрестности Лейпцига на всемъ протяженіи до Вурцена пересѣкаются долинами р. Мульды — на востокѣ, р. Эльстера съ притоками, р. Партою и Плейсою — на западѣ. Но въ ледниковый періодъ, отчасти подъ водосдерживающимъ вліяніемъ залегавшихъ съ сѣвера материковыхъ льдовъ, здѣсь была развита совершенно иная система долинъ. Къ сѣверу отъ м. Вурценъ, а также между Лейпцигомъ и м. Гримма залегаютъ древнія долины рѣки Мульды, заполненныя огромными массами песка и гравія. Вторая изъ этихъ долинъ, пользуясь долиною р. Парты, соединяетъ современныя долины рѣкъ Мульды и Эльстера, а болѣе южный ея рукавъ устанавливаетъ то же соединеніе при посредствѣ современныхъ долинъ рѣкъ Гёсселя и Плейсы. Дилювіальная долина р. Эльстеръ залегаетъ къ западу отъ современной и тянется съ юга на сѣверъ. Къ сѣверу отъ мѣстечка Вурценъ, направляясь съ востока на западъ, расположена древняя долина р. Мульды, которая, встрѣчая современную

---

1) G. Thiem: Grundwasserströme bei Leipzig und deren Ausnutzung. „Journ. für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung“ 1911, Nr. 32.



Песокъ и гравій средней террасы.
Суглинокъ.
Песокъ и гравій верхней террасы.
Суглинокъ.
Долинная глина.
Валунный суглинокъ.
Третичныя отложенія.
Порфиръ.

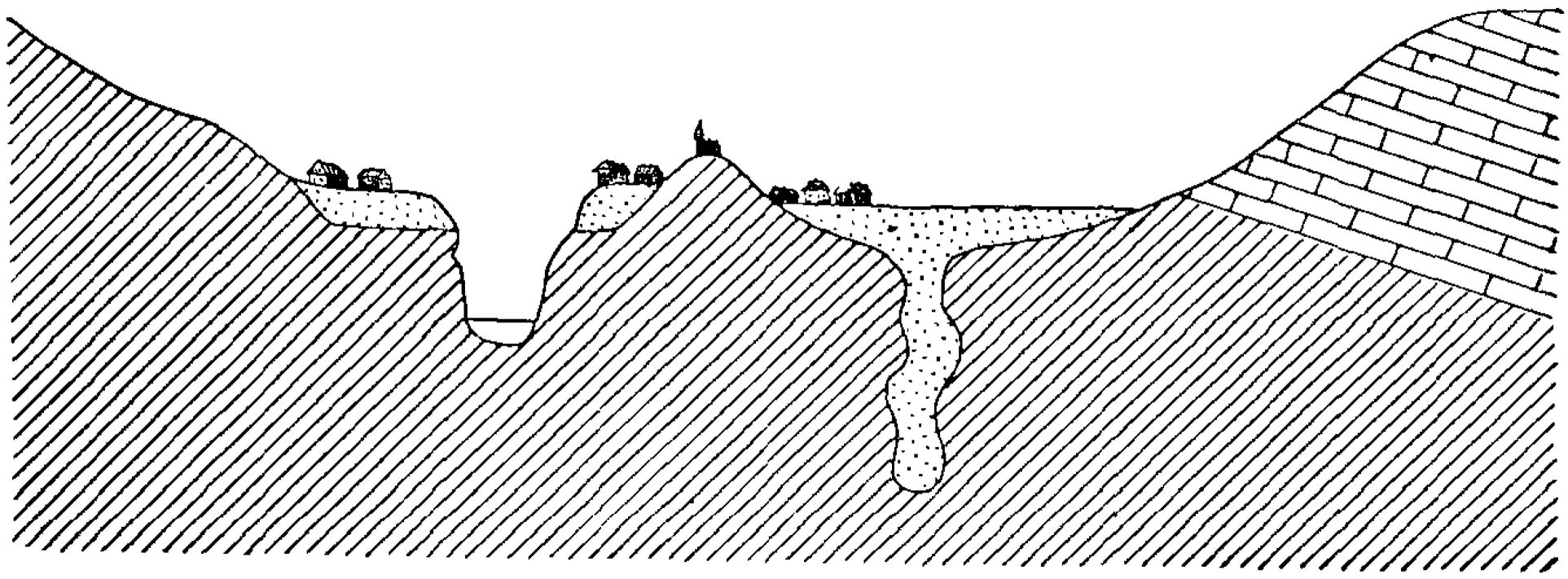
Фиг. 66.

долину той же рѣки, изгибается и уходитъ на сѣверъ черезъ Эйленбургъ. Древняя долина р. Мульды близъ м. Наундорфъ (между Лейпцигомъ и Гримма), при ширинѣ въ 4—5 км. и мощности водоноснаго слоя въ 12 до 18 м., даетъ ежедневно 80000 куб. м. воды. Древняя долина р. Эльстеръ, при среднемъ паденіи 1 : 500, имѣетъ ширину въ 5—6 км. Мощность ея водоноснаго покрова, совершенно незначительная на западѣ, равняется въ серединѣ долины 5—6 м., а на востокѣ доходитъ до 20 м., при чемъ грунтовая вода залегаетъ въ нижнемъ слоѣ, мощностью отъ 10 до 12 м. Водная производительность равняется 15000 до 20000 куб. м. въ сутки.

Въ сѣверной части древной долины р. Мульды у м. Вурценъ, при ширинѣ долины въ 4 км., была констатирована ежедневная производительность въ 60000 куб. м. Эта часть долины врѣзана въ третичныя отложенія, изрѣдка прерываемыя жилами порфира (фиг. 66). Отложенія крупнаго гравія образуютъ нѣсколько послѣдовательныхъ террасъ, лежащихъ одна надъ другой. Водоносные пласты покрыты на нижней террасѣ аллювіальнымъ наносомъ, на средней — дилювіальной рѣчной глиной, на верхней — валуннымъ мергелемъ. Потокъ грунтовой воды, съ паденіемъ 1 : 90, направляется строго по уклону долины, а это значитъ, что онъ не имѣетъ сколько нибудь значительнаго питанія со стороны сосѣднихъ плато.

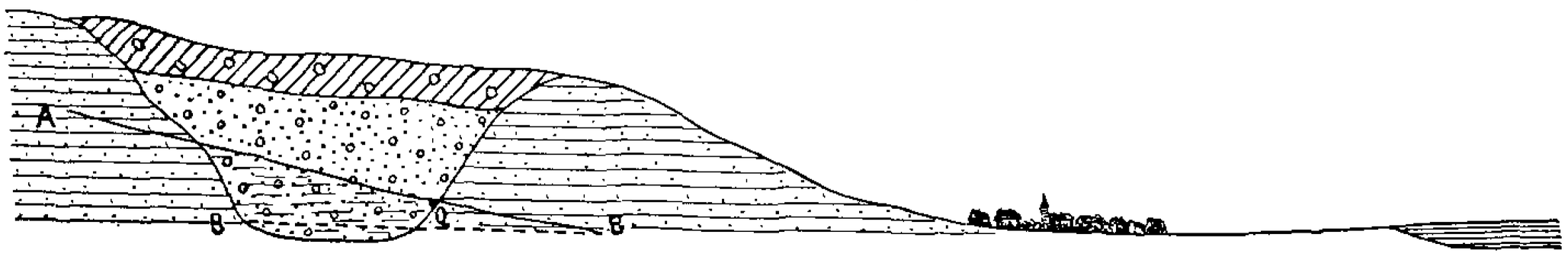
Совершенно иное отношеніе показываютъ древнія закрытыя долины въ области предальпійскихъ ледниковъ, широко здѣсь распространенныя. Онѣ залегаютъ частью въ дилювіаль-

ныхъ пластахъ, но преимущественно въ плотныхъ породахъ (гнейсъ, тріасъ, юра, моласссъ). Любезности проф. Альб. Геймa въ Цюрихѣ мы обязаны профилями и описаніями многихъ такихъ старыхъ долинъ, которыя были вырыты рѣками еще въ доледниковый періодъ, затѣмъ въ ледниковый періодъ были запол-



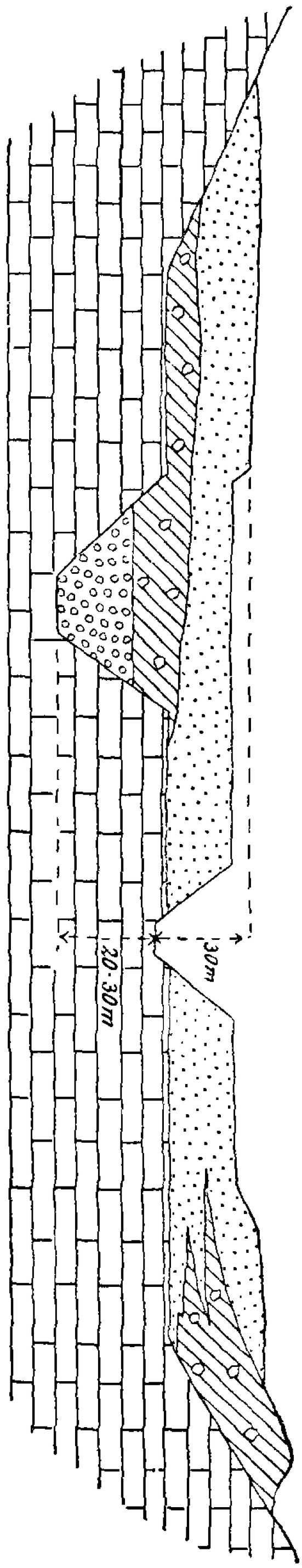
Фиг. 67.

нены отложеніями и потеряли, такимъ образомъ, свою функцію живыхъ рѣчныхъ долинъ. На фиг. 67 изображены въ профилѣ геологическія условія залегающей въ гнейсѣ древней долины р. Рейна близъ Лауффенбурга, врѣзанной глубоко въ горную породу, глубже современной долины той же рѣки, и заполненной отложеніями нижнетеррасоваго хряща.

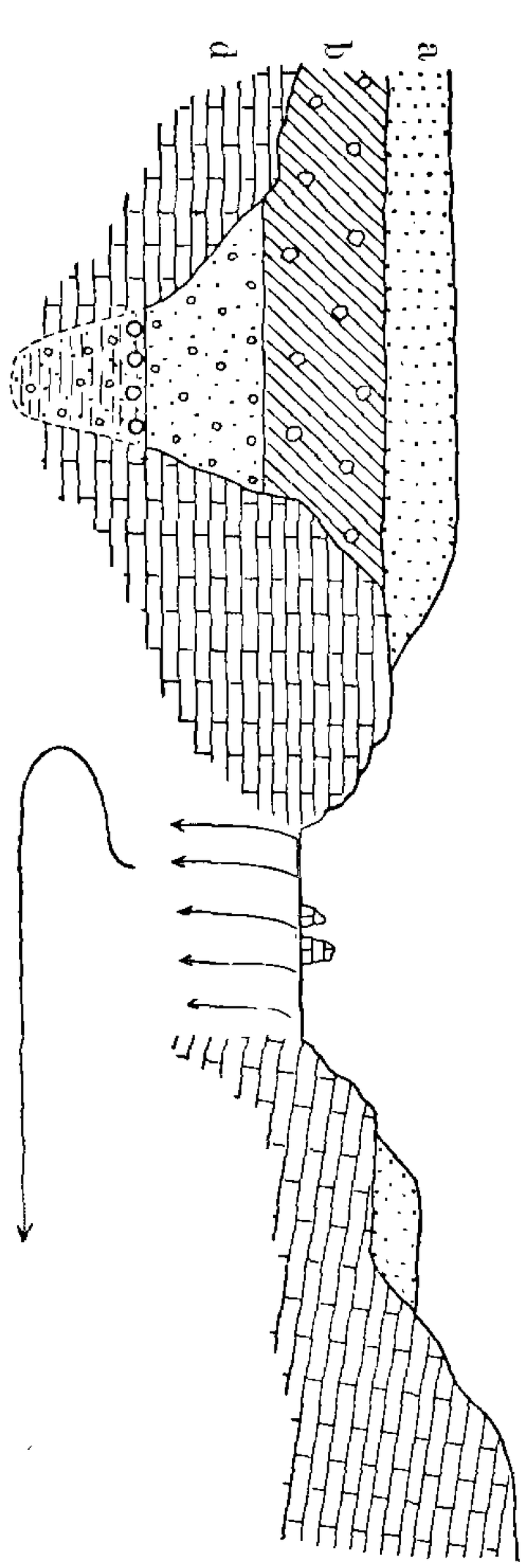


Фиг. 68.

На фиг. 68 изображенъ разрѣзъ мѣстности у Кюснахтъ близъ Цюриха. Древняя долина, залегающая въ моласссѣ, въ нижней своей части заполнена ледниковымъ рѣчнымъ гравіемъ, который сверху прикрытъ мореной, совершенно выравнивающей долину. Эта долина пересѣкается болѣе молодой рѣчной долиной, уклонъ которой показанъ на рисункѣ линіей AB. Въ глубочайшей точкѣ пересѣченія двухъ долинъ прежде находился богатый источникъ (Q). Съ цѣлью использованія запасовъ грунтовой воды этой за-



Фиг. 69.



Фиг. 70.

полненной долины, по линіи BB заложена плотина, которая перехватываетъ и выводитъ воду на поверхность.

Всѣ глубокія древнія русла въ области рѣки Рейна отъ Боденскаго озера до Базеля, въ области р. Лиммать между Цюрихскимъ озеромъ и Рейномъ, а также р. Аара между Тунскимъ

озеромъ и Рейномъ имѣютъ одно и то же строеніе: снизу залегаетъ верхнетеррасовый хрящъ, затѣмъ слѣдуетъ морена и, наконецъ, нижняя терраса. Но эти древнія террасы отнюдь не всегда лежатъ надъ современною долиною рѣки, часто лежатъ въ въ сторонѣ отъ нея, нерѣдко пересѣкаются ею, и грунтовыя воды заполненной древней долины при низкомъ стояніи воды въ рѣкѣ выходятъ на поверхность въ видѣ источниковъ въ мѣстахъ перекрещиванія древней и новой долины. На фиг. 60 изображенъ типичный для подобныхъ случаевъ профиль.

Очень хорошимъ примѣромъ можетъ служить представленный на фиг. 70 профиль мѣстности близъ Нейгаузена на Рейнѣ. Древняя долина Рейна, какъ видно на рисункѣ, врѣзана въ толщу юрскихъ породъ гораздо глубже современной долины и заполнена ледниковымъ рѣчнымъ гравіемъ предпослѣдняго ледниковаго періода, т. е. верхнетеррасовымъ хрящемъ, надъ которымъ залегаетъ донная морена послѣдняго ледниковаго періода. Хрящъ верхней террасы чрезвычайно богатъ грунтовой водой, которая и добывается здѣсь для надобностей м. Нейгаузенъ въ мѣстахъ, обозначенныхъ на рисункѣ маленькими кружками. Близъ Базеля на Рейнѣ и во многихъ другихъ мѣстахъ извѣстны древнія долины, которыя иногда значительно, на 25 м., глубже нынѣшнихъ и заключаютъ въ себѣ потоки грунтовой воды, дающіе до 40 куб. м. въ минуту и служащіе для водоснабженія Шаффгаузена, Бадена и другихъ населенныхъ мѣстъ.

ГЛАВА 25.

Грунтовыя воды въ живыхъ долинахъ.

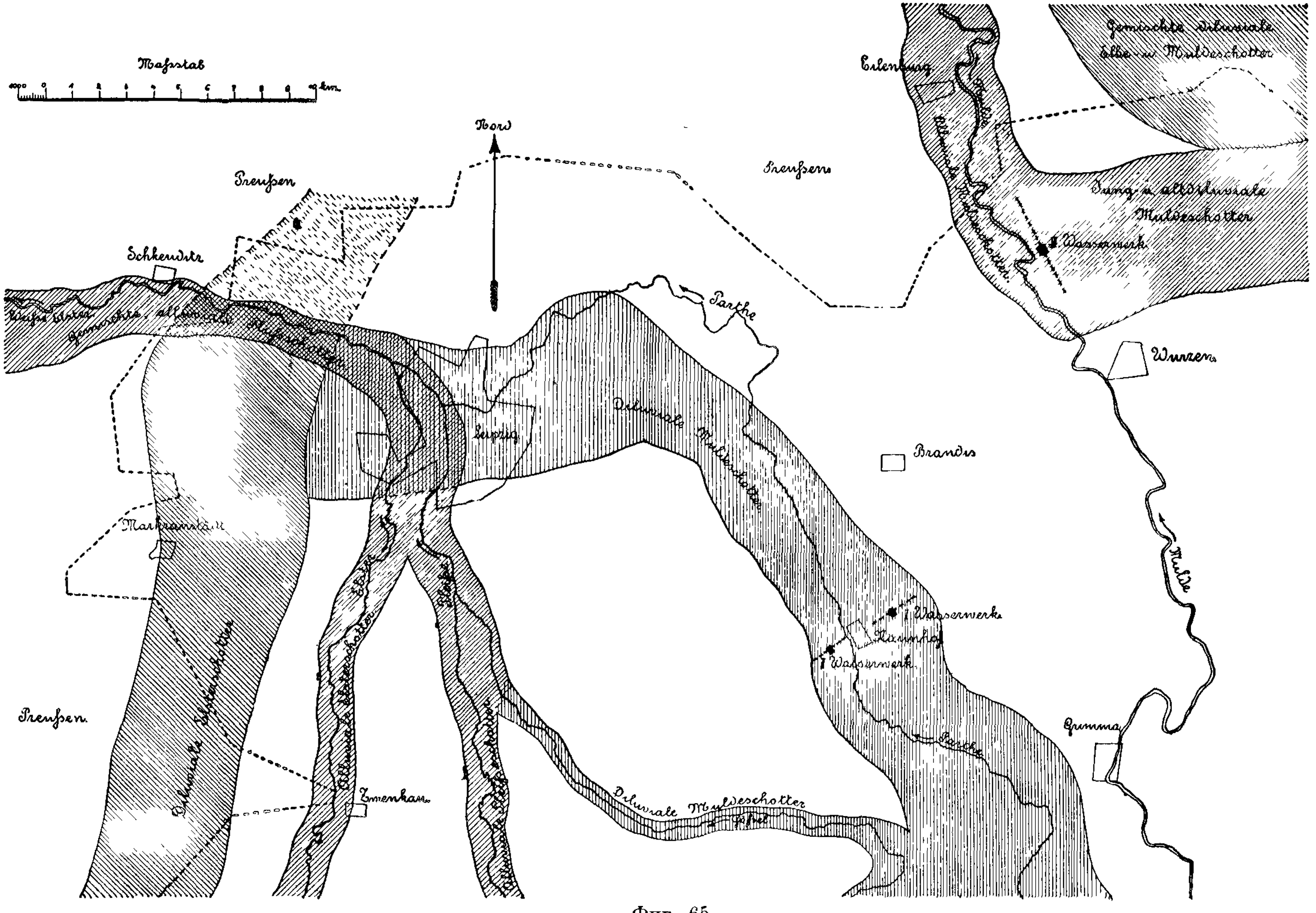
Нѣсколько новыхъ явленій движенія грунтовой воды, при несложныхъ условіяхъ, открывается при разсмотрѣніи современныхъ большихъ рѣчныхъ долинъ, не мертвыхъ, подобно разсмотрѣннымъ въ предыдущей главѣ, а живыхъ, т. е. заключающихъ въ себѣ рѣки соотвѣтственныхъ размѣровъ. Представимъ себѣ и здѣсь долину, заполненную проницаемымъ водоноснымъ слоемъ значительной мощности. Совершенно безразлично въ данномъ случаѣ, покрытъ-ли водоносный слой тонкимъ, поверхностно залегающимъ слоемъ наноса или нѣтъ, такъ какъ всѣ современныя большія рѣчныя долины, даже по нижнему теченію рѣкъ, заполнены въ своихъ болѣе глубокихъ частяхъ песками различной крупности, глинистый же наносъ, оставляемый рѣками при высокомъ стояніи воды, образуетъ лишь тонкую пленку, сравнительно весьма незначительной мощности. Въ такихъ долинахъ слѣдуетъ различать аллювіальную часть, т. е. часть до-

лины, занятую рѣкой и захватываемую водой при разливахъ и наводненіяхъ [1]), и болѣе возвышенную береговую часть, расположенную надъ линіей высокой воды и занимающую обыкновенно несравненно бо́льшую часть всего пространства долины. Поэтому илистый наносный слой, свойственный поемной части, всегда отсутствуетъ въ береговой незаливаемой части долины. Отложенія песка и гравія, заполняющія пойму, непрырывно переходятъ въ береговую часть (ср. фиг. 66); поэтому грунтовыя воды обѣихъ частей находятся въ непосредственной связи. Здѣсь, въ общемъ, господствуютъ тѣ же законы, какъ и въ долинахъ, разсмотрѣнныхъ въ предыдущей главѣ, усложненные лишь вліяніемъ рѣки, являющейся немаловажнымъ регуляторомъ стоянія грунтовыхъ водъ. При нормальныхъ условіяхъ, т. е. при среднемъ стояніи воды въ рѣкѣ, грунтовыя воды и здѣсь передвигаются отъ краевъ къ серединѣ долины и затѣмъ внизъ по уклону рѣки. Но такъ какъ по серединѣ долины протекаетъ рѣка, то, разумѣется, часть грунтовой воды непрерывно вливается въ рѣку и уносится ею. Отсюда слѣдствіемъ является настолько тѣсная связь между зеркаломъ рѣки и зеркаломъ грунтовыхъ водъ, что оба зеркала сливаются въ одну непрерывную водную поверхность съ наиболѣе низкой частью у рѣки. И мы, въ самомъ дѣлѣ, наблюдаемъ, что грунтовыя воды, начиная отъ рѣки, постепенно повышаются къ краямъ долины, въ поперечномъ къ рѣкѣ направленіи. Величина этого повышенія тѣсно связана съ глубиной долины и съ общимъ видомъ ея поперечнаго сѣченія. Чѣмъ у́же долина, тѣмъ быстрѣе, чѣмъ шире — тѣмъ медленнѣе идетъ повышеніе поверхности грунтовыхъ водъ отъ рѣки къ краямъ долины.

Но это соотношеніе измѣняется, какъ только вода въ рѣкѣ начнетъ прибывать. Такъ какъ повышеніе воды въ рѣкахъ происходитъ внезапно и быстро и вызывается процессами, не оказывающими вліянія на высоту стоянія грунтовыхъ водъ, то поверхность послѣднихъ не показываетъ тенденціи повыпаться одновременно съ поднятіемъ воды въ рѣкѣ. Грунтовая вода теперь уже не будетъ въ состояніи вливаться въ рѣку, такъ какъ сама рѣка стоитъ выше прилегающей грунтовой воды, и процессъ, описанный выше, смѣнится обратнымъ, т. е. рѣчная вода либо сама начнетъ переходить въ грунтовую, либо будетъ задерживать ея стокъ, что наблюдается чаще. Начнется, стало быть, поднятіе грунтовой воды, сначала вдоль рѣки, а затѣмъ и вглубь, по направленію къ краямъ долины, и пойдетъ по ту и другую сторону

---

1) Причемъ, конечно, исключаются случаи искусственнаго съуженія области поймы посредствомъ береговыхъ плотинъ.


Maßstab
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 km
Nord
Preußen
Preußen
Schkeuditz
Weiße Weiß
Gemischte, alluviale Muldeschotter
Parthe
Leipzig
Diluviale Muldeschotter
Markranstädt
Elster
Elster
Diluviale Elsterschotter
Elluviale Elsterschotter
Elluviale Elsterschotter
Diluviale Elsterschotter
Preußen
Zwenkau
Diluviale Muldeschotter
Gemischte diluviale
Elbe- u. Muldeschotter
Eilenburg
Mulde
Diluv. u. alluviale
Muldeschotter
Wasserwerk
Wurzen
Brandis
Wasserwerk
Trauma
Wasserwerk
Parthe
Mulde
Grimma

Фиг. 65.

рѣки волна грунтовой воды, которая въ ближайшихъ къ рѣкѣ колодцахъ обнаружится уже черезъ нѣсколько часовъ, въ болѣе же отдаленныхъ областяхъ лишь черезъ нѣсколько дней или даже недѣль. Надвиганіе этой волны можетъ продолжаться еще и тогда, когда сама рѣка уже начала спадать. Съ переходомъ рѣки въ нормальное состояніе, эта волна, вслѣдствіе измѣнившагося вновь движенія грунтовой воды, постепенно спадаетъ.

Если рѣка находится подъ воздѣйствіемъ иныхъ метеорологическихъ факторовъ, нежели ея притоки, то при высокомъ ея стояніи выносъ воды изъ притоковъ будетъ задержанъ, и по притокамъ вверхъ по теченію пойдетъ изъ рѣки волна повышенія, которая въ области каждаго притока вызоветъ второстепенную волну грунтовой воды противоположнаго направленія; отсюда слѣдуетъ, что въ широкомъ потокѣ грунтовой воды, пересѣченномъ подобной рѣчной системой, могутъ обнаружиться крайне запутанныя формы движенія грунтовой воды.

Великолѣпнымъ примѣромъ для поясненія всѣхъ этихъ явленій можетъ служить долина верхняго Рейна между городами Базель и Майнцъ. По геологическому строенію область этой долины представляетъ типично построенный грабенъ исполинскихъ размѣровъ. Здѣсь вся полоса земной коры между Вогезами и Шварцвальдомъ, заключенная между исполинскими сбросовыми трещинами, подверглась опусканію. Впослѣдствіи Рейнъ, послѣ продолжительныхъ разнообразныхъ блужданій, прорылъ здѣсь свое русло и отложилъ огромныя массы песка и хряща. Затѣмъ ледниковый періодъ наложилъ свою печать на эти пласты, насыпавъ террасы различной высоты на отложенія мѣстныхъ ледниковъ сосѣднихъ горъ: прослойками легли между ними мощныя лёссовыя образованія, и въ результатѣ получилась мощная система, большею частью, проницаемыхъ пластовъ, заполняющая всю долину — опять-таки за исключеніемъ аллювіальной ея части, покрытой, какъ извѣстно, тонкимъ слоемъ современнаго рѣчного наноса — во всю ея ширину, равную 30 км. Съ отложеніями хряща и песка чередуются глинистые пласты, а въ болѣе возвышенныхъ частяхъ долины — ледниковыя образованія, моренныя и лёссовыя отложенія. Впослѣдствіи рѣки, идущія съ Вогезъ и Шварцвальда, образовали у своихъ устьевъ обширныя дельтовыя отложенія, покоящіяся на болѣе древнихъ пластахъ. Кромѣ Рейна, по этой долинѣ протекаетъ цѣлый рядъ другихъ рѣкъ, то поперекъ ея, то вдоль, какъ, напр., рѣка Иль, которая на значительномъ протяженіи течетъ параллельно Рейну. Всѣ эти явленія обусловливаютъ собою чрезвычайную пестроту и богатство гидрографическихъ условій. Мощность отложеній песка и гравія мѣ-

стокъ грунтовыхъ водъ къ ней задерживается, онѣ вздуваются, и подъемъ ихъ ясно обнаруживается въ колодцахъ, и это тѣмъ скорѣе и тѣмъ сильнѣе, чѣмъ ближе колодцы расположены къ рѣкѣ. Для Рейна наступленіе періодовъ подъема воды не зависитъ отъ выпадающихъ въ его долинѣ атмосферныхъ осадковъ, такъ какъ рѣка уже при входѣ въ долину близъ Базеля несетъ огромныя массы воды, и мелкія рѣки не могутъ оказать замѣтнаго вліянія на ея водное богатство. Причину этихъ колебаній слѣдуетъ скорѣе искать въ метеорологическихъ условіяхъ, господствующихъ въ области Альпъ, и періоды подъема воды въ Рейнѣ обусловлены процессомъ таянія снѣговъ на Альпійскихъ ледникахъ. Поэтому-то періоды подъема падаютъ на такое время, когда въ сосѣднихъ областяхъ господствуетъ засуха и рѣки, берущія начало въ этихъ областяхъ, показываютъ убыль воды. Слѣдствіемъ этихъ различій по наступленію періодовъ прибыли и убыли воды являются интересныя соотношенія, уже намѣченныя выше. Такъ какъ рѣка Иль на значительномъ разстояніи течетъ параллельно Рейну, при высокой водѣ на Рейнѣ, отъ него въ поперечномъ направленіи, идетъ подземная волна грунтовой воды, которая надвигается на р. Иль и вливается въ нее. А если въ полосѣ земли, заключенной между обѣими рѣками, имѣются достаточно глубокія впадины, то эти волны грунтовой воды выходятъ на поверхность въ естественныхъ или искусственныхъ водоемахъ и открыто продолжаютъ свой путь.

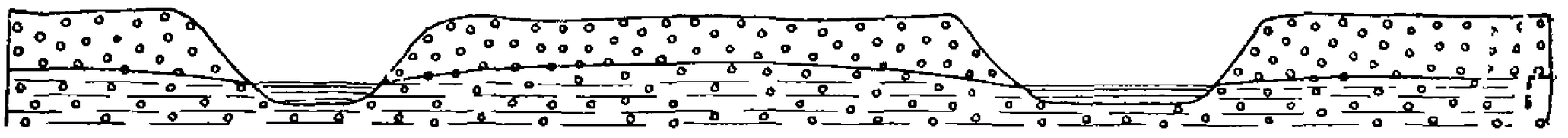
Но вмѣстѣ съ тѣмъ, вслѣдствіе задержаннаго стока, и въ притокахъ начинается повышеніе воды, отражающееся въ томъ же смыслѣ на грунтовой водѣ сосѣднихъ областей. Если же, наоборотъ, Рейнъ находится въ періодѣ убыли, а притоки въ періодѣ прибыли, то всѣ отношенія мѣняются на обратныя.

Взаимоотношеніями между рѣкой и грунтовыми водами ея долины вызываются своеобразныя колебательныя движенія грунтовой воды. Если рѣка залегающимъ на ея серединѣ островомъ дѣлится на рукава, то зеркало грунтовой воды на островѣ въ нормальномъ состояніи образуетъ выпуклую поверхность, понижаясь по направленію къ рѣкѣ — грунтовыя воды на островѣ залегаютъ куполообразно. Какъ только. однако, вода въ рѣкѣ пойдетъ на прибыль и водное зеркало ея превыситъ высочайшее положеніе грунтовыхъ водъ, то въ предѣлахъ острова, вслѣдствіе перехода рѣчной воды въ грунтовую, тотчасъ же обнаружится полная перемѣна отношеній — поверхность грунтовыхъ водъ повышается къ рѣкѣ, грунтовыя воды въ предѣлахъ острова залегаютъ мульдой. При этомъ абсолютная высота средней части поверхности грунтовыхъ водъ остается неизмѣнной. Приложенныя здѣсь

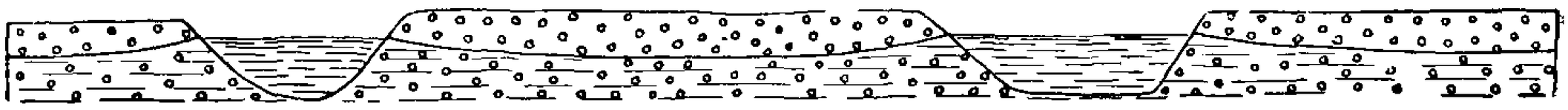
стами превышаетъ 100 м., между тѣмъ какъ въ другихъ мѣстахъ, а именно тамъ, гдѣ выходятъ на поверхность болѣе древнія непроницаемыя породы, тѣ же отложенія образуютъ пласты лишь въ нѣсколько метровъ толщиною, или даже совсѣмъ отсутствуютъ. Во всякомъ случаѣ, можно принять, что средняя мощность проницаемыхъ пластовъ долины Рейна равна 15 м. Тогда, при средней ширинѣ долины въ 30 км., получится площадь поперечнаго сѣченія водоносныхъ пластовъ равная 450,000 кв. м., площадь, въ 800 разъ превышающая площадь живого сѣченія Рейна при средней водѣ. Осадочныя породы, заполняющія долину Рейна, представлены преимущественно крупно-зернистымъ хрящомъ каменистаго характера. На ряду съ этимъ, имѣются мелкіе и даже летучіе пески, чередующіеся въ пестромъ разнообразіи. Въ то время какъ въ крупномъ хрящѣ объемъ поръ составляетъ $^1/_3$ его массы, въ наиболѣе мелкихъ образованіяхъ онъ равенъ лишь $^1/_8$. При опредѣленіи порозности въ искусственной обстановкѣ, на вырытыхъ и пересыпанныхъ образцахъ, получаются, по изслѣдованіямъ Добрэ, преуменьшенные результаты, по сравненію съ изслѣдованіемъ хряща при его естественномъ залеганіи. Если въ долинѣ Рейна вырыть кубическій метръ гравія и пересыпать его въ мѣрный сосудъ, то получится недочетъ, равный иногда $^1/_4$ первоначальнаго объема. Этимъ доказывается, что гравій долины Рейна занимаетъ далеко не минимальный возможный для него объемъ, что этотъ гравій, напротивъ, лежитъ весьма рыхло, вслѣдствіе чего и истинная порозность его гораздо выше той, какая получается при лабораторномъ изслѣдованіи. Учитывая это обстоятельство, можно смѣло, не боясь преувеличеній, принять за среднюю порозность средняго водоноснаго слоя $^1/_4$ его массы, Въ такомъ случаѣ, изъ тѣхъ 450000 квадр. метр., какіе были получены нами для площади поперечнаго сѣченія водоноснаго слоя, 112500 остаются открытыми для воды, а это значитъ, что въ каждомъ вертикальномъ слоѣ, вырѣзанномъ поперекъ долины, при ширинѣ его въ 1 м. и средней глубинѣ 15 м., заключается 112500 кб. м. воды. Если же вырѣзать поперекъ долины пластъ, шириною въ 1 км., то содержащаяся въ немъ масса воды окажется настолько большой, что Рейнъ при непрерывномъ теченіи и средней водѣ могъ бы дать ее лишь въ 32 часа. Движеніе грунтовой воды чрезвычайно быстро, и потери возмѣщаются тотчасъ же, а поэтому какое либо замѣтное пониженіе грунтовыхъ водъ возможно лишь при крупныхъ потеряхъ. Само собою разумѣется, что грунтовыя воды, циркулирующія въ хрящахъ и пескахъ долины Рейна, въ очень сильной степени подвержены вліянію рѣки, прорѣзавшей въ нихъ свое русло. При подъемѣ воды въ рѣкѣ

фигуры 71 и 72 поясняютъ эти явленія, какъ онѣ наблюдались, напр., Е. Кайзеромъ въ долинѣ Рейна близъ Кёльна.

Только что описанныя взаимноотношенія кореннымъ образомъ мѣняются, если рѣка течетъ не по естественному руслу, а между плотинами. Въ этомъ случаѣ во всѣхъ рѣкахъ съ быстрымъ теченіемъ, выносящихъ большія массы песка и гравія, происходитъ очень быстрое повышеніе ложа рѣки между плотинами. Рѣка уже не можетъ отлагать своихъ осадковъ по всей ширинѣ долины и должна передвигать ихъ въ предѣлахъ искусственно съуженнаго профиля. Нарастаніе дна вызываетъ необходимость соотвѣтственнаго нарушенія береговыхъ плотинъ. Такъ, на р. Одеръ близъ Кюстрина постепенное нарастаніе дна между плотинами въ теченіе $1^1/_2$ столѣтій привело къ тому, что въ настоящее время водная поверхность рѣки мѣстами на 4 м. превышаетъ сосѣднее дно долины. Въ рѣкахъ, текущихъ искони между плотинъ, процессъ нарастанія дна привелъ къ результатамъ еще болѣе зна-



Фиг. 71.



Фин. 72.

чительнымъ: такъ, водная поверхность рѣки По близъ Феррары лежитъ нынѣ на высотѣ второго этажа домовъ. При такихъ условіяхъ, разумѣется, исключена всякая возможность перехода грунтовыхъ водъ въ рѣку, а рѣчная вода, чтобы перейти въ грунтовую, должна предварительно опуститься вертикально внизъ и затѣмъ лишь. достигнувъ общаго уровня грунтовыхъ водъ, можетъ медленно разойтись по сторонамъ. Здѣсь имѣются тѣ же явленія, какъ и въ случаѣ озеръ искусственнаго происхожденія на проницаемыхъ пластахъ, положеніе водной поверхности которыхъ точно также не обусловлено стояніемъ грунтовыхъ водъ. Все же связь между озерной и грунтовой водой существуетъ, а именно, при посредствѣ залегающаго подъ озеромъ водяного столба. Само собою разумѣется, что этотъ водяной столбъ оказываетъ на грунтовую воду нѣкоторое давленіе, которое при сильномъ подъемѣ воды въ озерѣ можетъ оказаться настолько значительнымъ, что равновѣсіе грунтовыхъ водъ будетъ нарушено: онѣ выйдутъ на поверхность и затопятъ долину.

Но если даже уровень воды въ рѣкѣ и выше уровня грунтовой воды, рѣчная вода не всегда переходитъ въ грунтовую. Во многихъ рѣкахъ, особенно если ихъ паденіе незначительно, происходитъ естественное уплотненіе дна рѣки, которое забивается рѣчнымъ иломъ, органическими веществами, водорослями и т. п. Такого рода покровъ дѣйствуетъ подобно клапану, совершенно не препятствуя передвиженію грунтовой воды, если она выше, въ рѣчную, но дѣлая невозможнымъ противоположное движеніе — рѣчной воды въ грунтовую. На практикѣ, при искусственномъ пониженіи уровня грунтовыхъ водъ, не разъ была констатирована абсолютная непроницаемость ложа рѣки. Сошлемся на буроугольныя копи Марга близъ Зенфтенберга, въ которыхъ искусственнымъ путемъ была создана воронка пониженія грунтовыхъ водъ исполинскихъ размѣровъ, залегавшая на разстояніи нѣсколькихъ километровъ подъ ложемъ рѣки Черный Эльстеръ, не получая, однако, ни капли рѣчной воды, между тѣмъ какъ сосѣдняя параллельная рѣкѣ и питаемая рѣкой канава въ части, расположенной надъ воронкой пониженія, потеряла всю свою воду. При постройкѣ Плётценскихъ шлюзовъ близъ Берлина было вызвано значительное искусственное пониженіе грунтовыхъ водъ; впослѣдствіи обнаружилась совершенная сухость песка, заключеннаго между дномъ канала и поверхностью пониженныхъ грунтовыхъ водъ, а это указывало на совершившееся полное уплотненіе ложа канала. Во всякомъ случаѣ, существуютъ тѣсныя взаимоотношенія между непроницаемостью рѣчного дна, съ одной стороны, и быстротой теченія, т. е. величиной паденія, и крупностью осадковъ — съ другой. Сказанное приложимо и къ озерамъ. Органическій илъ и глинистая муть, выносимые рѣками въ озера, создаютъ естественное уплотненіе дна озеръ, дѣйствующее подобно вентилю: грунтовая вода при болѣе высокомъ стояніи свободно переходитъ въ озеро, обратное же движеніе въ сколько-нибудь значительныхъ количествахъ невозможно.

ГЛАВА 26.

Грунтовыя воды на дилювіальныхъ плато.

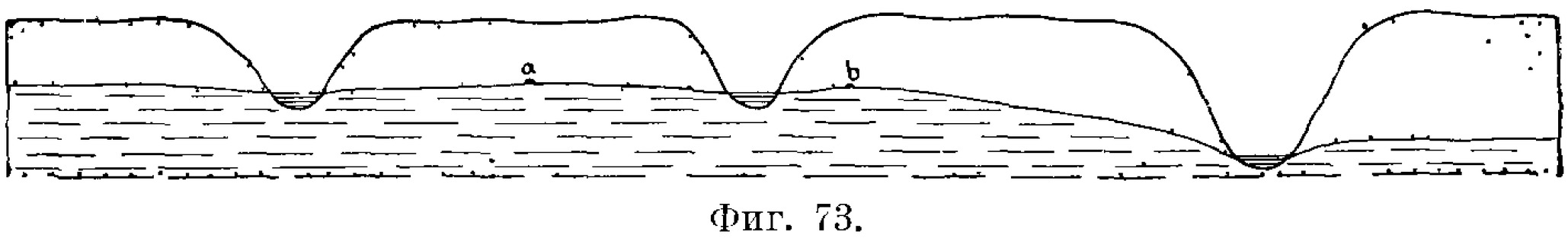
Дальнѣйшимъ этапомъ въ изученіи вопроса о движеніи воды въ проницаемыхъ пластахъ является разсмотрѣніе залежей рыхлыхъ обломочныхъ породъ, образующихъ возвышенныя плато. Существенное отличіе этихъ плато отъ рѣчныхъ долинъ состоитъ въ значительной углубленности рѣчныхъ руселъ. Въ широкихъ рѣчныхъ долинахъ аллювіальное ложе опускается ниже дна дилювіальной долины лишь на нѣсколько метровъ, между тѣмъ какъ на возвышенныхъ плато рѣки прорѣзаютъ горную породу на

10, 20, 100 и болѣе метровъ глубины. Въ качествѣ отличныхъ примѣровъ такого рода, можно указать на обширныя, построенныя изъ песчаныхъ пластовъ возвышенныя плато, лежащія передъ конечными моренами сѣверной Германіи, разсмотрѣнныя въ 3 главѣ, а затѣмъ на тѣ совершенно однородныя отложенія флювіо-глаціальнаго характера, которыя примыкаютъ съ сѣвера и съ юга къ области дилювіальныхъ альпійскихъ ледниковъ. Въ этихъ возвышенныхъ областяхъ песка и гравія, точно также какъ въ рѣчныхъ долинахъ, проходятъ потоки грунтовыхъ водъ, движеніе которыхъ, въ общемъ, согласуется съ уклономъ мѣстности, въ сѣверной Германіи, стало быть, направлено на югъ къ ближайшимъ древнимъ долинамъ, а въ Альпахъ — болѣе или менѣе перпендикулярно къ подножію горной области. Пески эти прорѣзаны долинами, которыя заполнены стоячими водами, озерами, торфяными болотами, рѣчками, часто протекающими черезъ озера и болота. Если водоносный слой простирается подъ самымъ ложемъ этихъ долинъ, озеръ, болотъ, рѣкъ, иначе говоря, если первый отъ поверхности водоупорный слой залегаетъ подъ ними, то эти непрерывныя водныя цѣпи, аналогично рѣкамъ широкихъ долинъ, служатъ для вывода грунтовыхъ водъ, поверхность которыхъ становится къ водному зеркалу озеръ въ такое же отношеніе, какъ поверхность грунтовыхъ водъ къ зеркалу рѣки въ случаѣ широкихъ долинъ. Продольный разрѣзъ черезъ такую область, т. е. разрѣзъ, взятый по направленію потока грунтовой воды, вдоль долинъ и озерныхъ цѣпей, показываетъ очень пологую и равномѣрную поверхность грунтовой воды, поперечный же разрѣзъ показываетъ поверхность, параболически повышающуюся близъ долинъ и озеръ и плоскую въ остальныхъ частяхъ.

Эти обширныя песчаныя плато, большею частью, прорѣзаны цѣлой системой долинъ, которыя иногда развиты въ видѣ озерныхъ цѣпей; а въ части плато, заключенной между двумя такими долинами, условія равновѣсія грунтовыхъ водъ таковы, что отъ нѣкоторой индифферентной продольной линіи поверхность ихъ понижается въ ту и другую сторону по направленію къ долинѣ. Эта линія, соединяя высочайшія точки воднаго зеркала, вполнѣ соотвѣтствуетъ водораздѣлу поверхностныхъ водъ, почему и называется грунтовымъ водораздѣломъ. Если въ поперечномъ сѣченіи обѣ дренирующія долины лежатъ на одной высотѣ (фиг. 73 слѣва), то, вообще, водораздѣлъ лежитъ посрединѣ между ними (a); если же одна долина лежитъ выше другой (фиг. 73, правая и средняя долина), то водораздѣлъ передвигается тѣмъ ближе къ первой, чѣмъ больше разность высотъ (b). Фиг. 73 поясняетъ эти взаимоотношенія.

Поэтому, на такихъ плато поверхность грунтовой воды будетъ залегать нѣсколько выше дна сосѣднихъ долинъ или воднаго зеркала сосѣднихъ водныхъ цѣпей.

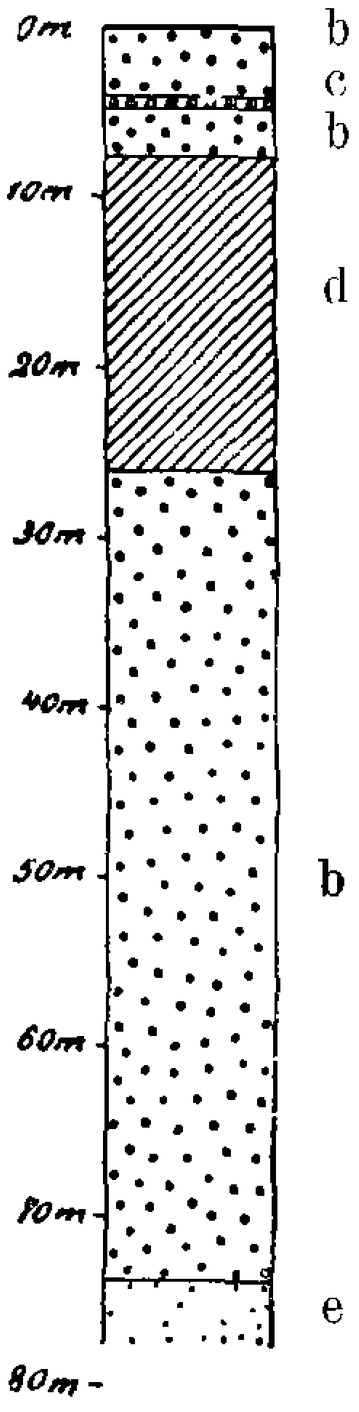
Въ томъ случаѣ, если мощныя песчаныя отложенія образуютъ обширный замкнутый и лишь очень слабо расчлененный



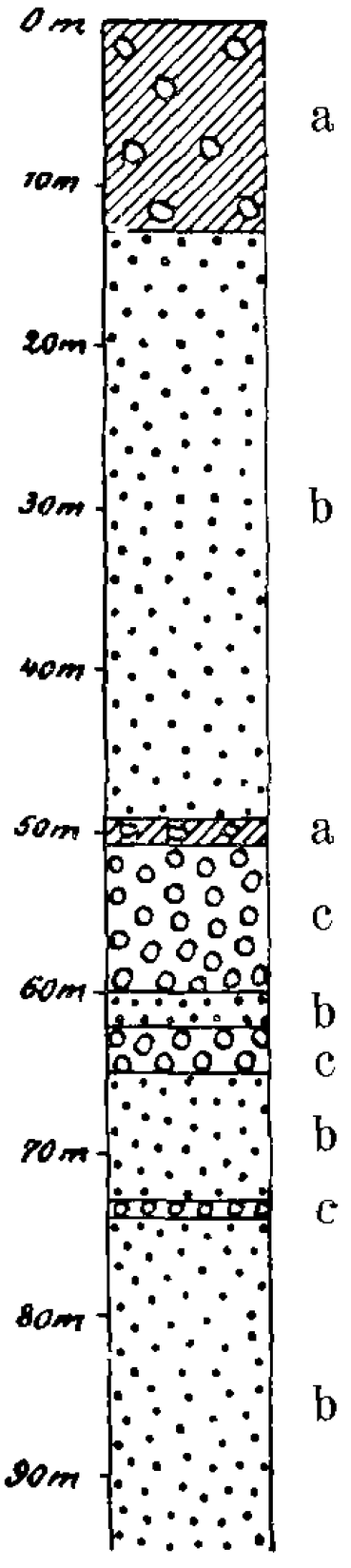
Фиг. 73.

горный массивъ, болѣе глубоко разсѣченный лишь по краямъ, то грунтовыя воды въ такомъ массивѣ будутъ залегать чрезвычайно глубоко, зеркало ихъ будетъ лишь нѣсколько выше водной поверхности наиболѣе глубокихъ долинъ.

Примѣромъ можетъ служить Флемингъ между городами Ютербогъ и Магдебургъ. Этотъ кряжъ, достигающій мѣстами высоты 200 м. надъ уровнемъ моря, состоитъ почти исключительно изъ песчаныхъ отложеній, мощность которыхъ превышаетъ 100 метровъ, и лишь кой-гдѣ заложены быстро выклинивающіеся пласты такихъ непроницаемыхъ образованій, какъ валунный мергель и глины. Напластованіе показано въ профиляхъ двухъ буреній на высочайшихъ точкахъ Флеминга — у Визенбурга и Хагельберга (фиг. 74 и 75). Самое плато кряжа чрезвычайно слабо расчленено, а плоскія, мелкія долины, большею частью, сухи и служатъ лишь періодически для стока талыхъ водъ, при чемъ даже и эти воды быстро исчезаютъ въ сильно-проницаемой почвѣ. Такъ, мѣстность, расположенная къ югу отъ Визенбурга, площадью въ $2^1/_2$ кв. мили (Стакелитцъ), не даетъ ни капли текучей воды. Ручей, идущій съ сѣвера, со стороны Визенбурга, исчезаетъ въ глубокомъ пескѣ, дойдя до середины этой мѣстности, и долина его въ дальнѣй-



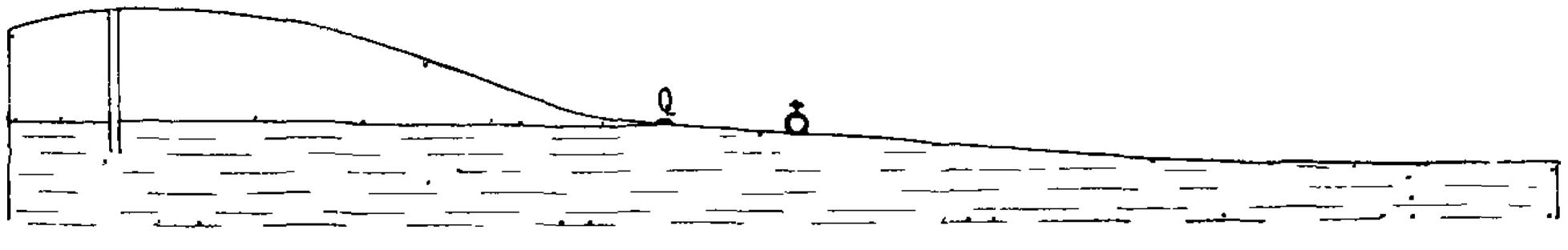
Фиг. 74.



Фиг. 75.

a Валунный мергель, b песокъ, c гравій, d глинистый мергель, e мелкій песокъ

шемъ ея протяженіи совершенно суха. Въ окраинныхъ областяхъ Флеминга процессомъ размыванія, напротивъ, созданы глубокія долины. Здѣсь, въ полосѣ въ 1 милю шириной наблюдается чрезвычайно богатое расчлененіе — множество сильно вѣтвистыхъ долинъ. Всѣ долины этой системы въ верхнихъ своихъ частяхъ безусловно сухи и, подобно долинамъ высокаго плато, вода въ нихъ появляется лишь періодически. И лишь на высотѣ 80 м. надъ уровнемъ моря, 25—30 м. надъ днемъ прилегающей съ сѣвера большой древней долины, начинается водоносность долинъ. Такъ, если отъ вышеупомянутыхъ буровыхъ скважинъ у Визенбурга и Хагельберга взять по направленію къ древней долинѣ продольный профиль черезъ одну изъ прилегающихъ къ деревнѣ Хагельбергъ сухихъ долинъ, то обнаружится, что долина становится водоносной лишь нѣсколько выше города Бельцига въ точкѣ (Q на фиг. 76), залегающей на высотѣ 80 м. надъ уровнемъ



Фиг 76. Водныя условія Флеминга

моря, соотвѣтственно чему въ буровой скважинѣ у Хагельберга грунтовыя воды появляются лишь на высотѣ 100 м. Линія, соединяющая обѣ полученныя точки водной поверхности, показываетъ примѣрное залеганіе уровня грунтовыхъ водъ (фиг. 76).

Положеніе грунтоваго водораздѣла на высокихъ плато, построенныхъ изъ проницаемыхъ породъ, въ большинствѣ случаевъ совершенно не зависитъ отъ водораздѣла поверхностныхъ водъ — обстоятельство, часто не достаточно учитываемое при гидрологическихъ изслѣдованіяхъ.

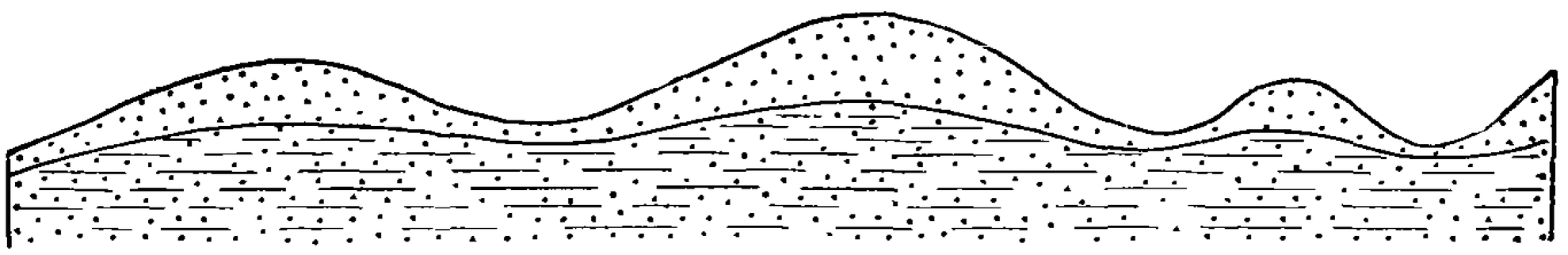
Укажемъ хотя бы на вышеприведенный примѣръ Штансдорфскаго кладбища, гдѣ потокъ грунтовой воды, вступивъ въ низменную юго-восточную часть области, продолжаетъ свой путь въ сѣверо-западномъ направленіи, сохраняя опредѣленное паденіе, хотя мѣстность въ эту сторону повышается (ср. фиг. 52). Причину такого явленія слѣдуетъ видѣть въ регулирующемъ вліяніи залегающей съ сѣвера и пересѣченной Телтовскимъ каналомъ низины, къ которой и направляется, сохраняя равномѣрное паденіе, потокъ грунтовой воды, идущій съ высокаго плато. На фиг. 77 изображенъ поверхностный водораздѣлъ этой области (пунктиръ), а на фиг. 78 — положеніе поверхности залегающихъ

подъ нимъ и направляющихся къ Телтовскому каналу грунтовыхъ водъ. Этотъ профиль захватываетъ все пространство отъ середины области, заключенной между кладбищемъ и м. Гютерготцъ на югѣ, до Телтовскаго канала на сѣверѣ.

ГЛАВА 27.

Грунтовыя воды въ дюнныхъ областяхъ.

Мы уже познакомились съ чрезвычайно широкимъ распространеніемъ дюнъ какъ вдоль морскихъ побережій, такъ и внутри материка. Дюны всегда залегаютъ на поверхности, относятся, стало быть, къ той-же группѣ породъ, водоносность которыхъ мы разсматривали. Отъ предыдущихъ породъ онѣ отличаются лишь своей мелкозернистостью и однородностью состава. Мелкозернистость и связанное съ ней сильное треніе обусловливаютъ своеобразное явленіе, встрѣчающееся намъ впервые. Въ разсмотрѣнныхъ нами областяхъ высокой проницаемости поверхность



Фиг. 79.

грунтовыхъ водъ всегда представляетъ собою болѣе или менѣе совершенную плоскость съ нѣкоторымъ опредѣленнымъ уклономъ, между тѣмъ какъ здѣсь, въ дюнныхъ областяхъ, грунтовыя воды образуютъ волнистую поверхность, съ постояннымъ чередованіемъ выпуклинъ и впадинъ (фиг. 79). При сравненіи поверхности дюнъ съ волной грунтовой воды обнаруживается безусловная связь между обѣими, такъ какъ подъ дюнными холмами и гребнями залегаютъ выпуклины и гребни воднаго зеркала, подъ долинами дюнъ — впадины воднаго зеркала. Такимъ образомъ, поверхность грунтовыхъ водъ является своего рода отраженіемъ, хотя и нѣсколько искаженнымъ, дюнной поверхности. Вслѣдствіе такого неправильнаго вида залегающей подъ дюнами водной поверхности, появленіе воды въ тѣхъ или иныхъ мѣстахъ часто совершенно неожиданно. На берегу Балтійскаго моря въ Германіи, въ береговыхъ дюнахъ часто встрѣчаются заложенные рыбаками колодцы, которые всего на 100 м. удалены отъ линіи воды. Уровень воды въ этихъ колодцахъ на нѣсколько метровъ выше уровня Балтійскаго моря, при чемъ вода въ нихъ чистая, ясная и пріятная на вкусъ. Въ виду того, что въ областяхъ съ

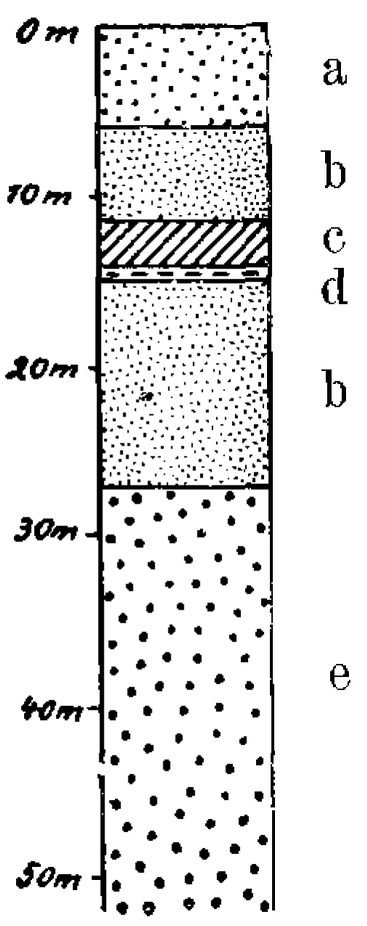
крупнозернистыми водоносными слоями вышеупомянутой зависимости между видомъ земной поверхности и видомъ воднаго зеркала не наблюдается, можно предположить, что именно повышенное треніе препятствуетъ выравниванію поверхности грунтовыхъ водъ въ дюнныхъ областяхъ (ср. пред. главу).

ГЛАВА 28.

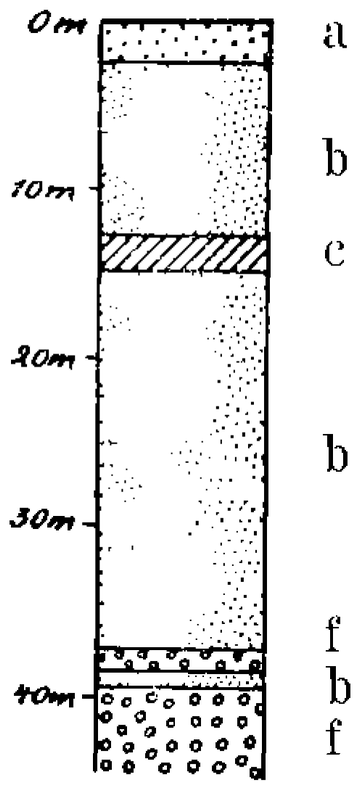
Взаимоотношенія между прѣсными водами и морской водой въ проницаемыхъ образованіяхъ морскихъ побережій.

Дюнныя области, прилегая часто къ морскимъ берегамъ, представляютъ отличный объектъ для изученія взаимоотношеній между морской водой и прѣсными водами.

Особенно плодотворными въ этомъ отношеніи были работы въ дюнныхъ областяхъ Голландіи, гдѣ впервые, на широкихъ началахъ, были сдѣланы попытки къ использованію грунтовыхъ водъ дюнныхъ областей для водоснабженія городовъ, каковы: Амстердамъ, Дельфтъ, Гаага. Нѣсколько своеобразными условіями отличаются дюны острововъ, окруженныя со всѣхъ сторонъ морской водой, напр., острововъ, образующихъ восточное продолженіе голландской материковой дюнной цѣпи, идущей отъ Тершелинга на Вангерогъ. Начнемъ съ этого случая, для котораго типичны условія изученнаго мною острова Нордерней.



Фиг. 80.



Фиг. 81.

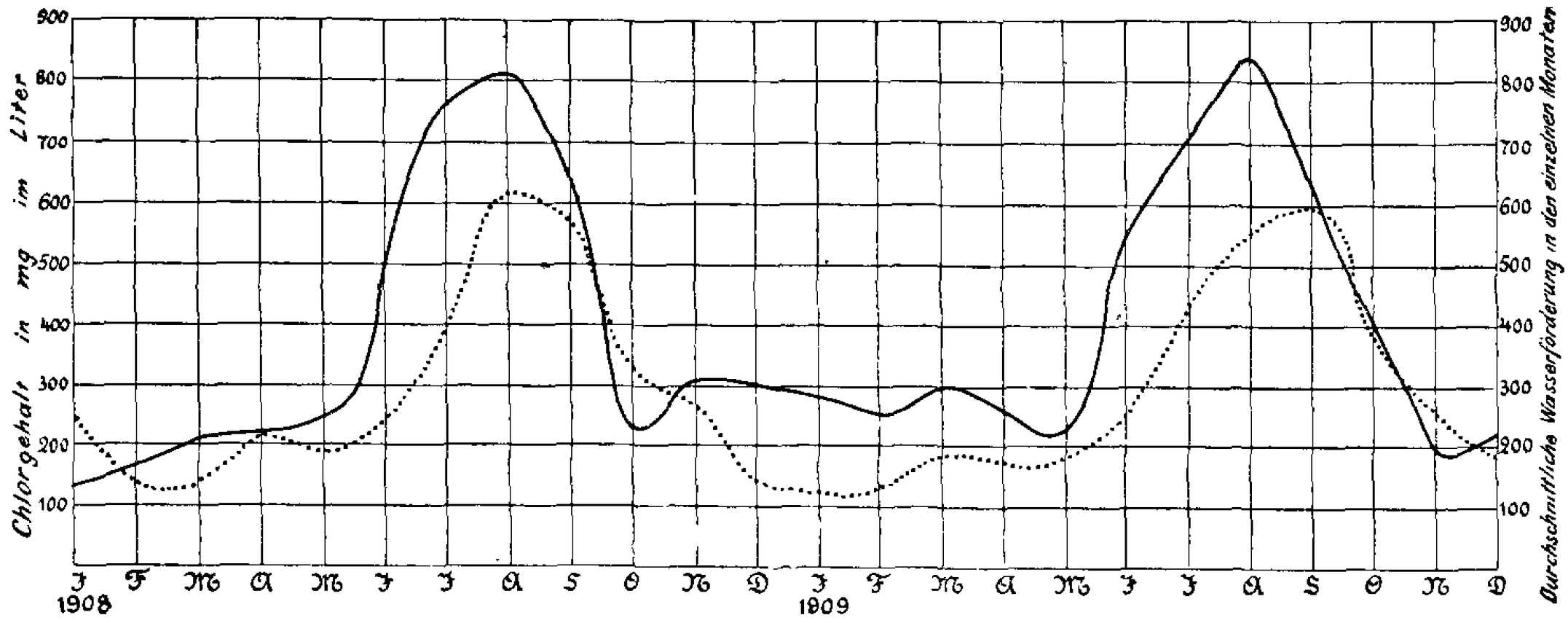
a дюна, b мелкій морской песокъ, c наносъ, d торфъ, e крупный дилювіальный песокъ, f мелкій дилювіальный гравій.

Восточно-фризскіе острова надъ уровнемъ моря покрыты дюнами, неправильной формы и разнообразной высоты, достигающей 20 м., но въ среднемъ равной 10—15 м. Подъ дюнами на глубинѣ 30 м. и больше подъ уровнемъ моря залегаетъ мелкій песокъ, включающій отложенія ила и торфа, что указываетъ на совершившееся въ аллювіальный періодъ опусканіе земной поверхности; дальше вглубь этотъ слой переходитъ въ ледниковый песокъ средней крупности. Сказанное поясняется двумя приложенными здѣсь профилями, полученными въ буровыхъ скважинахъ на островѣ Нордерней (фиг. 80 и 81).

Не смотря на близость моря и не смотря на малые свои раз-

мѣры, острова эти на большую глубину пропитаны прѣсной водой, прежде вполнѣ удовлетворявшей нуждамъ мѣстнаго населенія. Когда же впослѣдствіи, съ увеличеніемъ притока гостей въ лѣтнее время, потребность въ водѣ возросла въ нѣсколько разъ, было замѣчено, что содержаніе хлора въ водѣ стало постепенно возрастать, что сдѣлало, въ концѣ концовъ, воду непригодной для питья. Кривыя фиг. 82 наглядно изображаютъ возрастаніе процентнаго содержанія хлора въ водѣ о. Нордерней за лѣтніе сезоны 1908 и 1909 г.

Изслѣдованіемъ гидрографическихъ условій посредствомъ глубокихъ буровыхъ скважинъ было доказано самымъ рѣшительнымъ образомъ, что здѣсь подъ прѣсной водой въ глубокихъ слояхъ залегаетъ морская вода, что, поэтому, увеличеніе солености колодезной воды въ лѣтнее время объясняется поднятіемъ



Фиг. 82. Зависимость между содержаніемъ хлора (пунктиръ) и расходомъ воды (сплошная).

морской воды и переходомъ ея въ колодцы. Принципъ, лежащій въ основѣ взаимоотношеній между морской и прѣсной водой на такихъ островахъ, впервые былъ установленъ Бадонъ-Гюйбенсомъ[1]) въ 1889 году и затѣмъ, независимо отъ него, Герцбергомъ[2]) на двѣнадцать лѣтъ позднѣе. Онъ покоится на законѣ гидростатическаго равновѣсія въ сообщающихся сосудахъ двухъ смѣшивающихся жидкостей различнаго удѣльнаго вѣса.

Винтгенсъ[3]) пишетъ по этому поводу слѣдующее:

Пусть удѣльный вѣсъ жидкостей 1 и 2 будетъ G_1 и G_2,

---

1) Nota in verband met de voorgenomen putboring nabij Amsterdam. „Tijdschrift v. h. Kon. Instituut van Ingenieurs“. Instituutsjaar 1888—89, pag. 12. 's Gravenhage 1889.

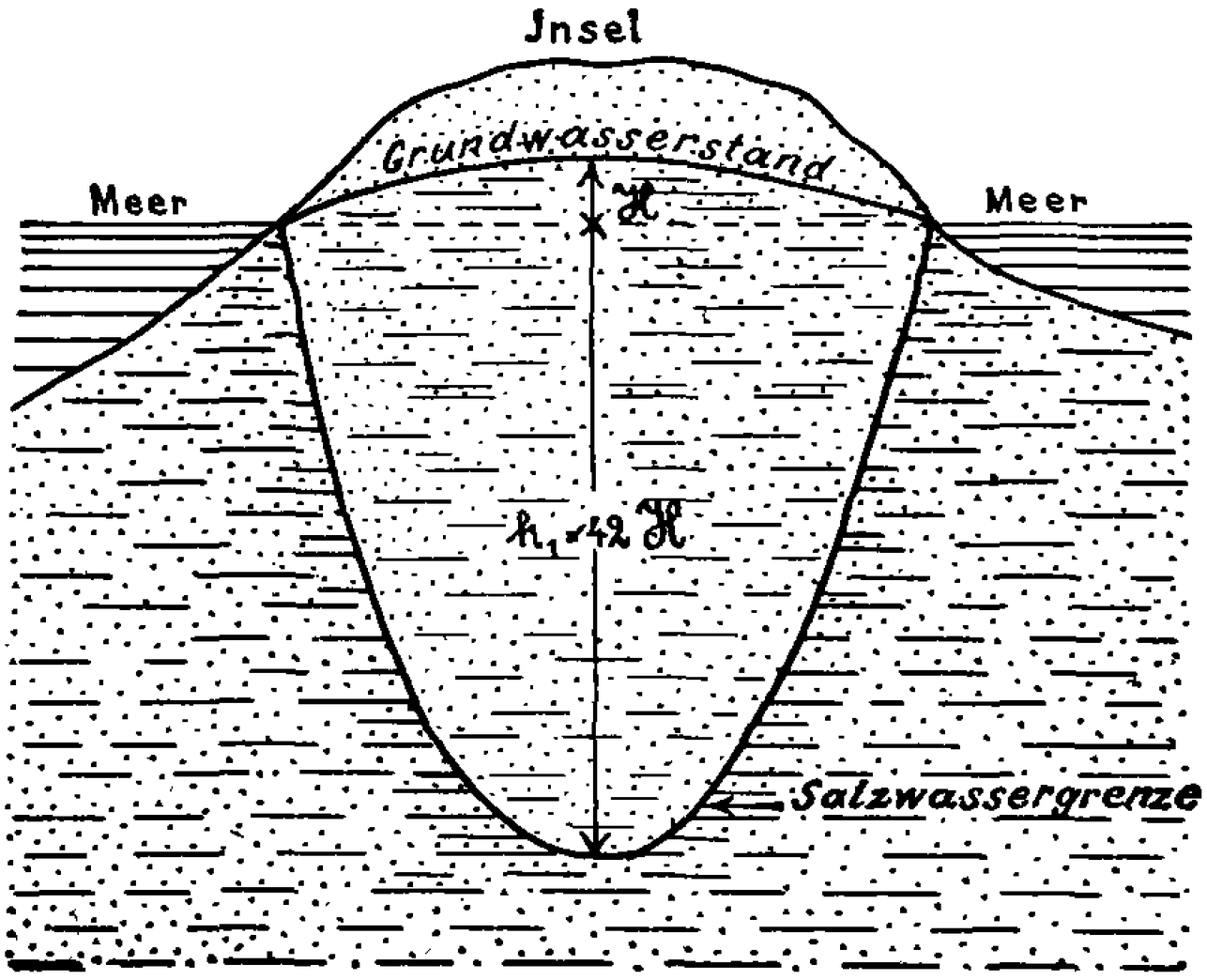
2) Herzberg, Die Wasserversorgung einiger Nordseebäder. „Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung“, 44. Jahrgang 1901, S. 815.

3) P. Wintgens, Beitrag zu der Hydrologie von Nordholland. Diss. Freiberg 1911, S. 12 u. 13.

а разность высотъ ихъ поверхности въ состояніи равновѣсія H. m., то раздѣлительная плоскость обѣихъ жидкостей должна залегать на глубинѣ $h_1 = \frac{G_2}{G_1 - G_2}$ H. m. подъ зеркаломъ жидкости 1.

Такое именно состояніе равновѣсія должно установиться между морской водой, заполняющей песчаное основаніе острова или прибрежной полосы, и прѣсной водой, скопившейся здѣсь послѣ атмосферныхъ осадковъ; болѣе легкая прѣсная вода лежитъ на тяжелой морской и давленіемъ своимъ понижаетъ раздѣлительную плоскость.

Если за удѣльный вѣсъ прѣсной воды принять 1, а для морской — 1,024 и если высоту стоянія грунтовой воды обозначить черезъ H, глубину залеганія раздѣлительной плоскости черезъ h_1, то h_1 опредѣлится по формулѣ:



Фиг. 83.

$$h_1 = \frac{1.000}{0.024} H = 42 \text{ H. m.}$$

Въ фиг. 83 эти взаимоотношенія представлены профилемъ, хотя и сильно преувеличеннымъ.

Но совершенное статическое равновѣсіе здѣсь никогда не будетъ достигнуто, такъ какъ въ поверхностныхъ слояхъ прѣсная вода на одномъ и томъ же уровнѣ находится подъ болѣе высокимъ давленіемъ, нежели морская. Въ этихъ слояхъ прѣсная вода непрерывно перетекаетъ въ морскую, возмѣщаясь послѣдующими атмосферными осадками.

Наличность этого бокового стока обусловливаетъ, далѣе, то обстоятельство, что вліяніе диффузіи, сильно затрудняемой присутствіемъ песка, ограничивается лишь узкой зоной.

И такъ, если поверхность прѣсной грунтовой воды поднимается на $1^1/_2$ м. надъ уровнемъ моря, то, по теоретическому подсчету, глубина залеганія прѣсной воды подъ уровнемъ моря равняется 63 м. Въ нашемъ случаѣ, на о. Нордерней, верхняя граница морской воды была встрѣчена на глубинѣ 50—60 м. подъ уровнемъ моря, между тѣмъ какъ поверхность прѣсной грунтовой воды возвышалась на $1—1^1/_2$ м. надъ уровнемъ моря.

Процессъ обогащенія солями воды при усиленномъ расходованіи воды изъ колодца происходитъ слѣдующимъ образомъ. Если въ систему водоносныхъ слоевъ не включены обширныя непроницаемыя или малопроницаемыя образованія, то, при выкачиваніи воды, на поверхности образуется воронка пониженія грунтовыхъ водъ: если же таковыя образованія существуютъ, то результатомъ выкачиванія будетъ уменьшеніе давленія въ прѣсной водѣ, заключенной подъ этими образованіями. Въ обоихъ случаяхъ, согласно вышеприведенному гидростатическому закону, раздѣлительная плоскость между морской водой должна передвинуться кверху. Вмѣстѣ съ тѣмъ передвигается и область диффузіи, попадаетъ въ поле насоса, и осоленіе прѣсной воды повышается пропорціонально уменьшенію давленія. Отсюда получились слѣдующія основныя положенія для водоснабженія такихъ областей:

1. Колодцы слѣдуетъ закладывать въ мѣстахъ наиболѣе высокаго положенія прѣсныхъ водъ, т. е вообще не близъ моря, но преимущественно въ центральной части.

2. Фильтры въ буровыхъ колодцахъ должны, по возможности, закладываться надъ раздѣлительной плоскостью водъ.

3. Число колодцевъ должно сообразоваться съ тѣмъ основнымъ требованіемъ, чтобы максимальное расходованіе воды каждаго колодца не превышало той массы воды, какую колодезь можетъ отдать, не вызывая того предѣльнаго пониженія давленія, при которомъ морская вода попадаетъ въ поле насоса.

4. Колодцы должны закладываться на такомъ другъ отъ друга разстояніи, чтобы ихъ воронки пониженія или площади пониженнаго давленія не пересѣкались.

Совершенно иныя условія наблюдаются въ области голландскихъ материковыхъ дюнъ и въ области, расположенной за дюнами. По Винтгенсу[1]), которому мы здѣсь слѣдуемъ въ нашемъ изложеніи, географическія и геологическія условія этихъ областей таковы:

Полоса земли, прилегающая съ запада къ Зюйдерскому заливу и примыкающая къ линіи Наарденъ-Утрехтъ-Вресвикъ, от-

---

1) Beitrag zur Geologie von Nordholland, 1911.

носится къ тѣмъ нидерландскимъ мѣстностямъ, которыя, вслѣдствіе своего низменнаго положенія и связанной съ этимъ необходимости искусственной осушки, извѣстны далеко за предѣлами своего отечества подъ названіемъ „польдеровъ“.

Высота мѣстоположенія такихъ польдеровъ колеблется между 0 и 6 м. — А. П. (А. П. — Амстердамскій пегель).

Обыкновенно, стало быть, мѣстность лежитъ ниже сосѣднихъ каналовъ и канализованныхъ рѣкъ и можетъ быть защищена отъ неминуемыхъ наводненій лишь при помощи искусственной осушки.

Посредствомъ обширныхъ осушительныхъ сооруженій грунтовая вода въ польдерахъ держится на извѣстномъ постоянномъ уровнѣ; а во время продолжительныхъ засухъ это достигается путемъ искусственнаго орошенія.

Чаще всего польдеры раздѣляются на слѣдующіе классы:

1. Польдеры, низменное положеніе которыхъ обусловлено устройствомъ плотинъ и является естественнымъ результатомъ искусственной осушки, вслѣдствіе осѣданія почвы, по большей части торфянистой.

2. Польдеры, происшедшіе путемъ искусственной осушки озеръ, называемые по голландски „ droogmakerijen“.

Съ гидрологической точки зрѣнія, по Дюбуа, польдеры раздѣляются на глубокіе и неглубокіе, смотря по тому, колеблется ли уровень грунтовыхъ водъ въ нихъ въ предѣлахъ 4—6 м. или въ предѣлахъ 1,5—2,5 м. ниже А. П.

На нѣкоторыхъ польдерахъ, лежащихъ близъ моря или болѣе крупныхъ рѣкъ, избыточная вода, попадающая въ польдеръ изъ атмосферы или путемъ инфильтраціи, отводится непосредственно въ море или въ сосѣднюю водную артерію; но, большею частью, вода съ польдеровъ удаляется посредствомъ т. наз. „Boezems“, представляющихъ систему соединенныхъ между собой каналовъ и прудовъ, водная поверхность которыхъ держится постоянно на нѣкоторомъ опредѣленномъ уровнѣ и которые сообщаются съ моремъ или рѣкой.

Вода, заполняющая Boezem, въ засушливое время пополняется приводомъ воды со стороны; поэтому химическій ея составъ, особенно содержаніе хлора, подверженъ большимъ колебаніямъ.

Между тѣмъ какъ съ юга и по берегамъ Зюйдерскаго залива для защиты области польдеровъ отъ наружныхъ водъ необходимы исполинскія плотины, по берегамъ Сѣвернаго моря залегаетъ полоса дюнъ, которая мѣстами достигаетъ ширины въ 4000 м., мѣстами значительно у́же, а кой-гдѣ и совершенно прерывается.

Наиболѣе высокія дюны находятся близъ города Гаарлема и превышаютъ уровень моря на 60 м.; средняя же высота дюнной области врядъ-ли значительнѣе 10 м. надъ А. П.

Отъ равнины дюны отдѣлены узкой, низменной, песчаной полоской.

Въ геологическомъ отношеніи поверхность вышеупомянутой части Нидерландовъ на глубину 10—30 м. подъ А. П. построена изъ горизонтально отложенныхъ пластовъ торфа, глины и мелкихъ морскихъ песковъ.

Напластованіе, большею частью, неправильное, и не только вслѣдствіе малаго развитія пластовъ въ горизонтальной плоскости, но также и вслѣдствіе того, что отдѣльные пласты не пріурочены къ опредѣленному уровню.

Исключеніе составляютъ лишь два торфяника, глубиною 20 м. и 11—13 м., занимающіе обширную площадь и представляющіе остатки мохового торфяника, въ противоположность торфяникамъ болѣе молодымъ, которые считаются за остатки лугового торфяника и содержатъ въ себѣ, по Дюбуа, также остатки растеній мохового торфяника. Ихъ присутствіе указываетъ на болѣе возвышенное положеніе мѣстности въ прежнее время. Происхожденіе нижняго торфяника, занимающаго особенно обширную площадь въ провинціи Nordholland, должно приблизительно совпадать съ началомъ современнаго геологическаго періода; другой, верхній торфяникъ, залегающій южнѣе, болѣе поздняго происхожденія.

На поверхности польдеровъ часто залегаетъ торфъ, который, не смотря на нѣкоторую осадку вслѣдствіе искусственной осушки, имѣетъ все же весьма значительную мощность. Содержаніе воды въ среднемъ равно 90%. Поверхъ торфа лежитъ слой молодого морского песка или глины.

Западная Фрисландія и т. наз. IJ-Polder, осушенные съ 1876 г., покрыты сверху болѣе молодой морской глиной и пескомъ, а вдоль прежнихъ рѣкъ, Фехта и стараго Рейна, попадаются одиночныя узкія полосы рѣчной глины.

Подъ дюнами верхніе аллювіальные слои представлены чаще всего морскимъ пескомъ. Дюнный песокъ содержитъ единичные маленькіе торфяники, образовавшіеся въ старыхъ дюнныхъ лощинахъ, и гумусъ. Какъ въ польдерахъ, такъ и здѣсь болѣе глубокія аллювіальныя образованія составлены преимущественно изъ мелкаго песка, песчаныхъ глинъ и суглинистыхъ пластовъ.

Залегающія подъ этими аллювіальными пластами дилювіальныя отложенія имѣютъ максимальную мощность въ 200 м. приблизительно.

Свита диловіальныхъ пластовъ, большею частью, открывается т. н. „эмскимъ горизонтомъ“, содержащимъ гравій и богатымъ морскими раковинами и потому часто называемымъ грубымъ или раковистымъ пластомъ.

Лоріэ расчленяетъ дилювій сверху внизъ на:

A. Песчаный дилювій.

1. Морскія отложенія. Эмскій горизонтъ.
2. Рѣчныя отложенія.

B. Хрящевой дилювій.

Хрящевой наносъ состоитъ изъ песка, богатаго гравіемъ и галькой различныхъ размѣровъ; мѣстами попадался и настоящій валунный суглинокъ.

Вся свита представляетъ собою типичное ледниковое или флювіо-глаціальное образованіе.

Песокъ песчанаго наноса содержитъ менѣе гравія и гальки.

Стокъ прѣсной воды въ областяхъ съ вышеописаннымъ геологическимъ строеніемъ совершается въ двухъ направленіяхъ: къ морю, съ одной стороны, съ другой — къ польдерамъ, вслѣдствіе ихъ непосредственной близости.

Путь, избираемый водой при этой циркуляціи, опредѣляется сопротивляемостью отдѣльныхъ пластовъ.

Лишь крайне малая часть воды будетъ стекать непосредственно къ польдерамъ черезъ верхніе малопроницаемые аллювіальные пласты; несравненно большая часть ея будетъ просачиваться черезъ аллювій и, лишь достигнувъ дилювіальнаго песка, будетъ распространяться въ горизонтальномъ направленіи къ польдерамъ, чтобы здѣсь снова подняться кверху. Но и соленая вода подъ вліяніемъ силы тяжести будетъ направляться къ низменной области.

Въ виду того, что съ передвиженіемъ соленой и прѣсной воды связано уменьшеніе давленія, которое обнаруживается наиболѣе ясно подъ и надъ малопроницаемыми пластами, будетъ, вѣроятно, ясно безъ дальнѣйшихъ разсужденій, что принципъ Бадонъ-Гюйбенса, покоящійся на статическомъ равновѣсіи, подвергнется здѣсь значительной модификаціи.

Положеніе раздѣлительной плоскости между соленой и прѣсной водой теперь уже не можетъ опредѣляться просто по разности высотъ морской и грунтовой воды, нѣтъ: оно въ каждой вертикали будетъ зависѣть отъ разности давленій притекающей снизу соленой и плавающей поверхъ нея прѣсной воды, т. е. въ данномъ случаѣ прѣсной воды въ дилювіальномъ пескѣ.

Если, стало быть, на фиг. 84 линіями A и B изображены относительныя паденія глубокой прѣсной и соленой воды, а вы-

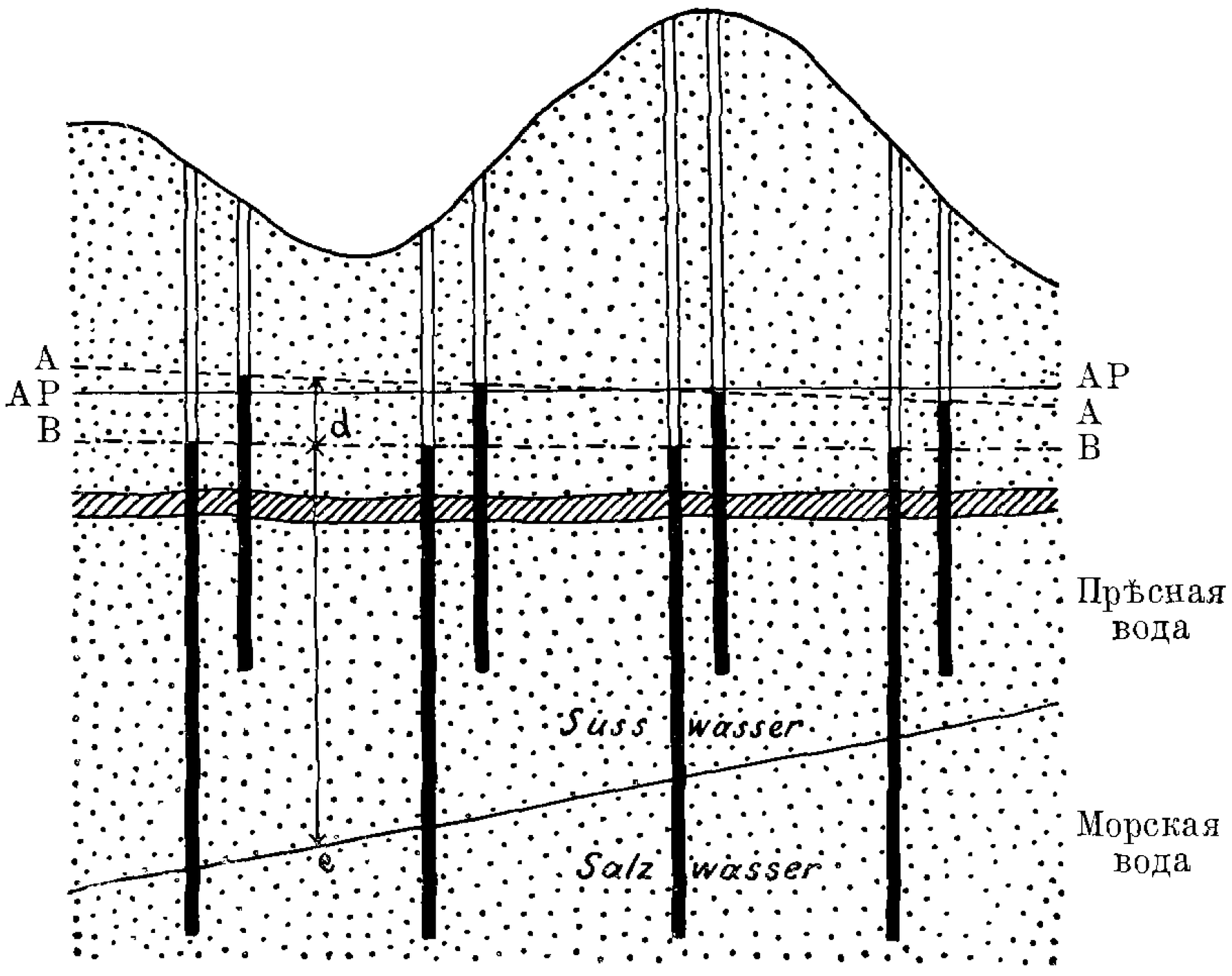
соты ихъ, отнесенныя къ А. П., обозначены черезъ a_x и b_x, то раздѣлительная плоскость должна залегать на глубинѣ:

$$h_1 = 42\,(a_x - b_x)\,m$$

подъ линіей B или:

$$h_1 = h_1 - b_x = 42\,(a_x - b_x) - b_x \text{ метровъ подъ А. П.}$$

Направленіе линій относительнаго паденія, какъ и положеніе высочайшей точки линіи A, т. е. грунтовый водораздѣлъ между зонами, отводящими воду въ море и въ польдеры, будетъ подчиняться значительнымъ мѣстнымъ различіямъ. Опредѣляющими



Фиг. 84.

факторами являются: высота залеганія грунтовыхъ водъ, геологическія особенности почвы и грунта и глубина сосѣднихъ польдеровъ. Кромѣ того, сказывается вліяніе приливовъ и отливовъ, даже на значительномъ разстояніи отъ побережья. Замѣчена также зависимость между мелкими колебаніями воднаго зеркала въ колодцахъ и высотою стоянія барометра; эта зависимость, однако, обратная.

По вопросу о томъ, какъ глубокій дренажъ или откачиваніе воды изъ дилювіальнаго песка посредствомъ глубокихъ колодцевъ отражается на направленіи линій паденія и на глубинѣ залеганія раздѣлительной плоскости, Винтгенсъ пишетъ слѣдующее:

И то и другое, естественно, вызоветъ уменьшеніе давленія

прѣсной воды въ дилювіальномъ пескѣ какъ надъ вторымъ глинистымъ пластомъ, такъ и подъ нимъ. Отсюда послѣдуетъ, во-первыхъ, то, что граница прѣсной воды соотвѣтственно повысится, и, во-вторыхъ, то, что во всѣхъ частяхъ дилювіальнаго песка, гдѣ вода находится подъ болѣе высокимъ давленіемъ, будетъ вызвано теченіе по направленію къ мѣсту дренажа. При этомъ окажется цѣлесообразнымъ держать депрессію давленія воды, заключенной въ малопроницаемыхъ формаціяхъ, на такомъ максимумѣ, чтобы боковой стокъ къ морю и къ польдерамъ, не прекращаясь совершенно, былъ минимальнымъ. Въ виду того обстоятельства, что откачка сказывается на большой глубинѣ, положеніе раздѣлительной плоскости водъ подъ нижнимъ дилювіальнымъ суглинистымъ пластомъ или въ немъ самомъ слѣдуетъ считать наиболѣе цѣлесообразнымъ.

Большія различія водопроницаемости дилювіальнаго песка и глинистой формаціи даютъ гарантію въ томъ, что даже очень глубокое дренированіе не будетъ въ состояніи вызвать въ дилювіальномъ пескѣ настолько значительнаго уменьшенія давленія, чтобы слѣдствіемъ явился притокъ соленой воды либо со стороны моря, либо снизу. Незначительное количество воды, проникающее кверху черезъ глинистый пластъ вслѣдствіе глубокаго дренированія, въ виду высокой водопроницаемости песка, можетъ быть легко возмѣщено и помимо рѣзкихъ различій въ давленіи.

Но даже обезвоживаніе глубокихъ слоевъ посредствомъ колодцевъ, опускающихся въ самые пески между малопроницаемыми формаціями, не такъ уже легко ведетъ къ осоленію воды. Депрессія, вызванная такимъ обезвоживаніемъ, въ части, заключенной между малопроницаемыми пластами, вызоветъ дальнѣйшую, хотя и менѣе значительную, депрессію подъ вторымъ, болѣе глубокимъ суглинистымъ слоемъ. Но здѣсь достаточно самой незначительной депрессіи, чтобы обнаружился притокъ какъ прѣсной воды съ юга и съ сѣвера, такъ и морской воды. Положеніе границы соленой воды въ такомъ случаѣ, несомнѣнно, опредѣлится по разности давленія воды, заключенной въ малопроницаемыхъ пластахъ, и болѣе глубоко залегающей соленой воды. Если за предѣльное допустимое положеніе границы соленой воды принять глубину въ 75 м. подъ А. П., глубину, на которой эта граница все еще будетъ пріурочена къ суглинистой формаціи, то по формулѣ

$$h_1 = 42\,(a_x - b_x) - b_x$$

или:

$$a_x - b_x = \frac{75 - b_x}{42} = 1{,}667 - {}^1/_{42}\,b_x$$

можно будетъ опредѣлить значеніе разности $a_x - b_x$, т. е. разность давленій прѣсной и соленой воды, соотвѣтствующую данной высотѣ. Ибо значеніе b , при переходѣ въ новое состояніе равновѣсія, подвергается лишь очень незначительному измѣненію, вліяніе котораго на факторъ $^1/_{42}\ b_x$ несущественно.

Если же найденныя этимъ путемъ значенія сравнить съ существующими въ данный моментъ разностями давленій прѣсной воды, заключенной между обоими малопроницаемыми пластами, съ одной стороны, и глубокой соленой воды — съ другой, какъ это сдѣлано ниже, въ таблицѣ 1, то окажется, что можно вызвать значительное пониженіе давленія дилювіальной воды на обширной площади дюнъ, не опасаясь при этомъ поднятія морской воды. А то обстоятельство, что подобная депрессія — которую, разумѣется, можно урегулировать такимъ образомъ, чтобы не было бокового притока ни морской воды, ни воды съ польдеровъ — въ состояніи вызвать рожденіе могучаго потока прѣсной воды, направленнаго съ сѣвера на югъ, подтверждается тѣми неоднократными наблюденіями въ дюнахъ, что въ буровыхъ колодцахъ прѣсная вода поднимается часто на 3 м. выше А. П., а также и тѣми поразительно малыми давленіями, какія потребны для функціонированія существующихъ водооткачивающихъ сооруженій.

Разстояніе отъ берега моря въ метрахъ	Высота стоянія воды, отнесенная къ А. П., въ колодцахъ, опускающихся до: прѣсной воды поверхъ аллювіальной глины	прѣсной воды между аллювіальной глиной и дилювіальнымъ суглинкомъ	прѣсной воды подъ суглинкомъ a_x	соленой воды подъ суглинкомъ b_x	$H = a_x - b_x$	Глубина залеганія границы соленой воды, отнесенная къ А. П. $h_1 = 42\,H - b_x$
0	отъ 0,60 до + 3,50 + А. П. смотря по глубинѣ дренирующихъ каналовъ и высотѣ стоянія воды въ нихъ	+ 0,67	—	— 0,17	0,84	35,45
500		+ 0,89	—	— 0,68	1,57	66,62
1000		+ 1,93		— 1,05	2,08	88,41
1500		+ 1,05		— 1,21	2,26	96,13
2000		+ 1,07		— 1,38	2,45	104,28
2500		+ 0,98		— 1,57	2,55	108,67
3000		+ 0,85		— 1,81	2,66	113,53
3500		+ 0,66		— 2,04	2,70	115,44
4000		+ 0,46		— 2,23	2,69	115,21
4500		+ 0,30		— 2,42	2,72	116,66
5000	+ 1,70	+ 0,13	+ 0,15	— 2,62	2,75	118,12
6000	— 20 —	— 0,26	— 0,24	— 3,00	2,76	118,92
7000		— 0,68	— 0,55	— 3,28	2,73	117,94
8000		— 2,18	— 0,86	— 3,56	2,70	116,96
8800		— 3,68	— 1,02	— 3,78	2,76	119,60

Разстояніе отъ берега моря въ метрахъ	Разность давленій *глубокой* прѣсной и глубокой соленой воды въ данный моментъ	Разность давленій при залеганіи раздѣлительной плоскости на высотѣ 75 м. подъ А. П.	Возможное пониженіе давленія дилювіальной прѣсной воды	
0	0,44	—	—	
500	1,57	—	—	
1000	2,08	1,76	0,32	
1500	2,26	1,76	0,50	
2000	2,45	1,76	0,69	
2500	2,55	1,75	0,80	
3000	2,66	1,74	0,92	
3500	2,70	1,74	0,96	
4000	2,69	1,73	0,96	
4500	2,72	1,73	0,99	
5000	2.75	1,82	1,03	
6000	2,74	1,71	1,03	

Въ этой послѣдней таблицѣ наглядно сопоставлены какъ измѣненія давленій, установленныя путемъ наблюденія, и связанныя съ ними различныя положенія раздѣлительной плоскости водъ, такъ и постепенное пониженіе этой плоскости по мѣрѣ удаленія отъ морского берега.

ГЛАВА 29.

Соотношеніе между грунтовыми и поверхностнымн потоками.

Возобновленіе грунтовыхъ водъ и пополненіе ихъ запасовъ со стороны открытыхъ водъ имѣетъ выдающееся значеніе во многихъ областяхъ, а именно тамъ, гдѣ легкопроницаемыя породы перерѣзаются рѣками, не изолированными отъ окружающей среды посредствомъ непроницаемыхъ или трудно проницаемыхъ пропластковъ. Что тѣ-же явленія могутъ имѣть мѣсто и въ областяхъ распространенія рыхлыхъ четвертичныхъ и третичныхъ образованій, мы имѣли случай убѣдиться при разсмотрѣніи явленій, связанныхъ съ высокимъ стояніемъ воды въ крупныхъ рѣкахъ. Цѣлые ручьи и рѣки могутъ даже исчезать такимъ путемъ. Приведемъ нѣсколько примѣровъ и укажемъ хотя бы на довольно многоводный ручей, отводящій воду Визенбургской лощины на Флемингскомъ плато (около 180 м. на у. м.) и совершенно исчезающій нѣсколько южнѣе Визенбурга, близъ лѣсничества Шпрингъ, въ то время какъ его долина тянется еще на нѣкоторомъ разстояніи, но уже въ качествѣ сухой долины. Соб-

ственно грунтовая вода залегаетъ здѣсь, вѣроятно, лишь на глубинѣ свыше 50 м. подъ поверхностью плато, построеннаго изъ мощныхъ легко проницаемыхъ отложеній грубыхъ песковъ и гравія. Названіе мѣстности Verloren Wasser, расположенной къ сѣверу отъ Визенбурга, также указываетъ на исчезновеніе воднаго потока. Планшетъ Стакелитцъ, на сѣверномъ краю котораго и лежитъ м. Визенбургъ, относится къ числу немногихъ областей Сѣверной Германіи, которыя, принимая въ себя значительныя количества воды, не отдаютъ, однако, ни капли ея въ видѣ поверхностныхъ потоковъ. По сообщенію ф. Линстова[1]), ручей, текущій съ возвышенности, извѣстной подъ названіемъ Halber Mond, совершенно исчезаетъ на протяженіи 380 м. къ западу отъ шоссе Кемберггъ-Дюбенъ; такую же судьбу раздѣляетъ и Würmfluss на Мюнхенскомъ плато, по свидѣтельству Зейберта.

Рѣдкость подобныхъ явленій въ областяхъ рыхлыхъ дилювіальныхъ и третичныхъ обломочныхъ породъ объясняется, вѣроятно, самоуплотненіемъ рѣчныхъ руселъ. Ибо не только естественные ручьи и рѣчки, но и созданныя искусственно русла каналовъ становятся постепенно совершенно плотными, вслѣдствіе отложенія глинистаго ила и мелкихъ органическихъ массъ. Особенно ясно это обнаруживается въ тѣхъ случаяхъ, когда въ области такихъ протоковъ вызывается искусственное пониженіе уровня грунтовыхъ водъ ниже уровня водной поверхности водоемовъ. При работахъ по сооруженію Плётценскихъ шлюзовъ, въ 1909 году, явилась необходимость сильно понизить уровень грунтовыхъ водъ, и многіе колодцы въ Шарлоттенбургѣ изсякли. При дальнѣйшемъ производствѣ работъ выяснилось, что подъ ложемъ канала, которое не было искусственно уплотнено, залегалъ совершенно сухой песокъ и что ни одна капля воды не просочилась изъ канала. Мы увидимъ въ 32 главѣ, что при осушительныхъ работахъ въ буроугольныхъ копяхъ Марга близъ Зенфтенберга было вызвано образованіе обширной воронки пониженія грунтовыхъ водъ, простиравшейся подъ самымъ ложемъ рѣки Эльстеръ, причемъ рѣка не потерпѣла замѣтнаго ущерба.

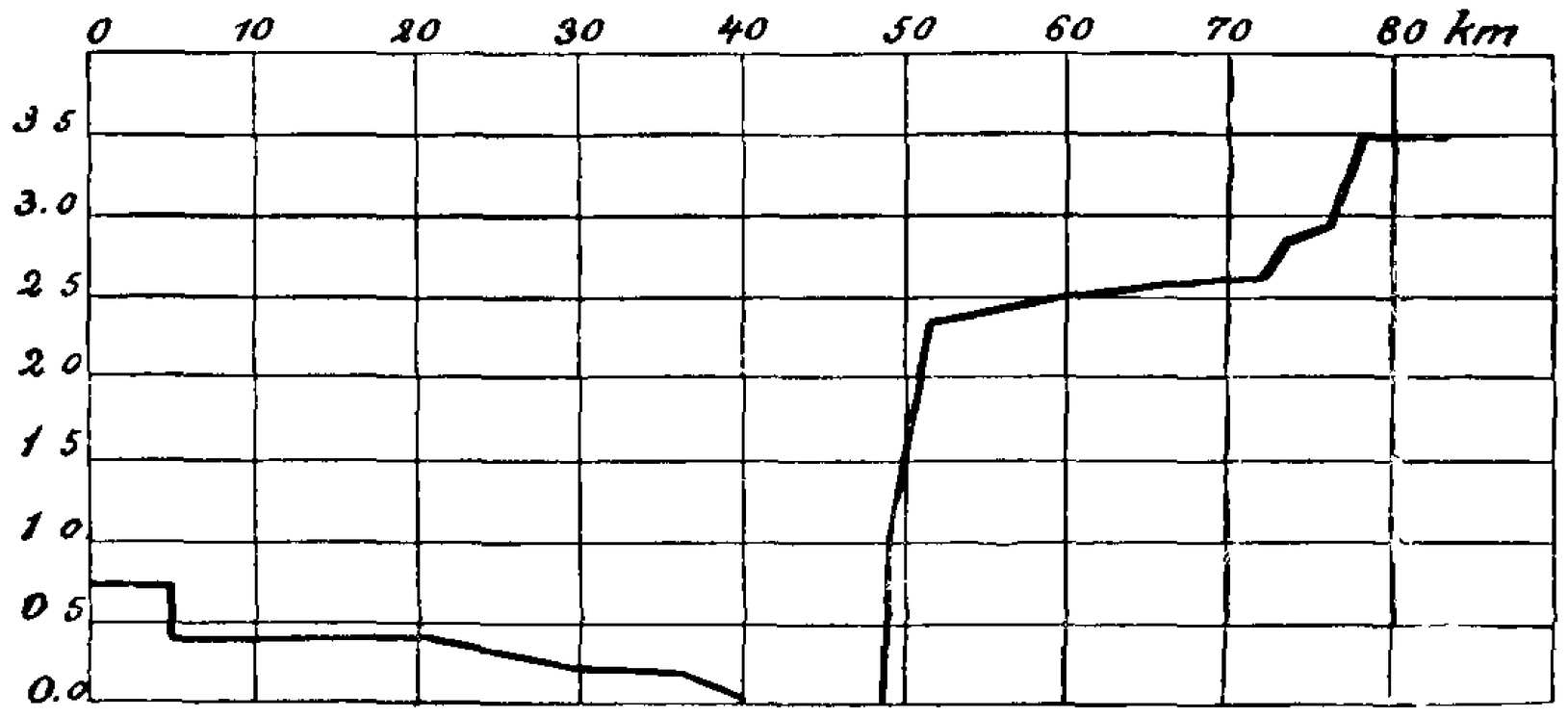
Явленіе исчезанія рѣкъ достигаетъ особенно обширныхъ размѣровъ въ областяхъ, богатыхъ пещеристыми песчаниками, лавами, известняками, доломитами. Можно въ этихъ породахъ различать четыре формы пустотъ, пригодныхъ для поглощенія поверхностныхъ потоковъ; воронки-провалы, вертикальныя есте-

---

1) v. Linstow, Die Tertiärbildungen auf dem Gräfenhainischen-Schmiedeberger Plateau. „Jahrb. d. K. Preuss. Geol. Landesanstalt“ für 1908, Teil II, Heft II, S. 296.

ственныя шахты, трещины и пещеры разнообразнѣйшаго вида. Въ главѣ о проницаемости породъ эти явленія уже подвергались разсмотрѣнію. Водопоглотительная способность лавовыхъ потоковъ обусловлена, во-первыхъ, порозностью, затѣмъ — безчисленнымъ количествомъ трещинъ охлажденія и, наконецъ, пещерами, происшедшими при вытеканіи жидкой лавы. Что касается песчаниковыхъ областей, то, напр., многія рѣки Скалистыхъ горъ исчезаютъ въ горахъ Black Hills и Big Horn Mountains тамъ, гдѣ длинной полосою обнажается относящійся къ мѣловой системѣ Дакотскій песчаникъ. Воды, исчезающія здѣсь, выводятся наружу далеко на востокъ въ видѣ артезіанскихъ источниковъ.

Объ исчезаніи открытыхъ водъ въ известнякахъ свидѣтельствуютъ всѣ области кавернозныхъ известняковъ преимущественно мѣловой, юрской, тріасовой, девонской системъ. Такъ,



Фиг. 85. Кривая водной убыли Итона. Слѣва масса воды въ куб. м., сверху протяженія въ км.

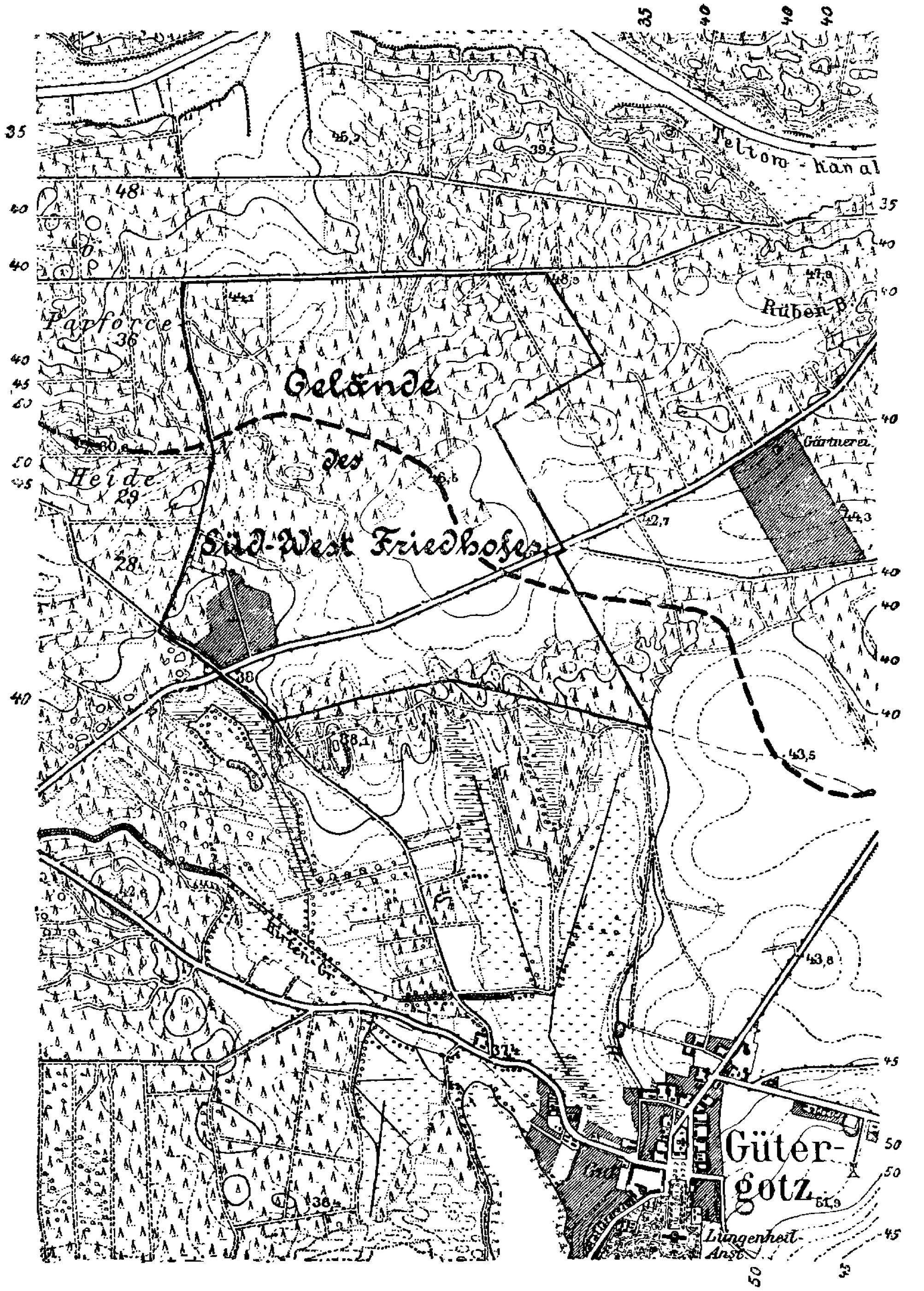
напр., у Бельгарда вся Рона исчезаетъ въ нижней изъ трехъ нѣсколько наклонно залегающихъ известковыхъ грядъ ургонскаго возраста, черезъ которыя она перетекаетъ. Близъ Байё исчезаютъ Оръ и Дромъ въ оолитѣ на протяженіи 40 м. при низкой водѣ и 80 м. при высокой, выходя снова на поверхность на разстояніи 4 км. и изъ тѣхъ же самыхъ пластовъ, въ которыхъ скрылись. Укажемъ, далѣе, на исчезновеніе Итона въ юрскомъ известнякѣ, отмѣчаемое на картахъ. Итонъ — притокъ Ёры (Eure), и истоки его расположены на высотѣ 280 м. надъ уровнемъ моря. Исчезаетъ онъ близъ Виллалэ. Его водное богатство на всемъ его протяженіи въ 88 км. на прилагаемомъ чертежѣ представлено, по Добрэ, графикомъ (фиг. 85), совершенно ясно показывающимъ мѣста наиболѣе крупной потери воды. Въ ложѣ рѣки мѣстами залегаютъ т. наз. Entonnoirs или Bétoires, воронки діаметромъ до 80 см. и глубиною до 16 м., въ которыхъ и исчезаетъ главная масса воды. Что касается самаго вида пустотъ, находящихся въ

известковыхъ породахъ, то онъ опредѣлился при разработкѣ каменоломни, гдѣ былъ обнаруженъ на глубинѣ 18,7 м. каналъ діаметромъ 2,9 : 1,75 м. Въ немъ текла вода, массою въ 507 секундолитровъ, съ быстротою 6 м. въ минуту. Расширеніе водоносныхъ путей здѣсь все еще продолжается, что обнаружилось при заложеніи въ 1880 году шахты въ 20 м. глубиною, при діаметрѣ въ 2 м.

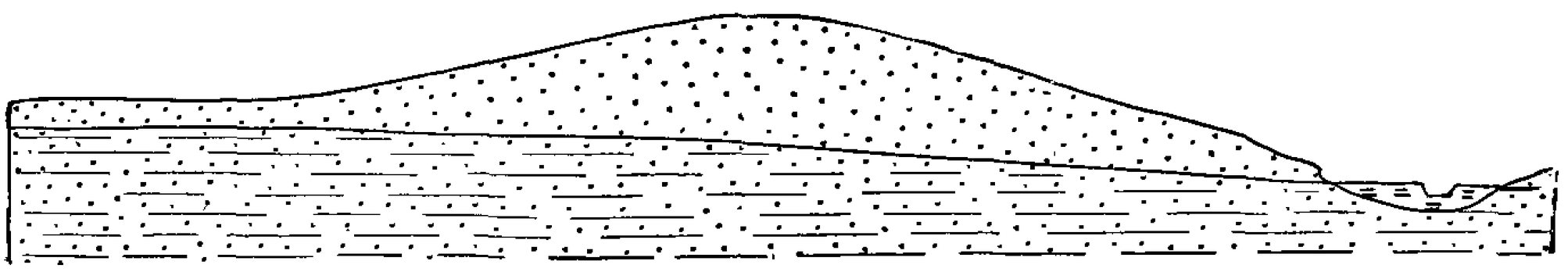
Отличные примѣры подземныхъ потоковъ имѣются въ окрестностяхъ Нуарегъ на Нёвшательскомъ озерѣ [1]). Долина Понъ (Ponts), лежащая на абсолютной высотѣ около 1000 м., не имѣетъ стока для выпадающихъ въ ея области атмосферныхъ осадковъ, которые поэтому и задерживаются на выстилающихъ долину глинистыхъ пластахъ; результатомъ подобныхъ условій явилось полное заболачиваніе мѣстности и образованіе торфяныхъ отложеній, достигающихъ мѣстами 6 м. мощности, не лишенныхъ даже экономическаго значенія, такъ какъ мѣстное и окрестное населеніе пользуется этимъ торфомъ въ качествѣ топлива. По краямъ этой мульды въ горной породѣ заключены обширныя пещеры, пустоты и трещины, сообщающіяся съ поверхностью посредствомъ особыхъ воронкообразныхъ отверстій, т. наз. Emposieux Эти воронки, однако, не разбросаны безъ всякаго порядка, но пріурочены, большею частью, къ болѣе крупнымъ сбросовымъ трещинамъ и могутъ достигать на поверхности діаметра въ 100 м. Эти то Emposieux и служатъ сточными каналами какъ для бассейна Понъ, такъ и для всѣхъ аналогично построенныхъ. Скопляющаяся въ бассейнѣ вода, достигнувъ уровня отверстій воронокъ, переливается въ нихъ и проникаетъ въ трещины, чтобы гдѣнибудь ниже, часто на глубинѣ нѣсколькихъ сотъ метровъ, выйти на поверхность въ видѣ источниковъ. Въ нашемъ случаѣ, вода, исчезающая въ бассейнѣ Понъ, даетъ могучій источникъ на 300 м. ниже, по сосѣдству съ деревней Нуарегъ въ долинѣ Траверса, кантона Нейенбургъ, у подножія исполинской скалистой стѣны. Стóитъ въ бассейнѣ Понъ разразиться сильному ливню, какъ это тотчасъ же обнаруживается на усиленномъ дебитѣ источника близъ Нуарега. Уже нѣсколько часовъ послѣ ливня источникъ бьетъ съ увеличенной силой и изливаетъ мутныя грязныя воды. По мѣткому выраженію Геймa, эти источники не что иное, какъ подземные ручьи. Если же на сборной площади подобныхъ источниковъ господствуетъ засуха, ихъ дебитъ постепенно сокращается и, въ концѣ концовъ, сходитъ на-нѣтъ. Въ лѣто 1893 г., отличавшееся невѣроятно малымъ количествомъ атмосферныхъ

---

1) Haas, Quellenkunde, S. 33.


Teltow - kanal
Rüben-B.
Gärtnerei
Gelände des Süd-West Friedhofes
Parforce
Heide
Güter-
götz
Lungenheil-
Anst.

Фиг. 77.



Фиг. 78.

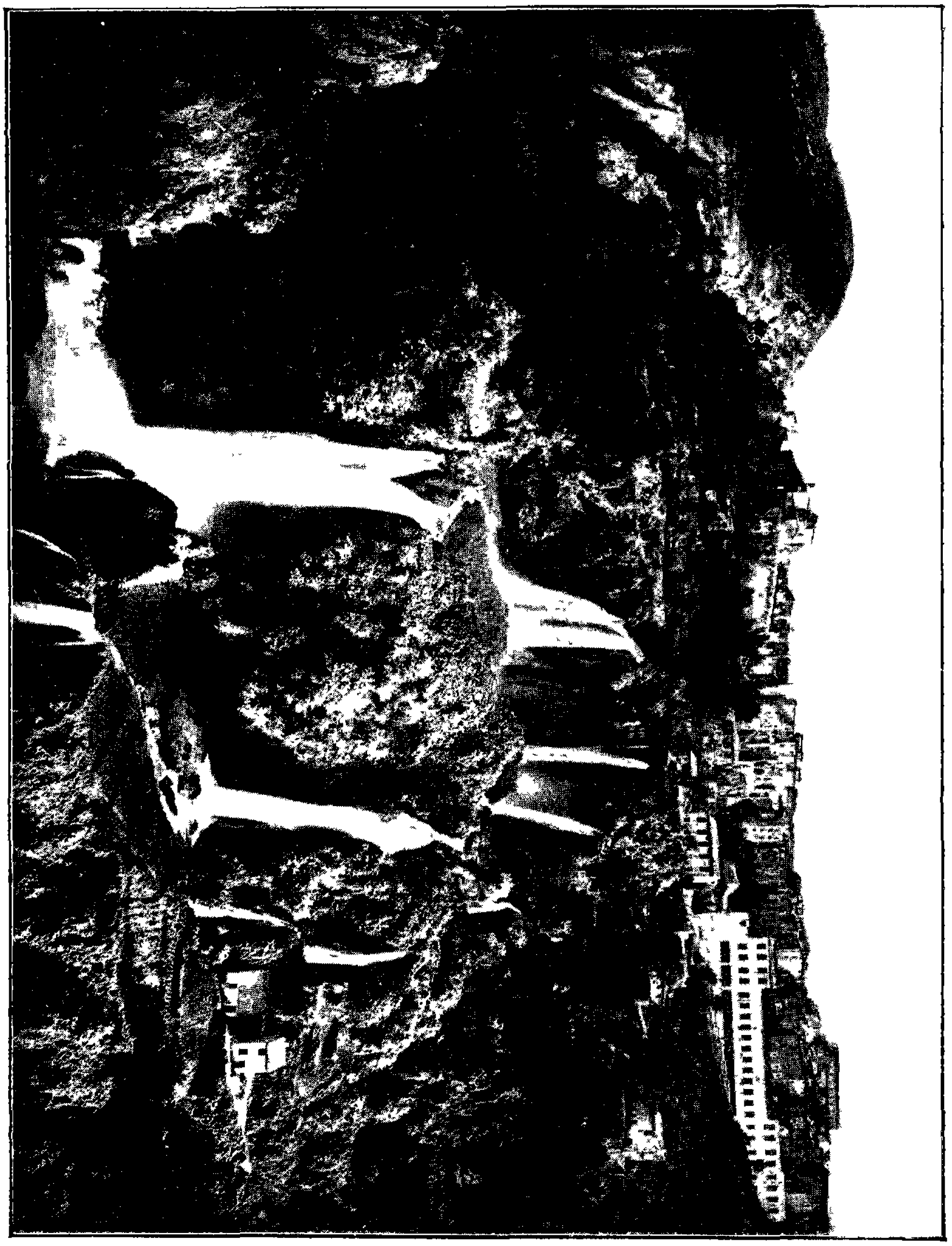
осадковъ, особенно въ южной Германіи и въ Швейцаріи, дебитъ источника Нуарегъ сократился до минимума, и отъ могучаго потока, изливавшагося изъ скалы въ былое время и проводившаго въ движеніе мельничныя колеса и турбины, осталась слабая струйка мутной воды.

Всемірно извѣстный примѣръ исчезанія рѣкъ въ известняковыхъ горахъ являетъ рѣка Тевероне — у древнихъ Аніо — близъ Тиволи въ Сабинскихъ горахъ. Выше города рѣка цѣликомъ исчезаетъ и ниже его снова появляется цѣлымъ рядомъ великолѣпныхъ водопадовъ (фиг. 86).

Большое народно-хозяйственное значеніе имѣетъ провалъ на Дунаѣ близъ Мёрингена и Туттлингена. Здѣсь воды рѣки поглощаются известняками Бѣлыхъ Юрскихъ горъ, при чемъ Дунай при низкой водѣ совершенно исчезаетъ, при высокой же теряетъ значительную часть своей воды, равную 2000 секундо-литрамъ. Исчезающія здѣсь воды снова выходятъ на поверхность уже не въ области Дуная, а въ области Рейна, въ извѣстномъ Аахскомъ источникѣ, дающемъ 4000 секундо-литровъ. Эта связь, о которой въ теченіе долгаго времени имѣлись лишь смутныя предположенія, была неопровержимо доказана въ 1877 г. опытомъ Клопа, который въ исчезающую воду Дуная на мѣстѣ главной ея убыли погрузилъ около 200 цтр. поваренной соли. Черезъ 16 часовъ послѣ этого были обнаружены первые слѣды соли въ водѣ Аахскаго источника, и затѣмъ соль выносилась непрерывно въ теченіе 74 часовъ. Опыты съ примѣненіемъ флуоресцина, шифернаго масла и плавающихъ тѣлъ дали тотъ же результатъ.

Въ юго-западной части города Плауэ въ Тюрингіи на краю долины близъ большой дороги вытекаетъ источникъ изъ небольшой пещеры въ скалахъ волнистаго известняка, настолько многоводный, что даже въ наиболѣе сухіе годы онъ даетъ массу воды, достаточную для работы мельницы, расположенной въ 200 метрахъ. Существованіе этого источника слѣдуетъ связать съ протекающей по долинѣ рѣкой Wilde Gera. Начиная отъ Либенштейна, ложе рѣки, большею частью, сухо, и лишь кой-гдѣ стоятъ одинокія лужи. Крайніе слои волнистаго известняка, міофоровые пласты, обнажаются въ руслѣ рѣки въ видѣ известковыхъ плитъ. Вода уходитъ подъ эти плиты, проникаетъ до ретскаго яруса и выходитъ снова на поверхность тамъ, гдѣ эти непроницаемые пласты, смѣнивъ пологое сѣверо-восточное паденіе на болѣе крутое югозападное, выклиниваются, въ данномъ случаѣ — въ южной части города Плауэ, при чемъ останавливаетъ вниманіе то обстоятельство, что вода вновь появляется не въ самомъ ложѣ рѣки.

Дальнѣйшія тщательныя изслѣдованія по вопросу объ исчезаніи открытыхъ потоковъ и о причинахъ такого явленія были произведены Соёкой [1]), которому и будемъ слѣдовать въ даль-



Фиг. 86. Выходъ рѣки Тевероне близъ Тиволи.

нѣйшемъ изложеніи. Авторъ различаетъ 1. такъ называемые поверхностные потоки и 2. рѣки, въ собственномъ смыслѣ.

---

1) Die Schwankungen des Grundwassers mit besonderer Berücksichtigung der mitteleuropäischen Verhältnisse. Von Dr. Isidor Soyka, „Geogr. Abh.“ Bd. II. Heft 3, Wien 1888.

1. На высокихъ плато, въ горныхъ областяхъ, имѣются поверхностные потоки, являющіеся либо стоками озеръ или какихъ либо иныхъ поверхностныхъ скопленій воды, либо стекающей грунтовой водой, обнаженной въ разсѣлинахъ горныхъ породъ; въ послѣднемъ случаѣ происхожденіе потоковъ объясняется тѣмъ, что въ разсѣлинахъ обнажается поверхность грунтовыхъ водъ, и тѣмъ, что послѣдующее ихъ паденіе значительнѣе паденія образующагося потока.

Подобные потоки часто протекаютъ по рыхлой водопроницаемой породѣ, высоко надъ уровнемъ грунтовыхъ водъ, которымъ и отдаютъ постепенно свою воду.

Это часто ведетъ къ совершенному исчезанію потока, при чемъ вся вода его, просочившись, переходитъ въ грунтовыя воды. Въ качествѣ хорошо изученнаго примѣра, можно указать на рѣчку Hachinger Bach, протекающую по Мюнхенскому плато.

Названный ручей происходитъ именно тѣмъ путемъ, о которомъ говорилось выше: уровень грунтовыхъ водъ обнажается въ разсѣлинѣ, проходящей по рыхлой проницаемой горной породѣ, слѣдствіемъ чего является неравномѣрность въ паденіи грунтовыхъ водъ и въ паденіи потока. Въ верхней части ручья уровень сосѣднихъ грунтовыхъ водъ выше воднаго зеркала ручья, горизонтали водной поверхности изгибаются вверхъ по теченію рѣки — ручей получаетъ воду. На дальнѣйшемъ своемъ пути ручей переходитъ въ индифферентную стадію; горизонтали водной поверхности, не теряя своей непрерывности, могутъ быть совмѣщены съ зеркаломъ ручья; оба зеркала лежатъ на одномъ уровнѣ. Затѣмъ слѣдуетъ стадія убыли. Грунтовыя воды залегаютъ на уровнѣ болѣе низкомъ, нежели зеркало ручья, и ручей постепенно исчезаетъ, возвращая свои воды первоисточнику — грунтовому потоку высокаго плато.

Подобныя взаимоотношенія вполнѣ соотвѣтствуютъ результатамъ водныхъ измѣреній.

По измѣреніямъ Гюмбеля (1866) а также по измѣреніямъ Зальбаха въ 1875 г., произведеннымъ при болѣе значительномъ водномъ богатствѣ ручья, ручей этотъ въ разныхъ мѣстахъ своего теченія пропускалъ въ минуту слѣдующія массы воды:

1866			1875		
Близъ Kotmühle	5,6	кб. м.	При входѣ въ Oberhaching	6,4	кб. м.
Внизъ отъ Bachmühle . . .	8,6	„ „	При выходѣ изъ Furth . .	21,0	„ „
Въ дер. Unterhaching . . .	4,9	„ „	Въ Taufkirchen за церковью	30,0	„ „
Въ дер. Unterbiberg	1,9	„ „	Въ дер. Unterhaching . . .	22,0	„ „
Въ лугахъ	1,7	„ „	Въ дер. Unterbiberg	4,6	„ „
Въ дер. Perlach	1,1	„ „	Въ дер. Perlach	4 0	„ „

Потеря воды на этомъ разстояніи дошла до $^{7}/_{8}$ всего запаса; ручей, въ концѣ концовъ, исчезаетъ.

Такіе поверхностные потоки вліяютъ, разумѣется, на состояніе грунтовыхъ водъ, и такимъ образомъ легко можетъ случиться, что какой либо мѣстный ливень, собранный и отведенный потокомъ, вызоветъ набуханіе грунтовыхъ водъ въ областяхъ, ливнемъ не задѣтыхъ; на значительныя разстоянія это явленіе, однако, не распространяется.

2. Другого рода взаимоотношенія существуютъ между состояніемъ и колебаніями грунтовыхъ водъ и уровнемъ воды въ рѣкахъ. Вліяніе рѣкъ на движеніе грунтовыхъ водъ сказывается несравненно яснѣе. Довольно долго держалось убѣжденіе, что рѣки, вслѣдствіе проницаемости своего ложа, отдаютъ часть своей воды въ подпочву, что отдаваемая вода, которой дали названіе Seihwasser, непрерывно просачивается вглубь и въ стороны. Э. Зюссъ, подтверждая такого рода мнѣніе, слѣдующимъ образомъ высказывается о взаимоотношеніи грунтовой и рѣчной воды: довольствуются тѣмъ, что разсматриваютъ рѣку какъ соединеніе большаго или меньшаго количества рѣчекъ, ручьевъ и источниковъ, отводящихъ свою воду въ одномъ общемъ ложѣ, смотрятъ на рѣку исключительно какъ на явленіе земной поверхности, совершенно забывая, что, если бы рѣка, дѣйствительно, представляла явленіе исключительно поверхностное, то неминуемо всѣ атмосферные осадки, выпадающіе въ какомъ либо бассейнѣ, должны были бы стекать немедленно, и поэтому рѣки въ періоды таянія снѣговъ и въ періоды дождей должны были бы обнаруживать несравненно большее водное богатство, нежели это на самомъ дѣлѣ наблюдается, а въ сухое время года русло даже величайшей рѣки должно бы быть почти сухимъ.

Но лишь въ рѣдкихъ случаяхъ, и то только для мелкихъ рѣкъ, ложе рѣки на всемъ своемъ протяженіи тянется по водоупорной породѣ, напр., по пластической глинѣ. Тогда, въ самомъ дѣлѣ, вся рѣка представляетъ явленіе исключительно поверхностное, и, дѣйствительно, наблюдаются вышеупомянутыя рѣзкія колебанія. Несравненно бо̀льшая часть рѣки, по крайней мѣрѣ въ нѣкоторыхъ своихъ участкахъ, сопровождается то широкими, то узкими полосами рыхлыхъ отложеній такъ называемаго аллювія; рѣдко древніе пласты, на которые опирается аллювій, состоятъ также изъ рыхлыхъ породъ, напр, песка или гальки. Но въ такомъ случаѣ вода содержится не только въ открытой артеріи, но и въ аллювіи и въ примыкающихъ къ нему пластахъ; при этомъ берега до извѣстнаго уровня заполнены водой, которая, какъ будетъ показано ниже, дѣйствительно, на-

ходится въ нѣкоторомъ взаимоотношеніи съ высотой стоянія воды въ рѣкѣ — которая подземнымъ путемъ перетекаетъ въ рѣку.

Такъ какъ, однако, притокъ по скважинамъ рыхлой породы совершается несравненно медленнѣе, нежели въ открытомъ руслѣ, и могутъ пройти недѣли и мѣсяцы прежде, чѣмъ капля воды, попавшая въ рыхлую почву изъ атмосферы, перейдетъ въ воду рѣки, то стокъ грунтовой воды можно разсматривать какъ исполинскій регуляторъ, задерживающій большія количества влаги въ мокрое время года и отдающій ее постепенно въ сухое время на питаніе рѣкъ.

Начинающееся отъ рѣки повышеніе зеркала грунтовыхъ водъ можетъ служить наглядным подтвержденіемъ того, что грунтовыя воды притекаютъ къ рѣкамъ.

Въ предѣлахъ Мюнхена въ 1876 г. средній уровень грунтовыхъ водъ, на разстояніи 1500 м., превышалъ на 7 м. зеркало рѣки. Въ Цюрихѣ [1]) въ 1855 г. водное зеркало Лиммата лежало на 120 м. ниже поверхности грунтовыхъ водъ въ высоко расположенномъ пригородѣ Флунтернъ. Въ Парижѣ [2]) въ 1854 г. среднее паденіе грунтовой воды по направленію къ Сенѣ составляло 1 на 1000 м., въ ближайшемъ сосѣдствѣ съ Сеной 1 на 100 м., причемъ паденіе самой рѣки составляло лишь 1 на 20000 м. Въ Вѣнѣ Зюссъ [3]) по увеличивающейся жесткости колодезной воды сдѣлалъ заключеніе о постепенномъ повышеніи уровня воды въ колодцахъ, считая отъ рѣки по направленію къ краямъ долины; имъ обнаружено, что въ колодцахъ Дунайскаго бассейна вода несравненно болѣе жесткая, нежели въ Дунаѣ. Эта увеличенная жесткость не можетъ быть обусловлена ни аллювіальнымъ хрящемъ аллювіальной области Дуная, состоящимъ почти исключительно изъ частей кварца и кристаллическихъ породъ, ни дилювіальнымъ хрящемъ остальной части бассейна, состоящимъ изъ песчаника, но лишь какими либо иными источниками воды, т. е. либо непосредственными атмосферными осадками, либо инфильтраціонными водами, проникающими въ бассейнъ рѣки со стороны краевъ сосѣдняго плато, либо другими жесткими инфильтраціонными водами, такъ что, стало быть, жесткость колодезной воды бассейна Дуная обусловлена стекающей къ рѣкѣ грунтовой водой; и лишь тамъ, гдѣ рѣчная вода дѣйствительно проникаетъ въ почву и смѣшивается съ грунтовой водой, на-

---

1) Pettenkofer, Fünf Fragen aus der Aetyologie der Cholera. „Pappenheims Monatschrift für exacte Forschungen auf dem Gebiete der Sanitätspolizei“ 1895.

2) Delesse, Carte géologique souterraine de Paris et carte hydrologique de Paris.

3) E. Suess, Der Boden von Wien.

блюдается уменьшеніе жесткости послѣдней. Тарди[1]) въ своихъ работахъ о содержаніи извести въ ключевой водѣ окрестностей Bourg-en Bresse (Ain) приходитъ также къ тому результату, что содержаніе извести источниковъ и рѣкъ обусловлено притокомъ инфильтраціонныхъ водъ, въ зависимости отъ пластовъ, дающихъ воду, и отъ временъ года, т. е. количества выпадающихъ осадковъ. Огромный интересъ представляютъ, далѣе, изслѣдованія Зюсса о взаимоотношеніяхъ грунтовой воды на пространствѣ между Пештомъ и Чольнокомъ, отстоящими на $13^1/_4$ миль, т. е. въ части равнины, заключенной между двумя рѣками, Дунаемъ и Тейсомъ, и удаленной отъ всякихъ горъ[2]). На этомъ пространствѣ, въ разстояніи 45 км. отъ Дуная и 55 км. отъ Тейса, имѣется точка, на которой поверхность грунтовой воды залегаетъ на 42 м. выше зеркала Дуная и на 60 м. выше зеркала Тейса. Отъ этой точки начинается почти непрерывное пониженіе уровня воды въ колодцахъ и въ ту, и въ другую сторону по направленію къ вышеназваннымъ рѣкамъ, которыя должны разсматриваться какъ естественные сборные каналы, какъ выводные протоки этихъ спадающихъ грунтовыхъ водъ, наивысшая точка которыхъ указываетъ на то поднятіе непроницаемаго пласта, которымъ было вызвано образованіе грунтоваго водораздѣла. Въ Берлинѣ стокъ грунтовыхъ водъ къ рѣкѣ — какъ при низкомъ, такъ и при высокомъ ихъ стояніи — обнаруживается столь же ясно. Но грунтовыя воды стекаютъ не только по направленію къ протокамъ, а передвигаются еще въ другомъ направленіи — по откосамъ горъ къ частямъ рѣки, расположеннымъ наиболѣе глубоко въ долинѣ, т. е. по направленію діагонали, хотя, конечно, преобладаетъ одно изъ направленій.

Нельзя, однако, сказать, чтобы рѣки не оказывали никакого вліянія на грунтовыя воды. Уже выводы, сдѣланные Зюссомъ по поводу колебаній жесткости вѣнскихъ водъ, вызываютъ предположеніе о просачиваніи рѣчныхъ водъ въ рыхлыя прибрежныя породы. Аналогичныя наблюденія были сдѣланы надъ грунтовой водой, тяготѣющей къ Луарѣ. Когда въ свое время, въ цѣляхъ водоснабженія, было предположено отвести къ Парижу воду Луары и было указано на временное загрязненіе рѣки, родился проектъ, состоящій въ томъ, чтобы вода отводилась не изъ рѣки непосредственно, но изъ особыхъ, параллельныхъ рѣкѣ каналовъ, которые давали бы естественно фильтрованную воду. Въ связи съ этимъ проектомъ, было приступлено къ изслѣдованію колодцевъ вдоль рѣки. Оказалось, что колодцы можно было раздѣ-

---

1) Tardy, Géologie des nappes aquifères des environs de Bourg-en Bresse. „Mém. soc. des sc. nat. de Saône et Loire“. V, 3 1884.

2) E. Suess, Über das Grundwasser der Donau. „Österreich. Revue“. 1866.

лить на двѣ группы, а именно: колодцы, лежавшіе въ непосредственной близости рѣки и мутнѣвшіе вмѣстѣ съ рѣкой, расположенные, слѣдовательно, въ полосѣ, гдѣ каналы не исполнили бы своего назначенія; и колодцы, дававшіе хотя и чистую воду, но состоящую изъ смѣси рѣчной и грунтовой воды. Далѣе, цѣлый рядъ изслѣдованій жесткости воды колодцевъ Луары показалъ слѣдующее: 1. если въ колодцѣ и въ рѣкѣ вода одинаковой, приблизительно, жесткости, то колодецъ мутнѣетъ одновременно съ рѣкой и получаетъ, стало быть, инфильтрированную рѣчную воду; 2. если же вода въ колодцѣ сохраняетъ относительную ясность въ періоды мутнѣнія рѣки, то колодезная вода, въ то же время, отличается и большей жесткостью и представляетъ текущую къ рѣкѣ грунтовую воду [1]).

Эти двоякія и какъ будто противорѣчивыя взаимоотношенія рѣчныхъ и грунтовыхъ водъ мы должны будемъ свести къ тому или иному положенію рѣчного ложа въ связи съ водоносными и водопроницаемыми пластами и можемъ въ этомъ отношеніи установить два различныхъ типа:

1. Въ томъ случаѣ, если ложе рѣки врѣзается глубоко въ непроницаемый пластъ, который какъ бы отгораживаетъ рѣку до значительной высоты, то стокъ грунтовыхъ водъ происходитъ настолько высоко надъ уровнемъ рѣки, что этотъ послѣдній вообще не можетъ достигнуть мѣста стока; поэтому грунтовая вода стекаетъ непрерывно безъ всякихъ помѣхъ, и колебанія зеркала рѣки не могутъ отразиться на высотѣ стоянія грунтовыхъ водъ. Отличный примѣръ этого имѣется въ сопоставленіи высоты стоянія грунтовыхъ водъ въ Мюнхенѣ съ уровнемъ воды въ рѣкѣ Изаръ. Эта рѣка въ предѣлахъ Мюнхена глубоко разсѣкаетъ толщу флинца, а мѣсто стока грунтовыхъ водъ расположено высоко надъ рѣкой. Поэтому всѣ разнообразныя превращенія, которымъ съ теченіемъ времени подвергалось ложе рѣки, не оказали замѣтнаго вліянія на стояніе грунтовыхъ водъ въ Мюнхенѣ.

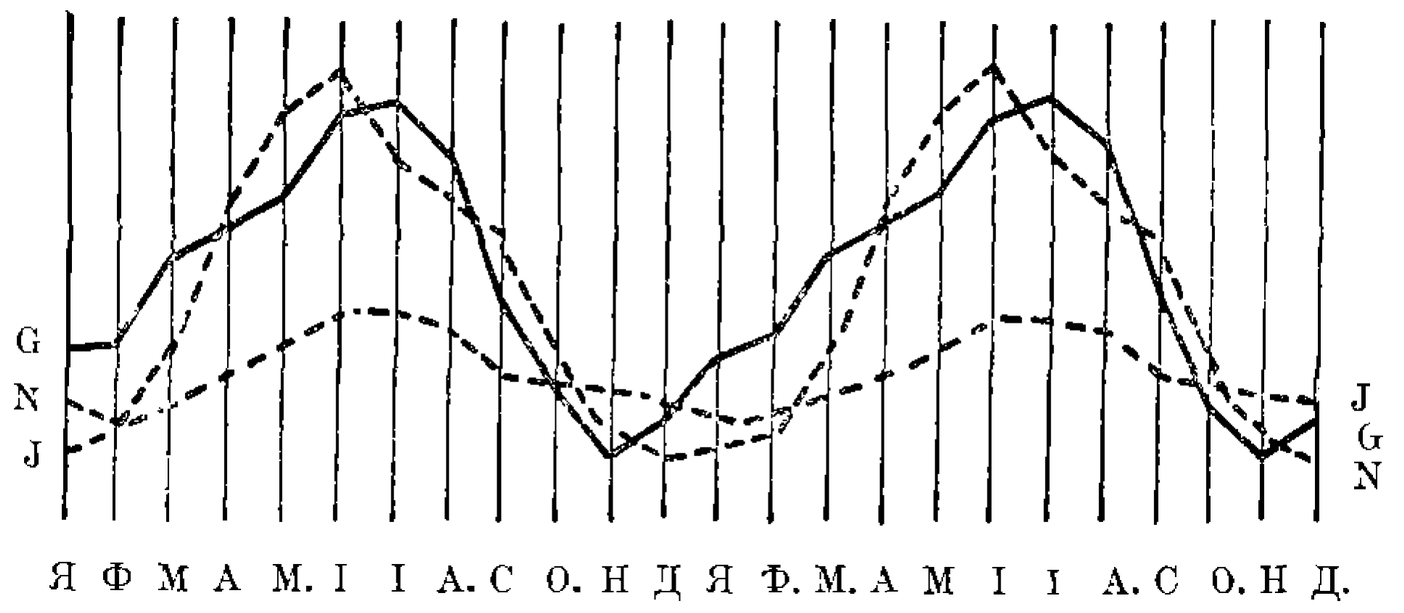
Если сравнить среднее стояніе Изара съ таковыми же грунтовыхъ водъ Мюнхена, при этомъ лишь годичныя колебанія, то это обнаружится наиболѣе ясно. Объектомъ наблюденія служитъ водная поверхность колодца мюнхенскаго Физіологическаго Института, удаленнаго отъ рѣки примѣрно на 1500 м. при абсолютной высотѣ въ 521,28 м., между тѣмъ какъ нулевая точка Изарскаго, Богенгаузскаго пегеля превышаетъ на 504,234 м. уровень Адріатическаго моря.

---

1) Drittes Mémoire des Seinepräfecten über das Wasser von Paris vom 20. April 1860.

	Годичный періодъ: уровня грунтовыхъ водъ въ м. надъ Адріат. моремъ.	уровня рѣки Изаръ въ м. надъ нулемъ пегеля.
Іюнь	515,**582**	—**0,55**
Іюль	,**592**	—**0,69**
Августъ	,**567**	—0,83
Сентябрь	,453	—0,94
Октябрь	,**357**	—1,31
Ноябрь	,**324**	—1,50
Декабрь	,**352**	—**1,61**
Амплитуда	0,268 м. = 1	1,060 м. = 4

Это сопоставленіе годичныхъ періодовъ Изара и грунтовой воды точно также обнаруживаетъ отсутствіе согласованности; уже одно то обстоятельство, что рѣчная амплитуда больше чѣмъ въ 4 раза превышаетъ грунтовую (на рисункѣ фиг. 87 рѣчныя



Фиг. 87. Двухгодичный періодъ колебаній грунтовыхъ водъ (G), осадковъ (N) и рѣки Изара въ Мюнхенѣ.

колебанія нанесены въ масштабѣ вчетверо большемъ, нежели грунтовыя), заставляетъ насъ исключить возможность непосредственной связи, но, кромѣ того, и отдѣльныя колебанія доказываютъ отсутствіе взаимной зависимости. Съ начала года и рѣка, и грунтовыя воды идутъ постепенно на повышеніе, что продолжается до іюня мѣсяца, но съ этого времени наступаетъ различіе: грунтовыя воды продолжаютъ повышаться, рѣчныя-же довольно сильно спадаютъ. Это объясняется очень просто тѣмъ, что Изаръ, получая свою воду изъ горныхъ областей, усиленно питается вплоть до іюля мѣсяца, вслѣдствіе обильнаго таянія снѣговъ, которое имѣетъ, очевидно, гораздо большее значеніе, нежели атмосферные осадки, такъ какъ максимумъ осадковъ приходится на іюль-августъ, когда Изаръ уже начинаетъ спадать. Конечно, можно было-бы предположить, что продолжающееся повышеніе грунтовыхъ водъ слѣдуетъ приписать тому, что Изаръ такъ или иначе, вслѣдствіе набуханія и инфильтраціи, повліялъ

на грунтовую воду, слѣдствіемъ чего и явилось запозданіе процесса въ грунтовыхъ водахъ. Но этому противорѣчитъ дальнѣйшій ходъ процесса.

Начиная съ августа, грунтовая вода понижается гораздо быстрѣе Изара и достигаетъ своего минимума на одинъ-два мѣсяца раньше рѣки; но и зимой повышеніе грунтовыхъ водъ начинается раньше и идетъ круче — очевидно, сказывается вліяніе защищенности грунтовыхъ водъ посредствомъ снѣжнаго покрова, уменьшающаго испареніе изъ почвы и защищающаго почву отъ воздѣйствія вѣтровъ.

2. Въ тѣхъ случаяхъ, когда рѣчное ложе залегаетъ въ толщѣ проницаемыхъ породъ, высоко надъ непроницаемымъ водоупорнымъ пластомъ, или покоясь на этомъ пластѣ, условія дренажа почвы — т. е. высота стоянія грунтовыхъ водъ по сосѣдству съ рѣкой — измѣняются вмѣстѣ съ колебаніями уровня рѣки. Высота стоянія грунтовыхъ водъ, естественно, будетъ зависѣть отъ той высоты, на которой залегаетъ мѣсто стока — въ данномъ случаѣ, уровень рѣки. Процессъ совершается, примѣрно, слѣдующимъ образомъ.

При подъемѣ воды въ рѣкѣ, вода рѣчная будетъ перетекать въ грунтъ береговъ до тѣхъ поръ, пока уровень грунтовыхъ водъ не станетъ на такой высотѣ надъ зеркаломъ рѣки, какая необходима для преодолѣнія среды и для возможности стока грунтовыхъ водъ.

Своеобразныя условія могутъ установиться въ этомъ случаѣ при быстромъ набуханіи рѣки. Рѣчная вода, дѣйствительно, быстро проникнетъ въ грунтъ береговъ, но лишь до извѣстной высоты: далѣе она встрѣтитъ сопротивленіе со стороны надвигающейся и задерживаемой грунтовой воды, будетъ гнать эту воду передъ собой, повышая ея уровень. Такимъ образомъ, можетъ случиться, что, напр., на островахъ, почти совершенно залитыхъ рѣкой, въ колодцѣ будетъ подниматься столбъ воды, превышающій уровень рѣки и представляющій не что иное, какъ вздутую грунтовую воду, которая и по физическимъ, и по химическимъ свойствамъ (цвѣтъ, ясность) отличается отъ воды рѣки. Такого рода наблюденія были сдѣланы, напр., при закладкѣ колодцевъ на Тебенъ-Карлсдорфскомъ островѣ (близъ Пресбурга) на высотѣ 6 м. надъ уровнемъ Дуная. Подобныя взаимоотношенія играютъ, разумѣется, очень важную роль въ связи съ вопросами о томъ, проникаетъ ли вообще рѣчная вода въ грунтъ острова, на какую глубину она проникаетъ, въ какихъ количествахъ она примѣшивается къ грунтовой водѣ — ибо подобное искусственное вздутіе можетъ поставить грунтовую воду на такую

	Уровень грунтовой воды въ м. надъ Адріат. моремъ	Уровень р. Изаръ въ м. надъ Адріат моремъ
1869	515,39	503,28
1870	,25	3,28
1871	,40	3,19
1872	,22	3,04
1873	,25	2,82
1874	,15	2,46
1875	,26	2,60
1876	,85	2,57
1877	,76	2,40
1878	,81	2,45
1879	,58	1,98
1880	,75	1,91
1881	,78	1,44
1882	,34	1,17
1883	,40	0,90
1884	,11	0,87
1885	,11	0,47

И такъ, въ данномъ мѣстѣ (1,5 км. отъ берега Изара) уровень грунтовой воды въ Мюнхенѣ въ 1869 году превышаетъ на 12,1 м. уровень Изара; въ послѣдующіе годы наблюдаются незначительныя колебанія въ стояніи грунтовыхъ водъ, которыя лишь съ 1875 года усиленно и продолжительно идутъ на повышеніе (съ амплитудой въ 0,7 м. приблизительно), между тѣмъ какъ уровень рѣки показываетъ непрерывное и быстрое пониженіе, въ общей сложности больше чѣмъ на 3 м., такъ что въ 1885 году уровень грунтовой воды оказался на 14,6 м. выше рѣчного; значитъ, относительное превышеніе воднаго зеркала надъ рѣчнымъ возросло на 2,5 м.

Теперь сопоставимъ годичный періодъ колебаній уровня Изара и уровня грунтовыхъ водъ въ Мюнхенѣ.

Годичный періодъ колебаній уровня грунтовыхъ водъ и уровня рѣки Изаръ въ Мюнхенѣ 1856—85.

	Годичный періодъ: уровня грунтовыхъ водъ въ м. надъ Адріат. моремъ.	Годичный періодъ: уровня рѣки Изаръ въ м. надъ нулемъ пегеля.
Январь	515,402	**—1,59**
Февраль	,417	**—1,56**
Мартъ	,482	—1,31
Апрѣль	,501	—0,85
Май	,521	**—0,58**

русломъ; по мѣрѣ удаленія отъ рѣки вліяніе это запаздываетъ и, вмѣстѣ съ тѣмъ, ослабѣваетъ. Это очень ясно сказывается, напр., на водныхъ условіяхъ Страсбурга, гдѣ взаимоотношеніе рѣчной и грунтовой воды выражено весьма наглядно. Здѣсь обѣ рѣки — Рейнъ и Иль — текутъ въ дилювіальныхъ отложеніяхъ Рейна. Хотя и здѣсь грунтовыя воды медленно текутъ къ рѣкѣ, онѣ слѣдуютъ ея колебаніямъ, особенно колебаніямъ Иля. Весьма наглядным и интереснымъ является сопоставленіе графиковъ колебаній Рейна, Иля и грунтовыхъ водъ [1]).

На фиг. 88, по даннымъ изслѣдованій Грунера и Тима, нанесены стоянія пегелей Рейна, Иля и пяти трубъ или колодцевъ Нортона за время съ 18 ноября по 22 декабря 1874 года. Первая труба заложена въ разстояніи 100 м., вторая 500 м., третья 1100 м. отъ Рейна, четвертая, примѣрно, на серединѣ между Рейномъ и Илемъ, пятая совсѣмъ близко къ Илю. При подъемѣ Рейна поднимается и грунтовая вода. Въ первыхъ трехъ скважинахъ, по мѣрѣ удаленія отъ Рейна, подъемъ слабѣетъ и наступаетъ все съ большимъ запаздываніемъ. Въ четвертой скважинѣ замѣтно лишь равномѣрное и медленное повышеніе уровня. Вблизи Иля перевѣшиваетъ вліяніе этой рѣки на стояніе сосѣднихъ грунтовыхъ водъ. Это наблюденіе указываетъ на то, что здѣсь мы, дѣйствительно, имѣемъ дѣло съ воздѣйствіемъ воднаго уровня рѣки. Такое непосредственное и могучее вліяніе рѣки на колебанія грунтовыхъ водъ можетъ повести къ тому, что естественный ритмъ, являющійся слѣдствіемъ взаимоотношеній осадковъ и недостатка насыщенія, либо будетъ сохраненъ и выраженъ еще рѣзче, либо будетъ искаженъ рѣкою болѣе или менѣе сильно. Это будетъ зависѣть отъ того или иного ритма рѣчныхъ колебаній, при чемъ опять представляются два случая:

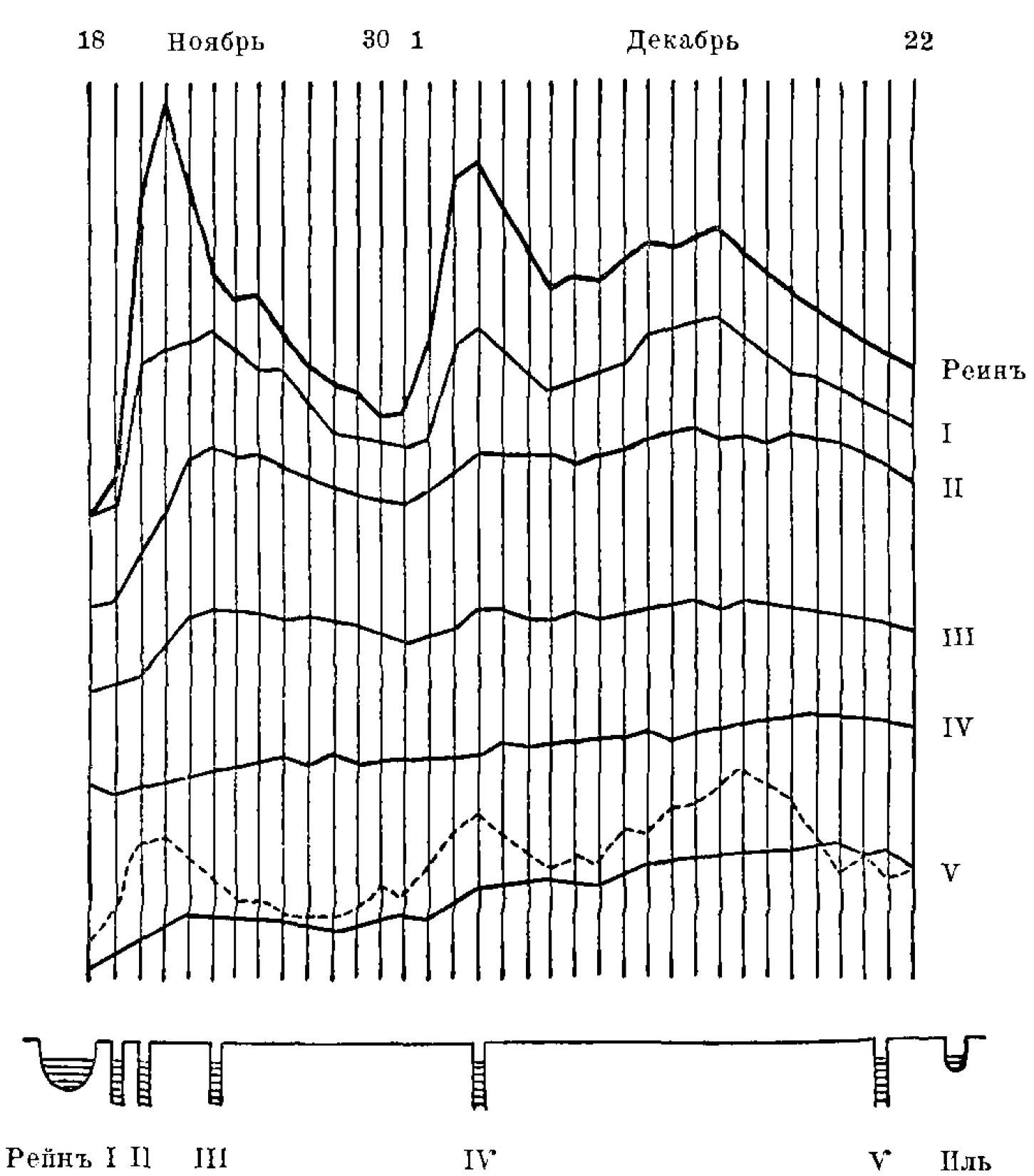
А) Первый случай тотъ, когда колебанія рѣки вызываются тѣми же метеорологическими факторами, какъ и колебанія грунтовыхъ водъ. Разница лишь въ томъ, что дѣйствіе этихъ факторовъ отражается на рѣкахъ гораздо непосредственнѣе, такъ какъ отсутствуетъ сопротивленіе среды. Поэтому колебанія рѣки будутъ обнаруживаться быстрѣе и достигать большей амплитуды. Тамъ, гдѣ рѣка будетъ подъ вліяніемъ лишь тѣхъ климатическихъ факторовъ, какіе вліяютъ и на грунтовыя воды, гдѣ, стало быть, существуютъ тѣ же самыя взаимоотношенія между осадками, питающими рѣку, и недостаткомъ насыщенія, какъ это бываетъ у рѣкъ равнины, тамъ вліяніе на ритмъ грунтовыхъ водъ выразится тѣмъ, что дѣйствіе какъ осадковъ, такъ и недостатка насыщенія повы

---

1) Gruner u. Thiem. Topographie der Stadt Strassburg. Strassburg 1885.

высоту, что рѣчная вода будетъ совершенно лишена возможности проникнуть въ почву, а такъ какъ рѣчная вода при наводненіяхъ стекаетъ довольно быстро, то едва-ли слишкомъ большія количества ея успѣютъ проникнуть вглубь.

Послѣдующее пониженіе уровня рѣки дѣйствуетъ подобно углубленію дренажа, стокъ грунтовыхъ водъ усиливается, и онѣ



Поперечный профиль отъ Рейна къ Илю съ уровнями грунтовыхъ водъ.

Фиг. 88.

Колебанія Рейна, Иля и грунтовыхъ водъ близъ Страсбурга съ 18 ноября по 22 декабря 1874 г. I Грунтовыя воды въ Napoleonsrhein (Weisses Haus), 0,1 км отъ Рейна. II Грунтовыя воды на Sporeninsel, 0,5 км. отъ Рейна. III Грунтовыя воды въ Buchau, 1,1 км отъ Рейна. IV Грунтовыя воды въ Nachtweid, 3,3 км. отъ Рейна, V Грунтовыя воды въ Ostwald, Haus 96, 6,7 км отъ Рейна. Пунктиръ: колебанія Иля по пегелю между Illkirch и Ostwald, 7,4 км. отъ Рейна

спадаютъ до тѣхъ поръ, пока не будетъ вновь достигнуто равновѣсіе между высотой грунтовыхъ водъ, треніемъ среды и глубиной стоянія воднаго зеркала рѣки. Колебанія грунтовыхъ водъ будутъ, стало быть, слѣдовать колебаніямъ рѣки, хотя и съ нѣкоторымъ запозданіемъ, вслѣдствіе необходимости преодолѣнія сопротивленія среды.

Вліяніе уровня рѣки на колебанія грунтовыхъ водъ сильнѣе всего скажется, конечно, въ ближайшемъ сосѣдствѣ съ рѣчнымъ

логію для этого въ условіяхъ атмосферныхъ осадковъ равнины и въ притокѣ грунтовыхъ водъ.

Кромѣ того, въ случаѣ такихъ рѣкъ нельзя упускать изъ виду и количественной стороны осадковъ — абсолютнаго ихъ богатства и изобилія лѣтнихъ осадковъ, съ избыткомъ покрывающаго недостатокъ насыщенія.

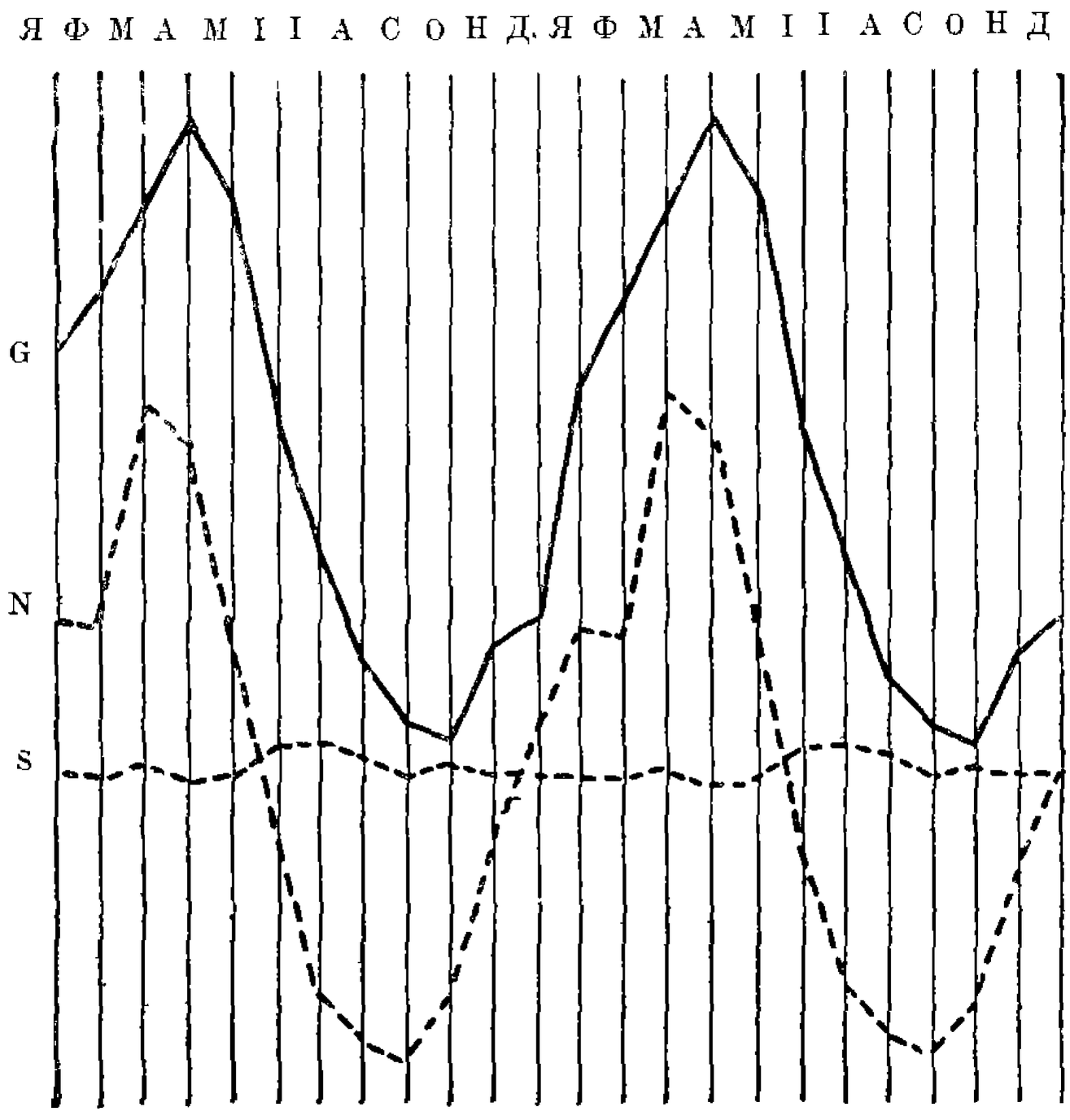
Возьмемъ опять нѣсколько конкретныхъ примѣровъ, сначала для перваго типа съ одинаковыми для рѣки и для грунтовыхъ водъ метеорологическими факторами. Разсмотримъ условія Берлина. Здѣсь имѣется полная согласованность между стояніемъ рѣчныхъ и грунтовыхъ водъ (фиг. 89).

Годичный періодъ стоянія грунтовыхъ водъ и рѣки Шпре въ Берлинѣ 1870—85.

	Стояніе грунтовыхъ водъ надъ уровнемъ моря въ метр.	Среднее стояніе рѣки Шпре въ метр.
Январь	32,72	**32,49**
Февраль	**32,79**	**32,48**
Мартъ	**32,88**	**32,71**
Апрѣль	**32,96**	**32,66**
Май	**32,88**	**32,48**
Іюнь	32,69	32,29
Іюль	32,56	32,16
Августъ	**32,45**	**32,11**
Сентябрь	**32,40**	**32,09**
Октябрь	**32,38**	**32,14**
Ноябрь	32,47	32,29
Декабрь	32,50	32,38
Амплитуда	0,580 м. = 1	0,620 м. = 1,07

Берлинъ, по строенію его почвы и грунта, является областью инфильтраціи, а паденіе грунтовыхъ водъ къ рѣкѣ лишь очень слабое; поэтому всякое повышеніе уровня рѣки ведетъ къ боковой инфильтраціи и задержкѣ стока, всякое пониженіе — къ усиленію стока грунтовыхъ водъ. Графики стоянія грунтовыхъ и рѣчныхъ водъ показываютъ, что колебанія ихъ чрезвычайно точно совпадаютъ какъ по ритму, такъ и по амплитудѣ. Разница лишь въ томъ, что колебанія рѣки опережаютъ на цѣлый мѣсяцъ колебанія грунтовыхъ водъ, что и понятно, такъ какъ и задержка и усиленіе стока лишь постепенно могутъ отразиться на болѣе отдаленныхъ частяхъ мѣстности. Именно своеобразнымъ геологическимъ строеніемъ Берлина объясняется то обстоятельство, что и въ амплитудахъ наблюдается чрезвычайная согласованность (масштабъ для грунтовыхъ водъ и Шпре взятъ одинаковый).

сится; ибо если осадки въ одно и то же время и въ грунтовыя воды переходятъ, и рѣку вздымаютъ, то грунтовыя воды повышаются отъ одновременнаго вліянія двухъ причинъ: притока и задерживанія стока рѣкой, и если, наоборотъ, увеличенный недостатокъ насыщенія способствуетъ одновременно и уменьшенію грунтовыхъ водъ и спаданію рѣки, то стояніе грунтовыхъ водъ понижается не только вслѣдствіе потерь, но и вслѣдствіе усиленнаго стока въ рѣку. И такъ, оба фактора, дѣйствуя въ одномъ направленіи, создаютъ въ данномъ случаѣ комбинированное у с и -



Фиг. 89. Двухгодичный періодъ грунтовыхъ водъ (G), уровня рѣки Шпре (N) и атмосферныхъ осадковъ (S) въ Берлинѣ.

л е н н о е вліяніе, и естественная зависимость представляется отнюдь не нарушенной, но лишь нѣсколько усиленной.

В) Дѣло обстоитъ иначе, если рѣка и грунтовыя воды подвержены различнымъ климатическимъ факторамъ. Это имѣетъ мѣсто въ тѣхъ случаяхъ, когда рѣки текутъ съ горъ, при чемъ рѣки подвержены вліянію, съ одной стороны, измѣнчивыхъ метеорологическихъ факторовъ (особенно осадковъ) горной области, съ другой — того запозданія, которое вызывается массовыми снѣжными отложеніями въ области притоковъ рѣки въ началѣ года. Въ этомъ случаѣ рѣки въ періодъ таянія снѣговъ получаютъ воду, накопленную въ прежніе мѣсяцы и вызывающую теперь настолько сильный подъемъ воды, что мы напрасно стали бы искать ана-

Нѣсколько иными уже представляются условія въ Бременѣ (фиг. 90). Есть согласованность въ годовыхъ періодахъ, но въ годовыхъ амплитудахъ ея уже нѣтъ. Амплитуда рѣки въ Бременѣ около $3^1/_2$ разъ больше амплитуды грунтовыхъ водъ. Причина этого кроется, вѣроятно, въ томъ, что здѣсь имѣется мощная рѣка, колебанія которой принимаютъ обширные размѣры и на которую, кромѣ того, передаются колебанія крупныхъ притоковъ.

Годовой періодъ стоянія грунтовыхъ водъ и рѣки Везеръ въ Бременѣ 1872—84.

Стояніе грунтовыхъ водъ въ см. надъ пегелемъ рѣки:

Я.	Ф.	М.	А.	М.	І.	І.	А.	С.	О.	Н.	Д.	Амплитуда:
83	**88**	**98**	**95**	78	63	54	**44**	**40**	**38**	**43**	64	0,600 м. = 1

Стояніе Везера [1]) въ см. надъ пегелемъ:

173	**158**	**182**	91	25	3	**–16**	**–16**	**- 30**	**–7**	60	**147**	2,120 м. = 3,5

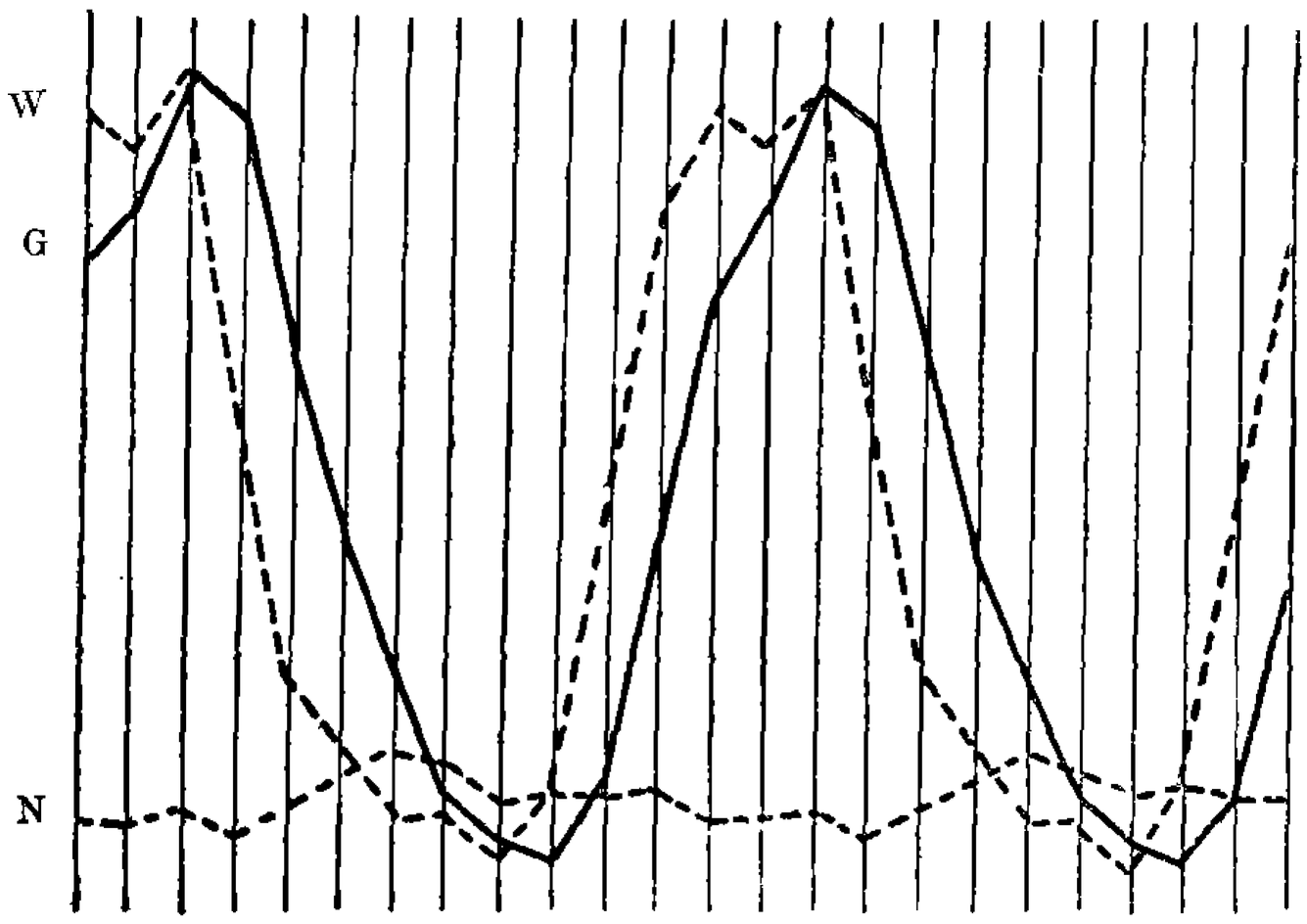
Интересныя, своеобразныя условія имѣются во Франкфуртѣ на М. (фиг. 91), соотвѣтственно его геологическому строенію [2]). Во Франфуртѣ на М. на мощныхъ третичныхъ отложеніяхъ залегаетъ древній наносъ, который состоитъ изъ песка и гравія и на которомъ лежатъ аллювіальныя образованія; непроницаемый пластъ нѣсколько неправильно падаетъ съ сѣверовостока на югозападъ, образуя рѣдкія впадины и выпуклости. Подземныя воды, стекающія на этой площади къ Майну, слѣдуютъ тому же направленію, т. е. съ сѣверовостока на югозападъ, не образуя, однако, значительныхъ скопленій. Ложе Майна надѣлено особыми свойствами. Верхняя граница обнаженнаго третичнаго пласта залегаетъ лишь немного выше уровня рѣки. Поэтому при среднемъ стояніи рѣки грунтовыя воды могутъ свободно стекать: рѣка не оказываетъ никакого вліянія на стокъ. Зато при высокой водѣ, какъ только уровень рѣки превыситъ эту граничную линію, тотчасъ же наступаетъ задержка стока и инфильтрація; кривая опять показываетъ согласованность, хотя и неполную, въ ходѣ колебаній; особенно спаданіе водъ указываетъ, какъ будто, на то. что вліяніе подпора, дѣйствительно, простирается лишь до извѣстной высоты; отъ максимальнаго стоянія въ мартѣ Майнъ идетъ очень быстро на убыль, грунтовыя же воды лишь гораздо медленнѣе.

---

1) Jahrbücher für bremische Statistik.

2) Frankfurt a M. in seinen hygienischen Verhältnissen und Einrichtungen. 1881. Festschrift, darin: Bodenverhältnisse von Dr. C. Koch, ferner: Geologische Tektonik der Umgebung von Frankfurt a. M. und: Die Tertiärletten und Mergel in der Baugrube des Frankfurter Hafens von F. Kinkelin, Bericht der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft. 1885.

Вслѣдствіе такого вліянія рѣки на грунтовыя воды, въ Берлинѣ многія мѣропріятія, направленныя на упорядоченіе судоходства, вносятъ искусственныя измѣненія въ режимъ грунтовыхъ водъ. Повышенный уровень воды въ каналѣ между шлюзами вызываетъ различія въ стояніи грунтовыхъ водъ на сѣверной и южной окрайнахъ въ періодъ убыли рѣки. Грунтовыя воды какъ при низшемъ, такъ и при высшемъ своемъ стояніи, къ югу отъ Шпре постоянно стоятъ на болѣе высокомъ уровнѣ, нежели къ сѣверу отъ нея, да и колебанія здѣсь менѣе значительны. Слѣдствіе шлюзовыхъ запрудъ сказывается продолжительное время на инфильтраціонной способности грунта, даже при наиболѣе глубокомъ стояніи уровня грунтовой воды. Водная поверхность обра-



Фиг. 90. Двухгодичный періодъ уровня Везера (W), грунтовой воды (G) и атмосферныхъ осадковъ (N) въ Бременѣ. (Масштабъ Везера относится къ масштабу грунтовыхъ водъ и осадковъ какъ 3,5 : 1).

зуетъ здѣсь усѣченный конусъ, высотою 1—1,2 м., вершину котораго представляетъ зеркало канала; бока конуса круто спадаютъ, 1,2 на 20 м. къ сѣверу и 1,3 на 33 м. къ югу. Но и въ области верхняго Шпре продолжительное высокое стояніе рѣки, вызывая соотвѣтственный подъемъ уровня грунтовыхъ водъ, имѣетъ слѣдствіемъ насыщеніе грунта рѣчной водой, проникающей въ подвальныя помѣщенія домовъ и представляющій неудобство съ санитарной точки зрѣнія [1]).

Шпре — дитя равнины, по преимуществу: ни факторы горныхъ областей, ни болѣе крупные притоки не оказываютъ на нее вліянія, поэтому и согласованность явленій полная, вплоть до амплитуды.

---

1) „Berliner Festschrift“ 1886.

Годичный періодъ стоянія грунтовыхъ водъ и Майна во Франкфуртѣ на М. 1869—85.

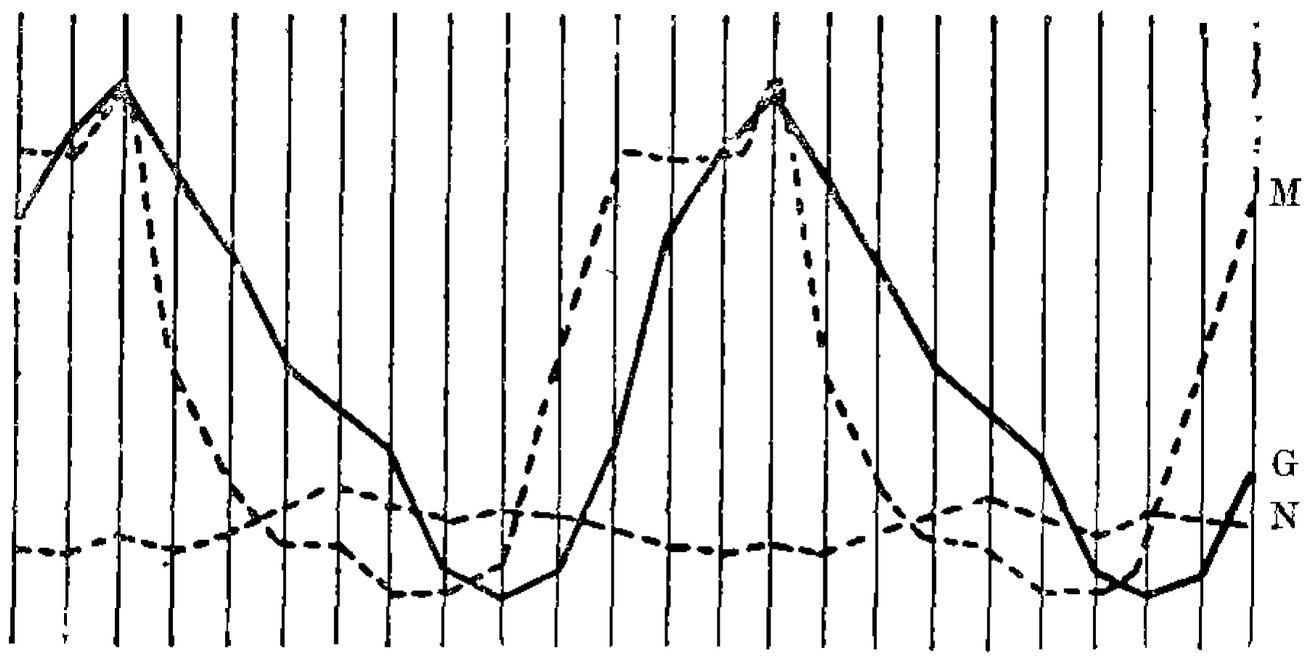
Стояніе грунтовыхъ водъ въ см надъ пегелемъ Майна:

Я. Ф. М. А. М. I. I. А. С. О. Н. Д. Амплитуда:
442 449 453 445 439 431 428 **424 415 414 416** 429 0,390 м. = 1

Стояніи Майна въ см. надъ пегелемъ:

103 106 120 64 48 **36 36 26 26** 43 73 **105** 0,960 м. = 2,4

2. Примѣромъ для того случая, когда рѣка подвержена вліянію не только мѣстныхъ климатическихъ факторовъ, но и факторовъ областей отдаленныхъ, съ иными климатическими условіями, могутъ служить взаимоотношенія дунайскаго канала и грунтовыхъ водъ въ придунайскихъ частяхъ Вѣны (фиг. 92).

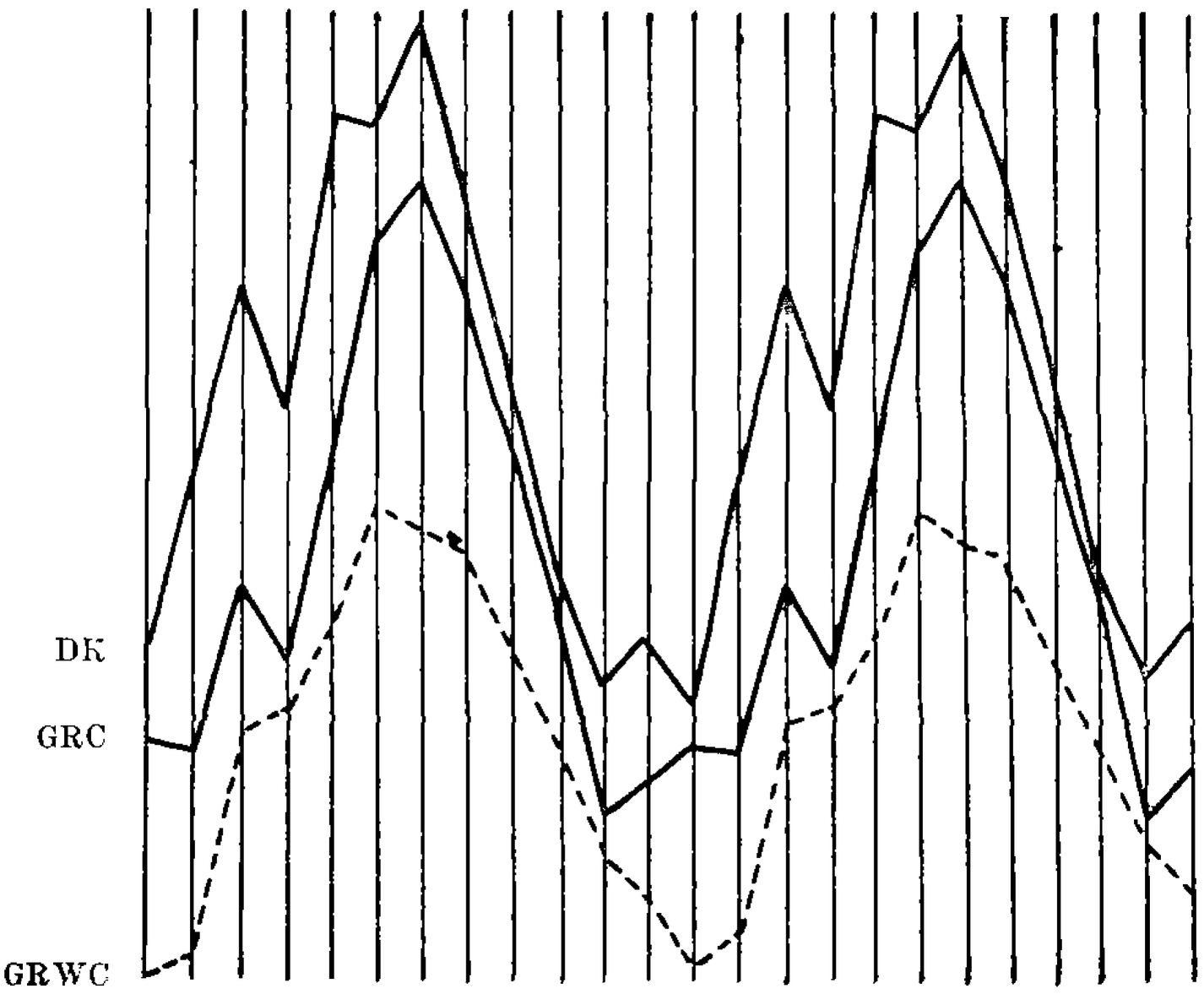


Я Ф. М А М I I А С О Н. Д. Я Ф М А М. I I А. С О. Н Д

Фиг. 91 Двухгодичный періодъ стоянія Майна (M), грунтовыхъ водъ (G) и атмосферныхъ осадковъ (N) во Франкфуртѣ на М. Масштабъ стояній Майна относится къ масштабу грунтовыхъ водъ и осадковъ, какъ 2,5 : 1.

Конечно, соотвѣтственно своеобразной конфигураціи непроницаемаго пласта, здѣсь обнаружится нѣкоторое многообразіе во взаимоотношеніяхъ грунтовыхъ водъ, метеорологическихъ факторовъ и рѣки. Въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ дунайскимъ каналомъ должны будутъ обнаружиться условія, аналогичныя тѣмъ, какія наблюдались нами, напр., въ Берлинѣ, и это вполнѣ подтверждается десятилѣтними нашими наблюденіями надъ уровнемъ канала и уровнемъ сосѣдняго колодца Россауской казармы (I) (ср. нижеслѣдующую таблицу); колебанія этого колодца, удаленнаго отъ канала на 300 м. и опускающагося на —1,29 м. глубже уровня Дуная, вполнѣ соотвѣтствуютъ колебаніямъ канала. Мы видимъ и въ томъ, и въ другомъ случаѣ начинающееся въ мартѣ повышеніе, которое слѣдуетъ объяснить, вѣроятно, тѣми же причинами, какъ и для грунтовыхъ водъ Зальцбурга, т. е. періодомъ таянія мѣстныхъ снѣговъ; мы видимъ, далѣе, сильное повышеніе грунтовыхъ водъ, продолжающееся до

іюля и обусловленное, по всей вѣроятности, таяніемъ снѣговъ и глетчеровъ въ горахъ, затѣмъ — быстрое пониженіе до ноября. Такъ какъ колодезь находится очень близко къ Дунаю, то ритмъ обоихъ чрезвычайно совпадаетъ, какъ по амплитудѣ, такъ и по времени; запаздыванія почти не замѣчается.



Фиг. 92. Двухгодичный періодъ колебаній уровня Дунайскаго канала (DK) и грунтовыхъ водъ въ Россауской казармѣ (GRC) и въ Реннвегской казармѣ (GRWC) въ Вѣнѣ.

Вѣна, годичные періоды 1876—85:

	Дунайскій каналъ	Грунт. вода колодцевъ		Осадки	Недост. насыщ.
	м	I	II	мм.	мм.
Январь . .	**—0,357**	**1,52**	**1,33**	**31,06**	0,67
Февраль .	**+**0,055	**1,51**	**1,36**	**42,45**	0,97
Мартъ . . .	**+**0,408	1,82	1,55	**44,93**	1,85
Апрѣль . .	**+**0,128	1,65	1,56	52,64	2,94
Май	**+0,689**	2,03	**1,62**	**90,04**	3,69
Іюнь	**+0,670**	**2,45**	**1,74**	**63,40**	4,82
Іюль	**+0,865**	**2,55**	**1.71**	**75,40**	**5,81**
Августъ .	**+0,536**	**2,35**	**1,70**	**75,10**	4,86
Сентябрь .	**+**0,194	**2,07**	1,61	46,10	3,19
Октябрь . .	**—0,136**	1,77	1,54	59,45	1,60
Ноябрь . .	**—0,343**	**1,37**	**1,44**	49,98	1,04
Декабрь . .	**—0,233**	**1,47**	**1,40**	**51,01**	**0,65**
Среднее .	0,231	1,71	1,55	56,8	2,13
Амплитуда	1,222 м. = 3,0	1,18 м. = 2,9	0,410 м. = 1	58,98 мм.	5,16 мм.
Годов. сумма	—	—	—	681,6	—

Высота мѣстн. надъ нулемъ пегеля у моста Фердинанда[1]).	Высота мѣстн надъ Адріат. моремъ	Глубина отъ земной поверхн дна колодца	Высота дна колодца надъ Адріат моремъ[2])	Положеніе дна колодца подъ нулемъ (—) Дунайск пегеля.	Горизонтальное разстояніе отъ Дунайскаго канала
Колодецъ I. Россауской казармы:					
8,43	165,247	9,72	155,527	—1,290	ок. 300 м.
Колодецъ II. Реннвегской казармы;					
15,91	172,727	18,65	154,077	—2,740	ок. 1050 м.

Въ колодцѣ Реннвегскихъ казармъ, удаленномъ отъ канала на 1050 м. и лежащемъ близъ рѣки Вѣны, которая, однако, будучи врѣзана въ непроницаемую породу, не оказываетъ никакого вліянія на грунтовыя воды, обнаруживается то взаимоотношеніе, которое съ такою ясностью выразилось въ Страсбургѣ, т. е. ослабленіе вліянія съ возрастающимъ разстояніемъ. Хотя ритмъ здѣсь еще тотъ же, что и въ каналѣ, но уже замѣчаются болѣе значительныя неправильности и амплитуда сокращается на $^1/_3$.

Изъ такихъ взаимоотношеній стоянія грунтовыхъ и рѣчныхъ водъ въ климатическихъ областяхъ этой категоріи слѣдуетъ, что мы изъ стоянія грунтовыхъ водъ здѣсь отнюдь не можемъ дѣлать заключеній о совершившихся измѣненіяхъ условій влажности почвы и грунта, какъ для тѣхъ мѣстъ, гдѣ грунтовыя воды независимы отъ рѣки или гдѣ онѣ подчинены одинаковымъ съ рѣкою климатическимъ факторамъ. Эти особенности имѣютъ большое эпидеміологическое значеніе, и Петтенкоферъ первый указалъ на это обстоятельство.

Годы 1876—85 были очень дождливы, и поэтому среднее количество осадковъ, равное 681,6 мм. за годъ, значительно превышаетъ другое среднее, найденное по многолѣтнимъ наблюденіямъ (34 года, Ганнъ) и равное 595 мм. По этимъ многолѣтнимъ наблюденіямъ, также и амплитуда значительно меньше, всего 37 мм. А это заставляетъ предположить, что и средній недостатокъ насыщенія для Вѣны, взятый за болѣе продолжительный періодъ, окажется болѣе значительнымъ.

ГЛАВА 30.

Колебанія уровня грунтовыхъ водъ.

По вопросу о колебаніяхъ уровня грунтовыхъ водъ И. Сойкой[3]) были опубликованы изслѣдованія, которыя мы здѣсь вос-

---

1) Ноль пегеля у моста Фердинанда имѣетъ абсолютную нысоту 156,817 м.

2) Эти числа разнятся съ данными, помѣщенными въ „Monatliche Übersichten der Ergebnisse von hydrometrischen Beobachtungen“, потому, что въ этихъ послѣднихъ за высоту Дунайскаго пегеля близъ Фердинандскаго моста принято 159,77 м.

3) Die Schwankungen des Grundwassers mit besonderer Berücksichtigung

насыщенія, дѣйствительно, можетъ служить показателемъ происходящихъ въ природѣ процессовъ испаренія, показателемъ сухости воздуха. Онъ, до извѣстной степени. представляетъ равнодѣйствующую всѣхъ метеорологическихъ факторовъ, какъ-то: температуры, осадковъ, вѣтровъ; онъ служитъ масштабомъ интенсивности процессовъ испаренія и, во всякомъ случаѣ, гораздо полнѣе раскрываетъ намъ эти процессы, нежели это можетъ сдѣлать относительная влажность.

Можно показать маленькимъ разсчетомъ, насколько относительная влажность непригодна въ качествѣ масштаба испаренія.

Пусть воздухъ мѣняетъ температуру, но сохраняетъ одну и ту же относительную влажность, то для наличной массы воды и выводимаго отсюда недостатка насыщенія мы получимъ слѣдующія значенія:

	Абсолютная влажность въ мм.								
Температ. воздуха	—10°	—5°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30
Относит. влажн.:									
100%	2,10	3,11	4,60	6,53	9,17	12,70	17,39	23,55	31,39
90%	1,89	2,79	4,14	5,88	8,25	11,43	12,05	21,19	28,25
70%	1,47	2.17	3,22	4,55	6,48	8,89	9,89	16,45	21,98
50%	1,05	1,55	2,30	3,26	4,58	6,35	6,69	11,77	15,69
30%	0,63	0,93	1,38	1,95	2,76	3,81	4,02	7,05	9,42
10%	0,21	0,31	0,46	0,65	0,92	1,27	1,34	2,35	3,14

	Недостатокъ насыщенія въ мм.								
Температ. воздуха	—10°	—5°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Относит. влажн.:									
100%	—	—	—	—	—	—	—	—	—
90%	0,21	0,32	0,46	0,65	0,92	1,27	1,34	2,30	3,13
70%	0,63	0,94	1,38	1,98	2,69	3,81	4,01	7,10	9,41
50%	1,05	1,56	2,30	3,27	4,59	6,35	6,70	11,78	15,70
30%	1,47	2,18	3,22	4,58	6,41	8,89	9,37	16,50	21,97
10%	1,89	2,80	4,14	5,88	8,25	11,43	12,05	22,20	28,25

Мы видимъ, что при одинаковомъ процентѣ относительноїї влажности не только абсолютное количество содержащихся въ воздухѣ водяныхъ паровъ сильно повышается, соотвѣтственно повышенію температуры (при измѣненіи температуры отъ —10° до +30° оно возрастаетъ больше, нежели въ 15 разъ), но и недостатокъ насыщенія сильно варьируетъ. При повышеніи температуры отъ 0 до 30 градусовъ и одинаковой относительной влажности недо-

производимъ въ краткой передачѣ, хотя и не можемъ согласиться съ авторомъ во всѣхъ его положеніяхъ, напр., относительно происхожденія грунтовыхъ водъ исключительно изъ атмосферныхъ осадковъ.

При рѣшеніи вопроса о связи между атмосферными осадками и грунтовыми водами нельзя принимать во вниманіе ни упругости воздуха, ни относительной влажности. Такъ какъ съ возрастающей температурой влагоемкость воздуха увеличивается, то данныя абсолютной влажности никоимъ образомъ не могутъ служить основаніемъ для сужденія о сухости воздуха, т. е. о его способности поглощать воду и поддерживать испареніе.

Относительная влажность въ томъ видѣ, какъ она до сихъ поръ исчислялась, также не даетъ правильнаго масштаба для опредѣленія способности воздуха поглощать водяные пары. Относительная влажность характеризуетъ въ процентахъ влажность воздуха въ данный моментъ, но въ процентахъ существующей въ данный моментъ влагоемкости. Однако, эта влагоемкость, соотвѣтственно температурнымъ колебаніямъ, чрезвычайно измѣнчива, а потому и процентныя выраженія относительной влажности, измѣняясь при разныхъ температурахъ, страдаютъ несогласованностью.

Гораздо болѣе правильный масштабъ для опредѣленія существующей влажности воздуха имѣется въ такъ называемомъ недостаткѣ насыщенія, выражающемъ то количество водяныхъ паровъ, которое еще можетъ быть поглощено воздухомъ при данной его влажности и данной температурѣ.

Недостатокъ насыщенія опредѣляется слѣдующимъ простымъ путемъ: при нѣкоторой температурѣ воздухъ можетъ поглотить лишь совершенно опредѣленное количество водяныхъ паровъ. Величина этого количества опредѣляется либо вѣсомъ его, либо упругостью. Эта упругость (P) соотвѣтствуетъ той массѣ воды, которая, при условіи полнаго насыщенія, была бы поглощена воздухомъ при данной температурѣ. Но обыкновенно воздухъ не насыщенъ водяными парами, большею частью онъ заключаетъ меньшее количество паровъ, нежели онъ могъ бы вмѣстить при данной температурѣ, соотвѣтственно чему и упругость водяного пара болѣе слабая. Если эту упругость обозначить черезъ p, то P—p выразитъ то количество паровъ, которое, при данной температурѣ и данной влажности, можетъ еще быть поглощено воздухомъ, т. е. т. наз. недостатокъ насыщенія. Этотъ недостатокъ

---

der mitteleuropäischen Verhältnisse von Dr Isidor Soyka. „Geogr. Abhandl.“ Bd. II, Heft 3, Wien 1888.

статокъ насыщенія возрастаетъ въ шесть, семь разъ; и наоборотъ, напр., воздухъ въ 25 градусовъ Цельзія при относительной влажности въ 90% и воздухъ 0 градуса при относительной влажности въ 50% имѣютъ одинаковый недостатокъ насыщенія (2,3 мм.).

Въ то время какъ недостатокъ насыщенія даетъ намъ непосредственно самое наглядное представленіе о состояніи воздуха, данныя относительной влажности, чтобы дать правильные выводы, должны предварительно подвергнуться нѣкоторому перечисленію въ зависимости отъ температуръ наблюденія.

Недостатокъ насыщенія, въ связи съ атмосферными осадками, образуетъ тотъ факторъ, колебаніями котораго обусловлено то или иное стояніе грунтовыхъ водъ, и изъ взаимоотношенія этихъ двухъ метеорологическихъ моментовъ мы можемъ вывести законы хода колебаній уровня грунтовыхъ водъ.

Мы будемъ имѣть дѣло, вообще, лишь съ несложными условіями воднаго режима и установимъ для средней Европы два типа общаго хода явленій, хода годовыхъ колебаній уровня грунтовыхъ водъ.

Мѣсяцы отъ мая по августъ, съ одной стороны, наиболѣе богаты осадками, но съ другой, по даннымъ таблицы (стр. 192), характеризуются наиболѣе благопріятными условіями испаренія; это соотношеніе остается довольно постояннымъ, независимо отъ той или иной величины недостатка насыщенія, такъ какъ оно опредѣляется, главнымъ образомъ, температурнымъ періодомъ. Что же касается различій по абсолютной величинѣ и по амплитудѣ, то онѣ могутъ быть сведены частью къ изобилію осадковъ, частью къ вліянію моря.

Мы видимъ, что два фактора, измѣняющіеся приблизительно въ одинаковомъ смыслѣ, дѣйствуютъ въ противоположномъ направленіи: если бы оба фактора другъ друга уравновѣшивали, если бы соотвѣтственно усиленному испаренію и высыханію въ лѣтніе мѣсяцы выпадало большее количество осадковъ, то результатомъ взаимодѣйствія явилось бы полное равновѣсіе, т. е. уровень грунтовыхъ водъ не обнаруживалъ бы въ теченіе года никакихъ колебаній. Но такъ какъ на самомъ дѣлѣ этого нѣтъ, то ясно, что результатъ взаимодѣйствія опредѣляется тѣмъ изъ факторовъ, который перевѣшиваетъ. И такъ, весь вопросъ сводится къ взаимоотношенію абсолютнаго количества осадковъ и абсолютной величины испаренія. Тамъ, гдѣ лѣтомъ выпадаютъ обильные осадки и одновременно устанавливается малый недостатокъ насыщенія, обусловленный либо самими осадками, либо пониженіемъ температуры, которое сопутствуетъ осадкамъ, тамъ колебанія уровня грунтовыхъ водъ будутъ

опредѣляться характеромъ атмосферныхъ осадковъ, и, наоборотъ, тамъ, гдѣ абсолютное количество осадковъ незначительно и господствуетъ высокій недостатокъ насыщенія воздуха, ходъ колебаній грунтовыхъ водъ будетъ зависѣть отъ недостатка насыщенія.

Такимъ образомъ, мы можемъ установить два типа разсматриваемыхъ явленій.

1. Большое абсолютное количество осадковъ и малый недостатокъ насыщенія, годичныя колебанія уровня грунтовыхъ водъ опредѣляются годичнымъ ходомъ атмосферныхъ осадковъ.

2. Малое абсолютное количество осадковъ и высокій недостатокъ насыщенія, годичныя колебанія уровня грунтовыхъ водъ слѣдуютъ колебаніямъ недостатка насыщенія.

Подкрѣпимъ наши положенія нѣсколькими примѣрами и возьмемъ для перваго типа городъ Мюнхенъ, гдѣ изслѣдованія грунтовыхъ водъ были начаты еще Петтенкоферомъ въ 1856 г. и гдѣ, вслѣдствіе высокаго положенія надъ уровнемъ мора (519 м. абс. выс.) и вслѣдствіе близости горныхъ областей, выпадаетъ значительное количество осадковъ. Климатъ этого города характеризуется относительно мощнымъ годичнымъ слоемъ осадковъ — свыше 800 мм.[1]), средней годовой температурой въ 7,36°C и, соотвѣтственно обоимъ этимъ факторамъ, — относительно малымъ недостаткомъ насыщенія, въ 1,6 мм. Примѣромъ для второго типа можетъ служить Берлинъ, лежащій среди равнины на абсолютной высотѣ всего въ 30 м., со среднимъ годичнымъ количествомъ осадковъ въ 594 мм. за 166 дней, со средней годовой температурой въ 9,1° C. и съ недостаткомъ насыщенія въ 3,0 мм. (Майеръ)[2]) или же, по другимъ даннымъ, въ 2,7 мм. (Сойка 1870/85).

Разсматривая годичныя кривыя атмосферныхъ осадковъ, не трудно замѣтить, что вообще въ различныхъ мѣстахъ средней Европы кривыя надѣлены однообразнымъ характеромъ въ томъ отношеніи, что наибольшіе максимумы и минимумы ихъ падаютъ приблизительно на одно и то же время. По Ганну, распредѣленіе дождей въ средней Европѣ носитъ умѣренно-континентальный характеръ, который сводится къ простому, ясно выраженному лѣтнему максимуму осадковъ.

---

1) По Lang: 69-jährige Beobachtungen der k. meteorologischen Anstalten in Bayern. IV, 1882.

2) „Meteorologische Zeitschrift“ 1887, S. 117.

Годичное распредѣленіе осадковъ въ средней Европѣ по Ганну[1])

(въ процентахъ)

Мѣсяцъ	СЗ.-Германія безъ побережья	Средняя Германія	Южная Германія	Сѣверная Швейцарія	Прибалтійск. часть Германіи	Позенъ, Бранденбургъ, Силезія,	Богемія, Моравія, Силезія, З.-Галиція	Галиція, Буковина, Семиградск. княж	Венгерская равнина	Альпы, Австрія, Зальцб. В.-Штирія	Сѣверный Тироль Vorarlberg	Южный склонъ Крымскихъ горъ	Южный Тироль	СЗ.-Кэрнтенъ, Крайна
Декабрь . .	9	8	7	6	8	7	7	6	8	6	7	6	6	8
Январь . .	7	6	6	5	6	6	5	4	6	5	5	4	5	6
Февраль . .	7	6	6	5	5	6	6	5	5	5	4	3	3	5
Мартъ . . .	7	7	7	7	6	6	7	7	7	7	7	5	6	7
Апрѣль . .	7	7	7	8	6	7	7	7	7	7	8	7	8	7
Май . . .	**8**	**9**	**10**	**10**	8	**9**	**10**	**12**	**11**	**10**	**9**	**10**	**11**	9
Іюнь . . .	**10**	**11**	**11**	**12**	**11**	**12**	**13**	**15**	**12**	**12**	**12**	**12**	**10**	9
Іюль . . .	**11**	**12**	**11**	**11**	**13**	**13**	**12**	**14**	**11**	**13**	**13**	**12**	**11**	9
Августъ . .	**10**	**11**	**11**	**12**	**12**	**12**	**12**	**11**	**10**	**13**	**12**	**12**	**11**	**9**
Сентябрь .	8	7	8	8	**9**	8	8	7	6	9	10	10	9	**10**
Октябрь . .	8	8	8	9	8	7	6	6	8	6	10	10	11	**11**
Ноябрь . .	8	8	8	7	8	7	7	6	9	7	8	8	9	**10**

За исключеніемъ СЗ.-Кэрнтена и Крайны, во всѣхъ перечисленныхъ въ этой таблицѣ областяхъ максимумъ осадковъ приходится на мѣсяца съ мая по августъ и даже по сентябрь.

Такое замѣтное увеличеніе относительнаго количества атмосферныхъ осадковъ въ лѣтніе мѣсяцы должно было бы отразиться и на грунтовыхъ водахъ, вызвавъ ихъ накопленіе и повышеніе ихъ уровня. Но этому противодѣйствуетъ увеличенное испареніе. По вычисленіямъ Майера[2]), годичный періодъ недостатка насыщенія выражается по мѣсяцамъ слѣдующимъ образомъ:

Годичный періодъ средняго за день недостатка насыщенія.

Мѣстность	Январь	Февр	Мартъ	Апрѣль	Май	Іюнь	Іюль	Августъ	Сент	Окт.	Ноябрь	Декабрь	Годъ	Амплитуда
Берлинъ	0,7	1,1	1,9	3,1	**4,9**	**6,0**	**6,4**	**4,8**	4,0	1,8	1,2	0,7	3,0	5,7
Познань	0,6	0,8	1,4	2,4	**4,0**	**4,9**	**5,4**	**3,9**	3,4	1,5	0,8	0,5	2,5	4,9
Бреславль	0,7	1,0	1,7	2,8	**3,9**	**5,0**	**5,9**	**4,4**	3,8	2,0	1,2	0,7	2,7	5,2
Кассель	0,6	1,0	1,8	2,9	**4,3**	**4,4**	**4,7**	**3,7**	2,5	1,4	1,1	0,7	2,4	4,1
Киль	0,3	0,4	0,7	1,6	**2,7**	**3,0**	**2,7**	**3,0**	1,3	0,9	0,5	0,3	1,4	2,7
Гамбургъ	0,4	0,6	1,3	2,5	**3,8**	**4,2**	**3,6**	**3,2**	2,3	1,2	0,7	0,4	2,0	3,8
Боркумъ	0,5	0,4	0,8	1,4	**1,8**	**2,3**	**3,7**	**2,4**	1,4	1,1	0,8	0,4	1,4	2,3

1) Hann, Klimatologie, S. 483.

2) Mayer, „Meteorologische Zeitschrift“, 1887.

Наблюденія надъ уровнемъ воды въ колодцахъ, сдѣланныя въ Мюнхенѣ за 30 лѣтъ, съ 1856 по 1885, сведены въ нижеслѣдующей таблицѣ. Приведенныя числа выражаютъ въ метрахъ разстояніе уровня грунтовыхъ водъ отъ земной поверхности, отъ постоянной точки. Числа до 1868 года относятся къ колодцу на Карлштрассе. Поэтому въ каждой изъ этихъ частей тридцатилѣтняго періода обозначены максимумы и минимумы. Наибольшая мѣсячная амплитуда равнялась 1,113 въ первой части періода (1856/68) и 1,388 м. — во второй.

Глубина уровня грунтовыхъ водъ подъ земной поверхностью:

Годъ	Январь	Февраль	Мартъ	Апрѣль	Май	Іюнь	Іюль	Августъ	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1856	—	—	5,818	6,013	6,037	5,999	5,882	5,955	6,072	6,183	6,226	—
1857	6,147	6,218	6,183	6,130	6,115	5,745	5,882	5,139	6,241	6,197	6,270	6,329
1858	6,372	**6,445**	6,387	6,042	6,037	6,086	6,101	5,993	6,057	6,072	5,955	5,901
1859	5,899	5,940	5,853	5,832	5,555	5,546	5,724	5,803	5,847	5,949	5,920	5,876
1860	5,876	5,730	5,584	5,634	5,750	5,672	5,657	5,569	5,584	4,473	5,561	5,686
1861	5,628	5,409	5,444	5,458	5,517	5,380	5,143	5,307	5,648	5,730	5,841	5,838
1862	5,847	5,584	5,569	5,648	5,686	5,689	2,736	5,692	5,730	5,800	5,882	5,949
1863	5,826	5,759	5,853	5,911	5.809	5,692	5,619	5,699	5,891	5,978	6,028	6,101
1864	6,147	6,139	6,042	5,920	5,818	5,599	5,309	5,365	5,555	5,721	5,832	5,920
1865	5,876	5,788	5,803	5,867	5,934	5,838	5,853	5,928	6,080	5,256	6,334	6,393
1866	6,364	6,291	6,188	5.969	5,911	5,847	5,794	5,648	5,648	5,718	5,847	5,803
1867	5,701	5,380	5,196	**4,962**	5,015	4,971	5,120	5,292	5,254	5,283	5,376	5,350
1868	2,263	5,212	5,263	5,336	5,374	5,234	5,365	5,404	5,569	5,709	5,800	5,733
1869	5,732	5,834	5,873	5,787	5,734	5,866	5,825	5,662	6,015	6,170	6,199	5,972
1870	5,876	5,974	5,928	5,812	5,963	6,085	6,190	6,118	6,116	6,229	6,091	5,977
1871	5,854	5,580	5,484	5,685	5,605	5,765	5,816	5,896	6,067	6,142	6,265	**6,358**
1872	6,288	6 200	6,009	6,172	5,119	5,702	5,729	5,590	6,068	6,223	6,276	6,289
1873	6,194	6,258	6,086	6,058	6,066	5,731	5,679	5,764	5,907	6,110	6,215	6,276
1874	6,326	6,334	6,246	6,165	5,716	5,663	5,898	6,047	6,176	6,301	6,339	6,340
1875	6,260	6,165	5,917	5,747	5,917	6,027	6,001	6,058	6,188	6,180	6,023	5,779
1876	5,579	5,667	5,086	5,010	4,998	5,227	5,215	5,424	5,568	5,682	5,819	5,837
1877	5,833	5,579	5,352	5,323	5,370	5,436	5,446	5,167	5,304	5,592	5,838	5,955
1878	5,549	5,320	5,346	5,265	5,236	5,285	5,468	5,571	5,502	5,499	5,738	5,898
1879	5,614	5,740	5,711	5,756	5,595	5,578	5,577	5,556	5,583	5,853	5,917	5,930
1880	5,738	5,023	5,880	5,802	5,723	5,586	5,427	5,287	5,323	5,459	5,077	5,186
1881	5,162	5,323	5,402	5,464	5,584	**4,970**	5,318	5,512	5,631	5,794	5,860	5,921
1882	5,569	6,047	6,132	5,184	6,168	6,104	6,074	5,899	5,963	5,904	5,982	2,184
1883	5,746	5,885	6,010	6,100	6,122	5,850	5,647	5.714	5,840	5,811	5,899	5,889
1884	5,855	5.982	6,143	6,028	6,115	6,588	5,147	5,098	6,241	6,270	6,208	6,329
1885	6,340	6,340	6,189	6,239	6,197	6,174	6,000	6,259	6,140	6,101	6,059	5,952
Среднее	5,878	5,863	5,798	5,779	5,759	5,698	5,688	5,713	5,827	5,913	5,956	5,928

Приведенныя числа выражаютъ разстояніе воднаго зеркала отъ постоянной точки колодца, лежащей на абсолютной высотѣ 521,28 м. Вычитаніемъ изъ этого числа получается абсолютная высота поверхности грунтовыхъ водъ. Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены далѣе: годичный періодъ колебаній уровня грунтовыхъ водъ и годичные періоды осадковъ и недостатка насыщенія. Годичный періодъ осадковъ вычисленъ по многолѣтнимъ наблюденіямъ Ланга[1]). Недостатокъ насыщенія здѣсь, какъ и во всѣхъ послѣдующихъ таблицахъ, вычислялся тѣмъ простымъ путемъ, что для каждаго мѣсяца въ отдѣльности опредѣлялась соотвѣтствующая средней температурѣ наивысшая абсолютная влажность въ миллиметрахъ, откуда затѣмъ вычиталась средняя за мѣсяцъ абсолютная влажность, найденная путемъ наблюденія. А затѣмъ изъ разностей, полученныхъ для каждаго отдѣльнаго мѣсяца, бралось среднее. Такой способъ не даетъ еще совершенно точныхъ результатовъ, для чего надо было бы производить однѣ и тѣ же манипуляціи для каждаго изъ трехъ дневныхъ наблюденій въ отдѣльности, но для нашей цѣли, для установленія ритма и крайнихъ величинъ, достаточно и этого способа[2]).

Годичный періодъ грунтовыхъ водъ, осадковъ и недостатка насыщенія въ Мюнхенѣ 1850—85.

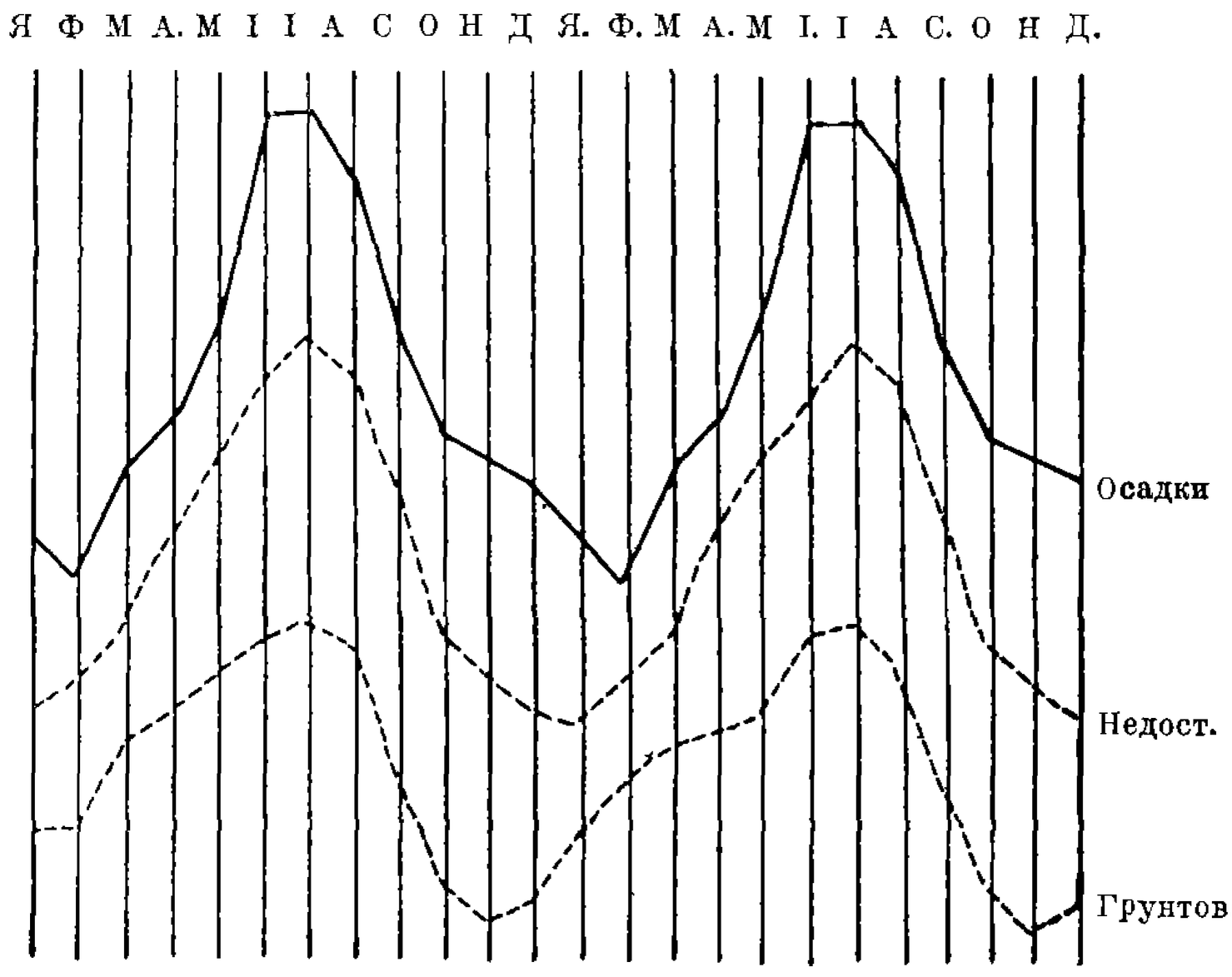
	Грунт. воды въ м. надъ Адріат. мор.	Отнесен. къ минимуму 515,324 = 0	Осадки въ мм.	Недост. насыщеніи въ мм.
Январь	515,402	0,018	35,0	**0,18**
Февраль	,417	,083	**29,1**	0,42
Мартъ	,482	,158	48,4	0,80
Апрѣль	,501	,177	55,5	1,84
Май	,521	,197	77,8	2,43
Іюнь	,582	,258	**112,1**	3,11
Іюль	**,592**	,268	111,8	**3,54**
Августъ	,567	,243	101,7	3,23
Сентябрь . . .	,453	,129	71,7	2,06
Октябрь	,367	,043	54,4	0,94
Ноябрь	**,324**	,000	50,5	0,41
Декабрь	,352	,028	45,8	0,22
Среднее за годъ	515,463	0,133	66,1	1,60
Амплитуда . .	0,268	0,268	83,0	2,36

1) Beobachtungen der k. meteorologischen Stationen in Bayern, IV, 1882.

2) Mayer, „Meteorologische Zeitschrift“, 1885, 1887. Deneke, „Zeitschrift für Hygiene“ I.

Графическое изображеніе этого и слѣдующаго годичнаго періода сдѣлано въ формѣ удвоеннаго графика, въ которомъ два годичныхъ періода стоятъ въ непосредственной послѣдовательности. Этотъ способъ имѣетъ то преимущество, что онъ исключаетъ нежелательный перерывъ періода въ началѣ и въ концѣ года. Такой графикъ ясно показываетъ періодичность явленій независимо отъ того или иного начала года. Можно выхватить любой годичный періодъ, начиная съ любого мѣсяца, причемъ періодъ съ концомъ года не прерывается.

Годичный періодъ грунтовой воды обнаруживаетъ совершенно опредѣленный ритмъ (фиг. 93). Рѣзко выраженный мак-



Фиг. 93. Двухгодичный періодъ осадковъ, недостатка насыщенія и грунтовыхъ водъ въ Мюнхенѣ.

симумъ падаетъ на лѣтніе мѣсяцы, съ мая по августъ, столь же рѣзкій минимумъ — на осенніе и зимніе, съ октября по январь. Если этотъ періодъ сравнить съ періодомъ осадковъ, то обнаружится параллелизмъ, особенно ясно выраженный въ наступленіи максимумовъ. Максимумы осадковъ и стоянія грунтовыхъ водъ приходятся на одни и тѣ же мѣсяцы. Затѣмъ, съ августа начинается быстрое пониженіе, которое у грунтовыхъ водъ завершается быстрѣе, нежели у осадковъ. Грунтовыя воды достигаютъ минимума стоянія уже въ ноябрѣ, осадки лишь въ февралѣ. Кривая осадковъ съ ноября продолжаетъ падать, хотя и медленнѣе. Причина такого несовпаденія обнаруживается съ чрезвычайною ясностью во взаимоотношеніи осадковъ и недостатка насыщенія. Хотя недостатокъ насыщенія въ мѣсяцы съ мая по августъ и

иногда къ дилювію, часто къ міоцену (угленосный суглинокъ) и даже къ среднему олигоцену (септаріевая глина). Приведенныя ниже наблюденія относятся къ грунтовому потоку древней долины, направляющемуся внизъ по теченію, по направленію къ рѣкѣ Шпре.

Годичный періодъ грунтовыхъ водъ въ Берлинѣ выведенъ на основаніи 16-лѣтнихъ наблюденій, произведенныхъ въ 37 колодцахъ, и соотвѣтственно этому промежутку времени вычислены также годичные періоды осадковъ и недостатка насыщенія [1]) (фиг. 94).

Годичный періодъ грунтовыхъ водъ, осадковъ и недостатка насыщенія въ Берлинѣ 1870—85.

	Грунт. воды въ м. надъ ур. моря	Отнесен. къ миним. 32,38 = 0	Осадки въ мм.	Недост. насыщенія въ мм. [2])
Январь	32,72	0,34	40,3	0,71
Февраль	32,79	0,41	34,8	0,91
Мартъ	32,88	0,50	46,6	1,55
Апрѣль	**32,96**	0,58	**32,1**	2,73
Май	32,88	0,50	39,8	3,95
Іюнь	32,69	0,31	62,2	5,13
Іюль	32,56	0,18	**66,2**	**5,64**
Августъ	32,45	0,07	60,2	4,83
Сентябрь	32,40	0,02	40,8	3,77
Октябрь	**32,38**	0,00	57,5	1,72
Ноябрь	32,47	0,09	44,5	1,01
Декабрь	32,50	0,12	46,2	**0,59**
Среднее за годъ	32,64	0,26	47,6	2,71
Амплитуда . .	0,58	0,58	33,1	5,65

Какъ по этой таблицѣ, такъ и по графическому изображенію (фиг. 94), всякая связь между осадками и грунтовыми водами какъ будто отсутствуетъ. Наивысшее стояніе грунтовыхъ водъ падаетъ на мѣсяцы съ марта по май, т. е. на время, когда осадки достигаютъ минимума, а минимальное стояніе грунтовыхъ водъ въ октябрѣ совпадаетъ со вторымъ максимумомъ осадковъ; мак-

1) Соотвѣтственныя метеорологическія данныя для отдѣльныхъ мѣсяцевъ, послужившія для вычисленія среднихъ, взяты изъ „Statistische Jahrbücher der Stadt Berlin“ и „Preussische Statistik“.

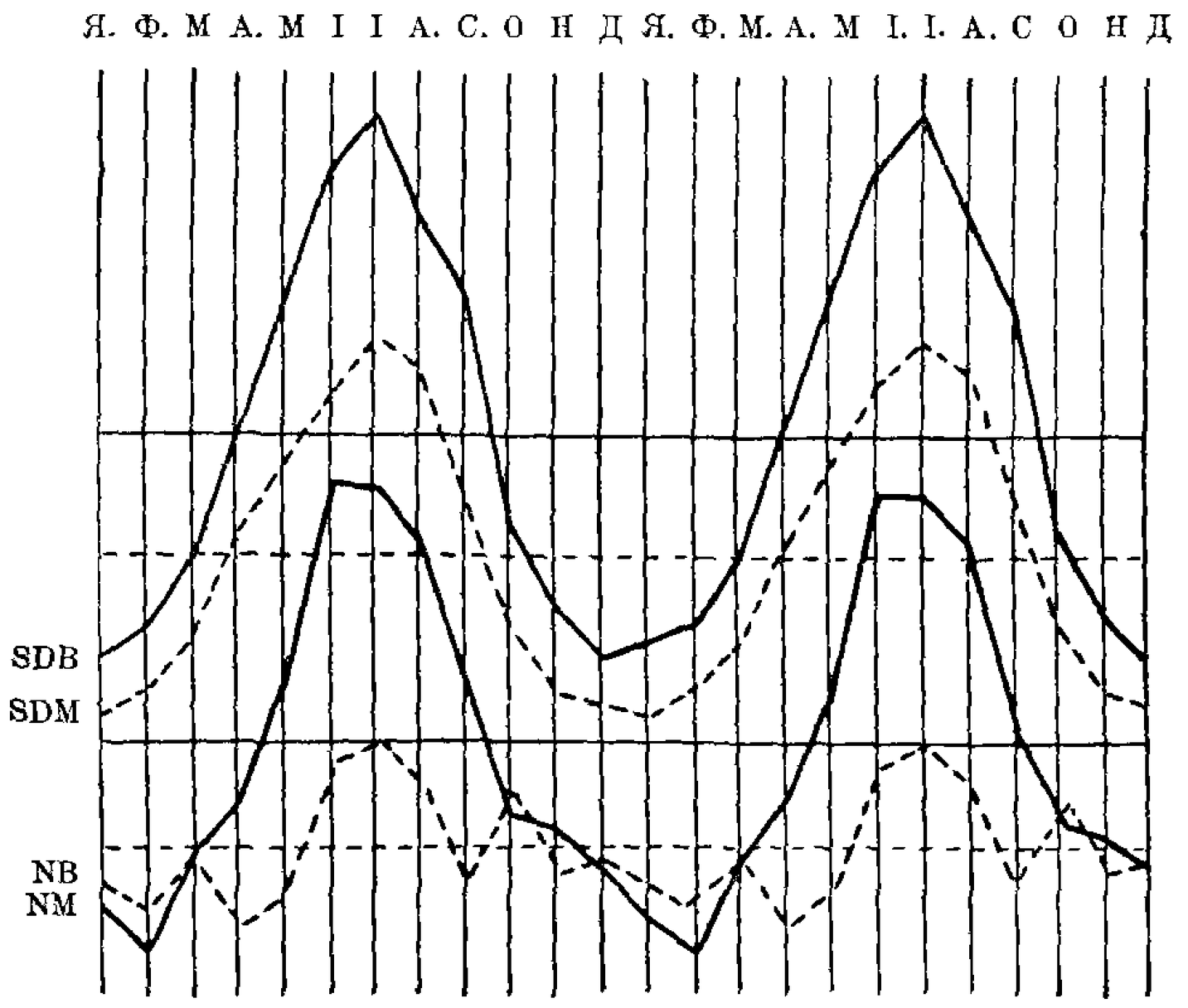
2) Приведенный здѣсь періодъ нѣсколько отклоняется отъ періода, даннаго Майеромъ, что объясняется различными способами вычисленія и различными промежутками времени наблюденія. Отклоненія, однако, настолько незначительны, что характеръ періода отнюдь не оказывается измѣненнымъ

наиболѣе великъ, все же онъ не можетъ вызвать непосредственнаго пониженія уровня грунтовыхъ водъ, такъ какъ въ это время количество осадковъ настолько велико, что съ избыткомъ покрываетъ убыль грунтовой воды отъ испаренія, а, кромѣ того, вліяніе недостатка насыщенія на стояніе грунтовыхъ водъ обнаруживается всегда съ нѣкоторымъ запозданіемъ, соотвѣтственно ходу процесса испаренія воды изъ почвы. Съ уменьшеніемъ количества осадковъ съ сентября по ноябрь вліяніе испаренія обнаруживается въ полной мѣрѣ, а кромѣ того, сказывается, быть можетъ, и вліяніе усиленнаго стока грунтовыхъ водъ, вслѣдствіе высыханія водныхъ артерій — и грунтовыя воды падаютъ. Онѣ падаютъ до тѣхъ поръ, пока недостатокъ насыщенія не достигнетъ своего наименьшаго значенія. Затѣмъ слѣдуетъ рядъ мѣсяцевъ, съ декабря по февраль, въ теченіе которыхъ осадки достигаютъ минимума, но грунтовыя воды, тѣмъ не менѣе, начинаютъ подниматься. Все дѣло здѣсь въ недостаткѣ насыщенія. Въ теченіе этихъ трехъ мѣсяцевъ, съ декабря по февраль, недостатокъ насыщенія имѣетъ наименьшую силу, опускаясь почти до нуля, равняясь въ январѣ всего 0,18 мм. Испареніе изъ почвы прекращается почти совершенно, чему, кромѣ того, способствуетъ снѣжный покровъ, если таковой имѣется, а слѣдствіемъ отсюда является то, что осадки, представляющіе, несмотря на относительный минимумъ, все же довольно значительную абсолютную величину, не расходуются ни на испареніе, ни на увлажненіе какихъ либо высушенныхъ слоевъ почвы; поэтому грунтовыя воды повышаются, несмотря на продолжающуюся убыль атмосферныхъ осадковъ, и именно потому, что въ это время недостатокъ насыщенія достигаетъ минимума.

Въ Берлинѣ тѣ же явленія протекаютъ совершенно иначе.

Картина условій воднаго режима представляется здѣсь болѣе сложной, нежели на Мюнхенскомъ плато. Берлинъ своею болѣе древнею частью залегаетъ въ одной изъ разсмотрѣнныхъ выше (стр. 24) древнихъ долинъ, а именно въ Варшаво-Берлинской долинѣ, которая (ср. профиль фиг. 11) до глубины 20—50 м. заполнена гравіемъ и крупнымъ пескомъ. По направленію къ краямъ долины вкраплены непроницаемыя глины и валунные мергеля, а возвышенныя плато Барнимъ и Телтовъ, ограничивающія долину съ двухъ сторонъ, построены изъ чередующихся пластовъ гравія, ледниковыхъ песковъ, глинистаго мергеля и валуннаго мергеля. На высокомъ плато грунтовыя воды залегаютъ очень глубоко, между тѣмъ какъ въ крупныхъ пескахъ долины онѣ приближаются къ поверхности, залегая на ближайшихъ непроницаемыхъ пластахъ, которые по возрасту относятся

столь ясно. Недостатокъ насыщенія, наоборотъ, въ Берлинѣ выше, чѣмъ въ Мюнхенѣ. Воздухъ въ Берлинѣ суше какъ вообще за годъ, такъ и по отдѣльнымъ мѣсяцамъ. Недостатокъ насыщенія въ Берлинѣ зимою никогда не достигаетъ столь малаго значенія, какъ въ Мюнхенѣ. Его минимумъ въ декабрѣ составляетъ 0,59, между тѣмъ какъ декабрьскій минимумъ въ Мюнхенѣ равенъ всего лишь 0,18. Лоссенъ[1]), при своихъ изслѣдованіяхъ грунтовыхъ водъ въ Берлинѣ, также приходитъ къ тому заключенію, что просачивающаяся лѣтомъ и осенью въ почву вода вновь цѣликомъ испаряется.



Фиг. 95. Двухгодичный періодъ недостатка насыщенія въ Берлинѣ (SDB) и въ Мюнхенѣ (SDM), осадковъ въ Берлинѣ (NB) и въ Мюнхенѣ (NM).

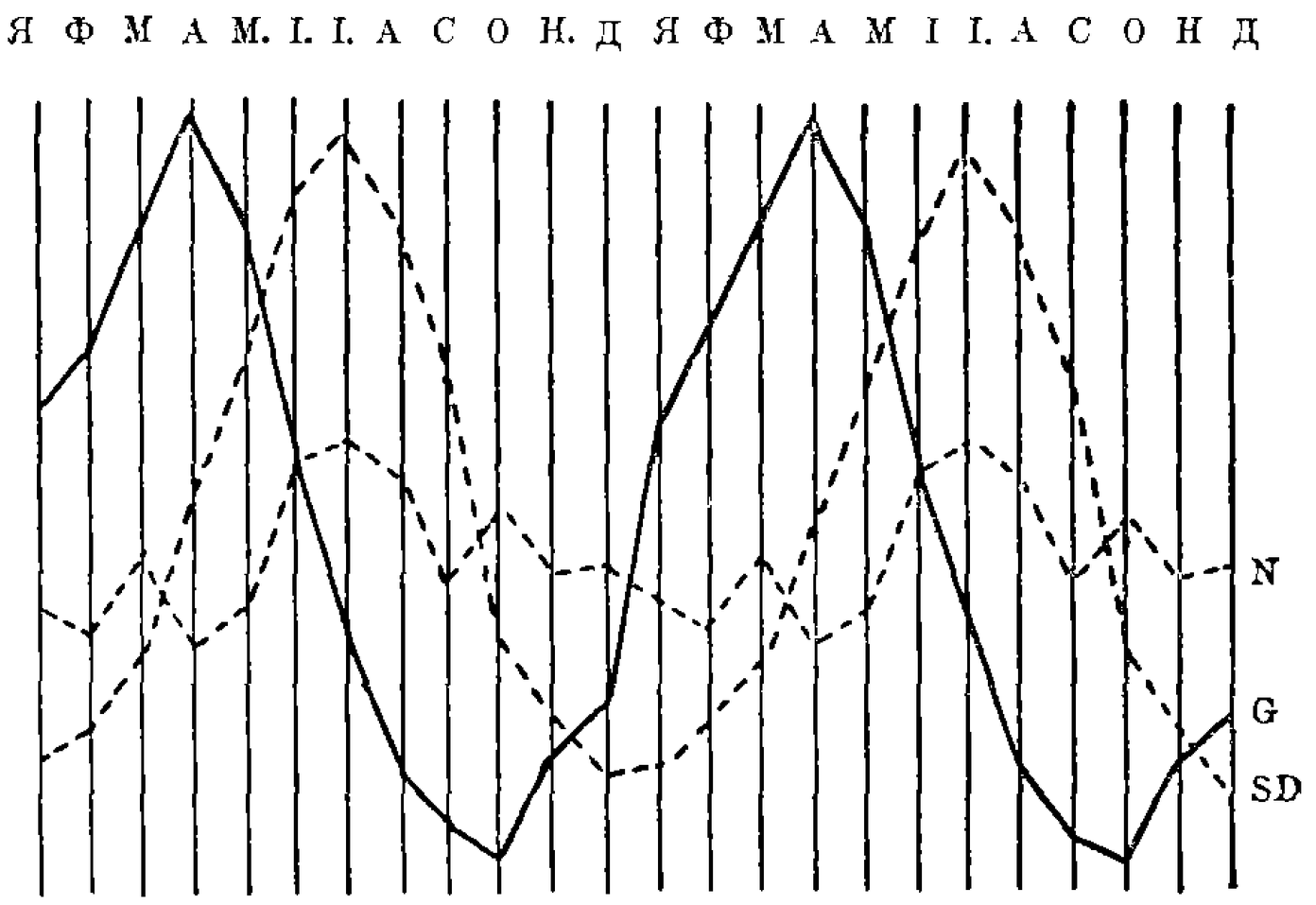
Но именно вслѣдствіе такого преобладанія недостатка насыщенія, вслѣдствіе скудости осадковъ и мало типичнаго ихъ распредѣленія, крайнія величины недостатка насыщенія и могутъ оказывать столь рѣзкое вліяніе, слѣдствіемъ чего является то обстоятельство, что амплитуда колебанія грунтовыхъ водъ въ Берлинѣ выше, нежели въ Мюнхенѣ: 0,580 м. въ Берлинѣ и лишь 0,268 м. (т. е. наполовину меньше) въ Мюнхенѣ; но здѣсь, кромѣ того, не малое значеніе имѣетъ и отношеніе къ рѣкѣ.

Къ типу колебаній уровня грунтовыхъ водъ, который представленъ Берлиномъ и который характеризуется высокимъ стояніемъ воды весной и глубокимъ осенью, можно отнести еще такіе города, какъ Франкфуртъ на М., Брюннъ, Бременъ, а къ типу,

---

1) Der Boden der Stadt Berlin 1879 in: Reinigung und Entwässerung Berlins.

симумъ осадковъ, приходящійся здѣсь такъ же, какъ и въ Мюнхенѣ, на лѣтніе мѣсяцы, съ іюня по августъ, самъ по себѣ не въ состояніи предотвратить быстраго пониженія грунтовыхъ водъ. Если же сравнить кривую грунтовыхъ водъ съ кривою недостатка насыщенія, имѣя опять-таки въ виду то обстоятельство, что процессы испаренія отражаются на грунтовыхъ водахъ съ нѣкоторымъ запозданіемъ, то обнаружится чрезвычайная согласованность. При условіи нѣкотораго перемѣщенія, кривая грунтовыхъ водъ представляетъ точную копію кривой недостатка насыщенія, но лишь перевернутую. За наибольшимъ недостаткомъ насыщенія, приходящимся на мѣсяцы май-августъ, слѣдуетъ съ двухмѣсячнымъ запозданіемъ наиболѣе низкое стояніе грунтовыхъ



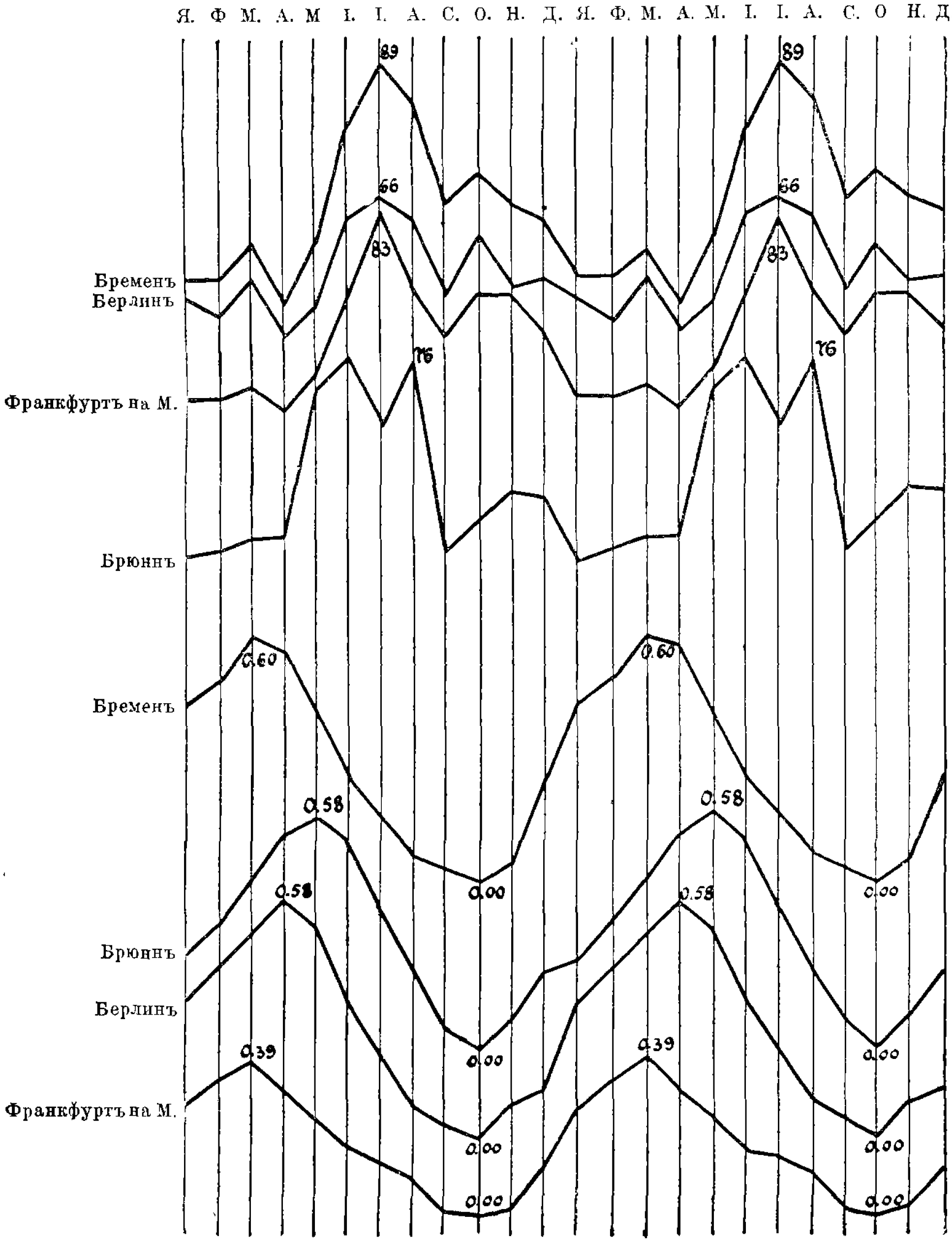
Фиг. 94. Двухгодичный періодъ грунтоныхъ водъ (G), осадковъ (N) и недостатка насыщенія (SD) въ Берлинѣ.

водъ въ мѣсяцы съ іюля по декабрь, и за наименьшимъ недостаткомъ насыщенія въ ноябрѣ-февралѣ слѣдуетъ, опять-таки съ опозданіемъ на одинъ-два мѣсяца, максимальное стояніе грунтовыхъ водъ съ ноября по май.

Если сравнить климатическіе элементы Берлина и Мюнхена (фиг. 95), то еще яснѣе станетъ то обстоятельство, насколько велико вліяніе взаимоотношенія осадковъ и недостатка насыщенія, смотря по преобладанію того или иного изъ этихъ двухъ факторовъ.

Количество осадковъ въ Берлинѣ значительно меньше (на 30% приблизительно), нежели въ Мюнхенѣ; кромѣ того, осадки не обнаруживаютъ здѣсь такого яснаго ритма; противоположность между дождливымъ и засушливымъ періодами и амплитуда колебаній здѣсь менѣе рѣзко выражены, нежели въ Мюнхенѣ. Уже поэтому вліяніе на грунтовыя воды не можетъ обнаруживаться

представленному Мюнхеномъ, отнесятся Зальцбургъ, Грацъ, Инсбрукъ. Кривыя фиг. 96 показываютъ, насколько точно согласовано движеніе грунтовыхъ водъ во всѣхъ четырехъ городахъ



Фиг. 96. Двухгодичный періодъ осадковъ (вверху) и колебаній грунтовыхъ водъ (внизу) во Франкфуртѣ на М., Берлинѣ, Брюннѣ и Бременѣ.

перваго типа; если, затѣмъ, сравнить кривыя грунтовыхъ водъ, помѣщенныя внизу, съ кривыми осадковъ вверху, то обнаружится полное отсутствіе непосредственной зависимости тѣхъ и другихъ.

намъ, какъ и воды предыдущей катеторіи, и обнаруживаютъ тѣ же самыя явленія. Онѣ заполняютъ водопроницаемый пластъ либо не на всю его толщину — и тогда водная поверхность соприкасается съ воздухомъ пласта, либо на всю толщину — и тогда грунтовыя воды заключены межъ двухъ непроницаемыхъ пластовъ, находятся подъ извѣстнымъ давленіемъ и превращаются въ артезіанскія или напорныя воды. Обыкновенныя, покрытыя воздухомъ грунтовыя воды, залегающія въ глубочайшихъ, созданныхъ эрозіей мѣстахъ, въ конечномъ итогѣ, стало быть, ниже уровня моря, должны находиться въ покоѣ, такъ какъ нѣтъ мѣстъ болѣе глубокихъ, куда онѣ могли бы направляться. Артезіанскія же воды могутъ находиться въ движеніи и въ болѣе глубокихъ слояхъ земной коры, т. е. ниже уровня моря, при чемъ движеніе можетъ быть направлено вверхъ или внизъ, смотря по положенію водоноснаго слоя относительно той точки или линіи, на которой артезіанская вода выходитъ на поверхность. Такъ какъ въ безчисленномъ множествѣ случаевъ грунтовыя воды заполняютъ пласты, значительно превышающіе естественное мѣсто стока и, въ то же время, опускающіеся значительно ниже этого мѣста, то возможно и въ самомъ дѣлѣ часто наблюдается такое явленіе, что грунтовыя воды, заполняющія свиту пластовъ, въ нижней части этой системы находятся въ покоѣ, образуя грунтовое озеро, въ верхней же части образуютъ потокъ. При этомъ переходъ отъ движущейся воды къ стоячей совершается весьма постепенно.

Залеганіе проницаемыхъ и непроницаемыхъ породъ, съ точки зрѣнія тѣхъ или иныхъ условій водоносности, можетъ представить слѣдующіе случаи:

1. Чередуются проницаемые и непроницаемые слои значительныхъ протяженій:

a) слои залегаютъ почти или вполнѣ горизонтально,

b) слои залегаютъ со значительнымъ наклономъ.

2. Проницаемые и непроницаемые пласты чередуются такимъ образомъ, что одни въ другихъ образуютъ пропластки, быстро выклинивающіеся. Горизонтальное или наклонное залеганіе слоевъ въ этомъ случаѣ не имѣетъ большого значенія. Но очень важно для водоносности,

a) насыщены ли водою непроницаемые пропластки въ проницаемыхъ образованіяхъ, или

b) проницаемые пропластки въ непроницаемыхъ образованіяхъ.

1. Чередованіе проницаемыхъ и непроницаемыхъ рыхлыхъ слоевъ, при которомъ и тѣ, и другіе слои имѣютъ значительное горизонтальное протяженіе, особенно часто встрѣчается въ такихъ областяхъ, которыя построены изъ третичныхъ и четвертичныхъ

Согласованность метеорологическихъ элементовъ этихъ четырехъ городовъ изумительна (фиг. 96). Грунтовыя воды вездѣ обнаруживаютъ минимальное стояніе въ мѣсяцы съ августа по ноябрь, максимальное — съ января по апрѣль или маіі, кривыя осадковъ — того же типа, какъ изображенная на фиг. 95 кривая осадковъ Берлина. Съ іюня по августъ наблюдается максимумъ осадковъ, которому въ октябрѣ (или ноябрѣ, Брюннъ) [1]) слѣдуетъ второй максимумъ. Минимумъ приходится на мѣсяцы съ января по апрѣль (съ маленькой депрессіей). Среднее количество осадковъ, 547—654 мм., какъ и амплитуда 34—60,1 мм., также достаточно согласованы. То же слѣдуетъ сказать и о недостаткѣ насыщенія; но здѣсь согласованность слѣдуетъ искать не въ годичномъ ритмѣ, который вообще одинаковъ, а скорѣе въ годовомъ среднемъ и въ амплитудѣ. Годовыя среднія въ этихъ трехъ городахъ (для Бремена въ моемъ распоряженіи не имѣлось данныхъ относительно давленія) колеблются между 2,5—2,8 или 3,6, амплитуды также не сильно разнятся, 4,7—5,9.

Имѣя въ виду всѣ эти условія, совершенно ясно, что и здѣсь грунтовыя воды обнаружатъ такую же кажущуюся независимость отъ осадковъ, какъ это было отмѣчено для Берлина.

Наивысшее стояніе грунтовыхъ водъ приходится на мѣсяцы съ января или февраля по апрѣль или май, т. е. вполнѣ соотвѣтствуетъ минимуму осадковъ; наинизшее стояніе грунтовыхъ водъ наблюдается съ августа по ноябрь, совпадая частью съ главнымъ лѣтнимъ минимумомъ осадковъ, частью съ второстепеннымъ въ октябрѣ или ноябрѣ.

По поводу взаимоотношеній грунтовыхъ водъ и недостатка насыщенія, имѣя въ виду полную идентичность кривыхъ недостатка насыщенія во всѣхъ четырехъ случаяхъ, достаточно сослаться на то, что сказано при разсмотрѣніи водныхъ условій Берлина.

ГЛАВА 31.

Режимъ грунтовыхъ водъ при чередованіи водопроницаемыхъ и непроницаемыхъ слоевъ.

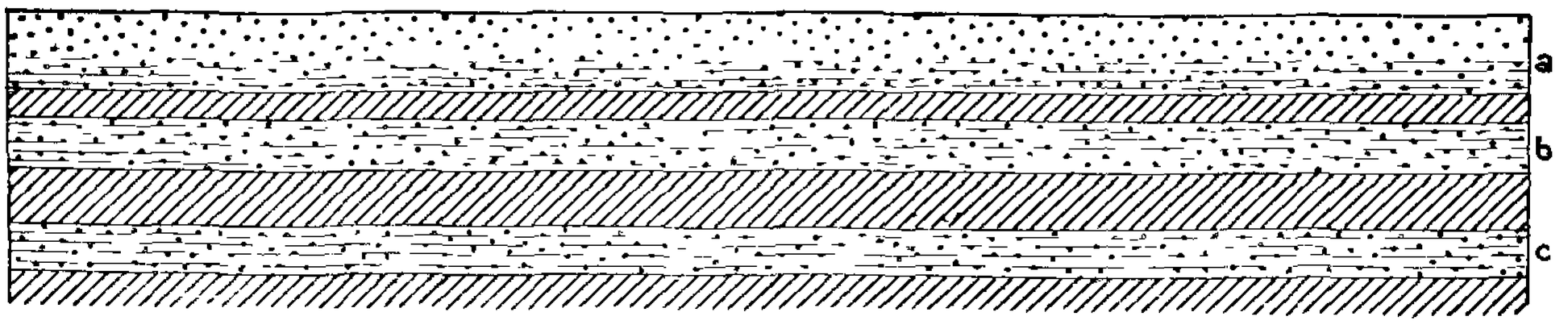
До сихъ поръ мы разсматривали режимъ грунтовыхъ водъ въ такихъ водопроницаемыхъ рыхлыхъ пластахъ, которые выходятъ на самую поверхность и свободны отъ непроницаемыхъ пропластковъ; перейдемъ теперь къ изученію водныхъ условій при чередованіи водопроницаемыхъ и непроницаемыхъ образованій. Эти грунтовыя воды подчиняются тѣмъ же физическимъ зако-

---

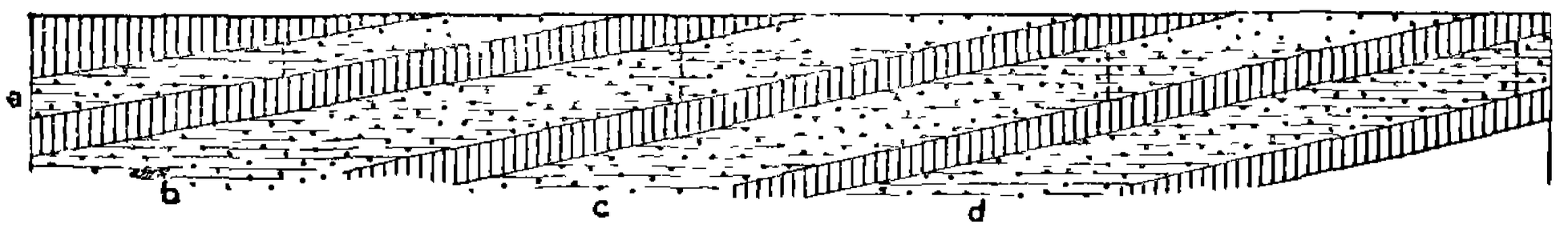
1) L i z n a r, Das Klima von Brünn. „Verh. des naturw. Vereines“, Brünn XXIV.

товую воду, покрытую сверху воздухомъ, т. е обыкновенную грунтовую воду; во всѣхъ же болѣе глубокихъ водопроницаемыхъ слояхъ, вслѣдствіе существованія непроницаемыхъ пропластковъ, вода будетъ находиться подъ извѣстнымъ давленіемъ, т. е. будетъ заключаться артезіанская вода, свойства которой будутъ разсмотрѣны нами ниже, съ 35 главы. И лишь въ томъ случаѣ, если верхній водоносный слой перекрытъ непроницаемымъ пластомъ и заполненъ водою на всю свою толщину, заключенная въ немъ вода теряетъ свойство обыкновенной грунтовой воды, и вся система пластовъ несетъ артезіанскую воду.

Если же такая система чередующихся непроницаемыхъ и проницаемыхъ пластовъ болѣе или менѣе наклонена (случай 1 b), то въ каждомъ водоносномъ слоѣ въ нѣкоторой части его вода



Фиг. 97.



Фиг. 98

будетъ соприкасаться съ воздухомъ и представлять обыкновенную грунтовую воду, въ остальной же части слоя вода, вслѣдствіе напора верхняго непроницаемаго пласта, будетъ обладать свойствами артезіанской. Фигуры 97 и 98 поясняютъ простѣйшіе случаи представленныхъ подъ пунктами 1 a и 1 b отношеній. На фиг. 97 слой a несетъ обыкновенную грунтовую воду, а слои b и c заключаютъ артезіанскую воду, хотя и малаго давленія. На фиг. 98 всѣ четыре водоносныхъ слоя a—d въ верхнихъ своихъ частяхъ заключаютъ обыкновенную грунтовую воду, въ нижнихъ же, влѣво отъ пунктирныхъ линій, --- артезіанскую.

Водная производительность такихъ водоносныхъ слоевъ, чередующихся съ водоупорными, опредѣляется мощностью ихъ, степенью ихъ водопроницаемости, ихъ пространственнымъ развитіемъ, величиной ихъ области питанія, т. е. факторами, которые должны быть устанавливаемы въ каждомъ случаѣ отдѣльно, которые поэтому исключаютъ возможность какого либо общаго правила.

образованій, въ Германіи, стало быть, прежде всего на всемъ протяженіи сѣверогерманской низменности, въ Верхнерейнской долинѣ и въ обширной третичной области Баварско-Швабской возвышенности, между Юрой и Альпами.

Въ широкихъ аллювіальныхъ долинахъ большихъ рѣкъ чередуются непроницаемые рѣчные наносы и рѣчной илъ съ проницаемыми рѣчными песками, въ дилювіальныхъ областяхъ сѣвероевропейской равнины, состоящихъ преимущественно изъ ледниковыхъ образованій, преобладаютъ песчаные слои и слои гравія, но въ пескахъ заключены мощные и иногда чрезвычайно обширные пласты непроницаемыхъ или трудно проницаемыхъ мергельныхъ песковъ, глинистыхъ мергелей и валунныхъ мергелей; въ дилювіи Альпійскихъ предгорій проницаемыми слоями являются хрящъ и гравій, непроницаемыми — образованія донныхъ моренъ. Въ третичной системѣ, наконецъ, мы находимъ чрезвычайно разнообразное чередованіе проницаемыхъ кварцевыхъ песковъ, гравія, хряща, зеленыхъ песковъ съ непроницаемыми глинами, глинистыми мергелями, угленосными суглинками, гончарными глинами, каолинами, тегелями и аналогичными образованіями, происшедшими частью изъ морской, частью изъ прѣсной воды. Въ третичныхъ отложеніяхъ южной Германіи и Швейцаріи къ этому присоединяются еще и твердыя породы — песчаники, кварциты, конгломераты, известняки, отношеніе которыхъ къ водѣ будетъ разсмотрѣно въ 32-ой главѣ.

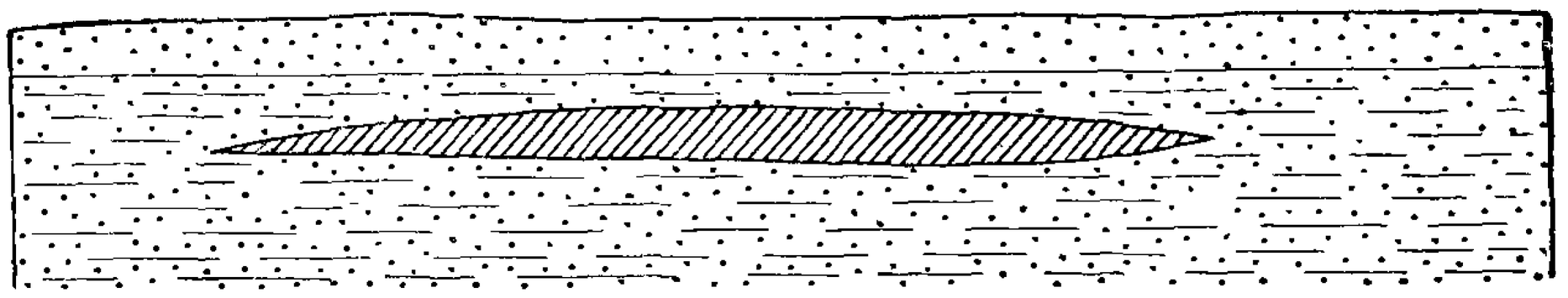
Существованіе рыхлыхъ породъ, однако, не ограничивается лишь названными болѣе молодыми формаціями земной коры, но наблюдается иногда и въ мезозойскихъ пластахъ. Сюда относятся широко распространенные въ мѣловой системѣ рыхлые кварцевые пески, глауконитовые пески и глины и рыхлые кварцевые пески, иногда весьма значительной мощности, сѣверогерманскаго доггера и ліаса. Въ нижнихъ тріасовыхъ и болѣе древнихъ пластахъ еще встрѣчаются не превращенныя въ твердую породу непроницаемыя глины самаго разнообразнаго вида, но болѣе или менѣе значительныхъ залежей проницаемыхъ рыхлыхъ песковъ и гравія въ этихъ пластахъ найти уже нельзя.

Тѣ изъ песчаниковъ и конгломератовъ, спайность которыхъ соотвѣтствуетъ одному изъ приведенныхъ на стр. 13 типовъ — 4, 5, 7 или 9 — показываютъ точно такое же отношеніе къ водѣ, какъ пески и различнаго рода гравій.

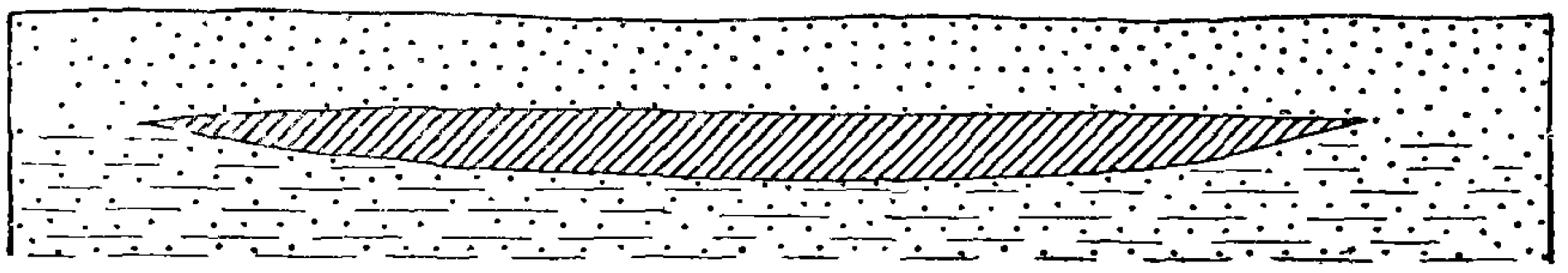
Если въ такой системѣ проницаемыхъ и непроницаемыхъ пластовъ имѣется приведенный выше подъ буквою а) случай полной или приблизительной горизонтальности, то верхній водоносный слой, въ большинствѣ случаевъ, будетъ заключать грун-

2 a. Важнымъ въ гидрографическомъ отношеніи обстоятельствомъ является то, что каждый геологическій пластъ рано или поздно сходитъ на нѣтъ, выклинивается и замѣняется другимъ пластомъ, при чемъ это выклиниваніе совершается иногда настолько быстро, что данный пластъ можетъ достигнуть лишь весьма малаго пространственнаго развитія. Такъ происходятъ линзеобразные слоистые комплексы, которые залегаютъ либо въ аналогичныхъ, либо въ совершенно различныхъ по составу породахъ. Разсмотримъ слѣдующіе крайніе случаи, важные въ гидрографическомъ отношеніи:

a) линзеобразные непроницаемые слои залегаютъ въ проницаемыхъ,



Фиг. 99.



Фиг 100.

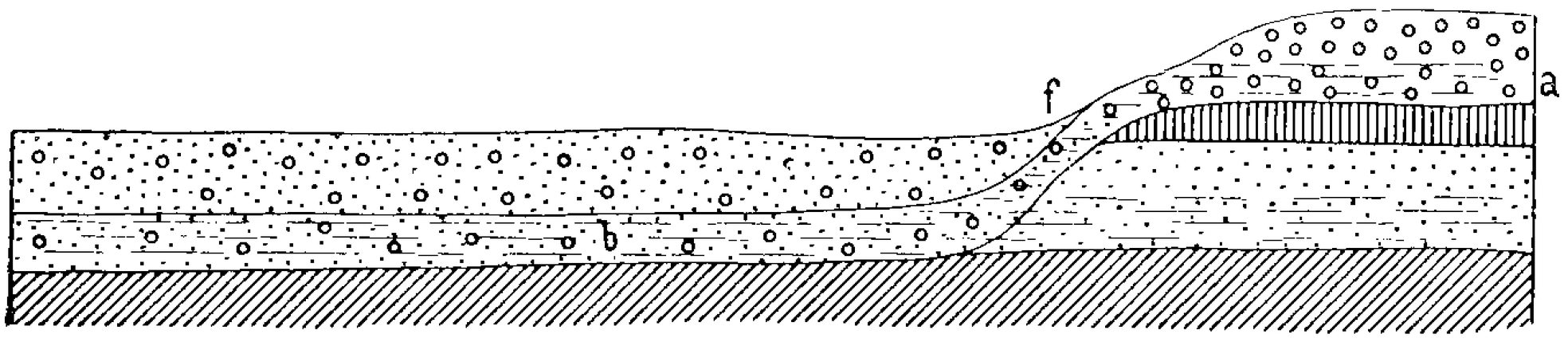
b) линзеобразные проницаемые слои залегаютъ въ непроницаемыхъ.

a) Вліяніе изображенныхъ на фигурахъ 99—101 условій залеганія зависитъ отъ стоянія грунтовыхъ водъ:

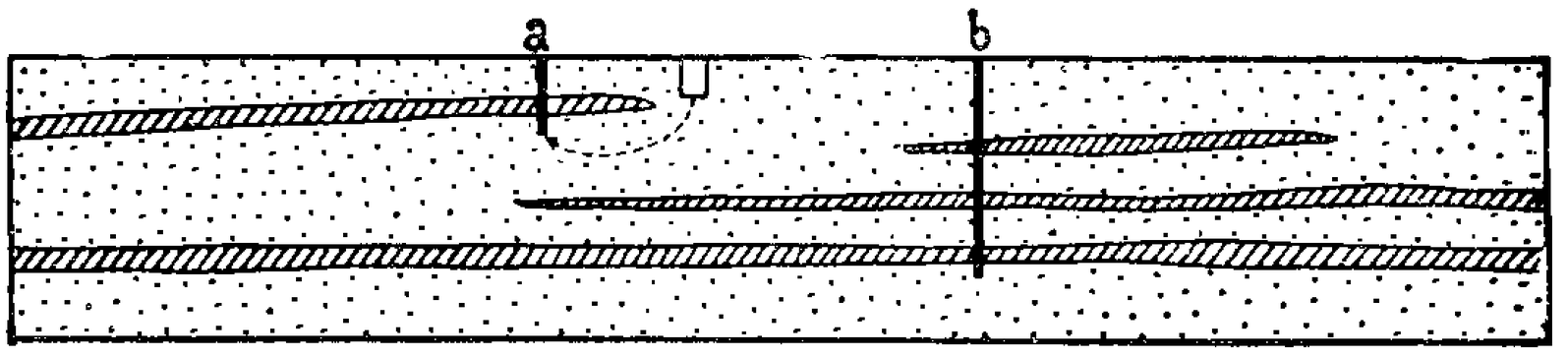
1. уровень грунтовыхъ водъ выше пропластка (фиг. 99),
2. на одномъ уровнѣ съ пропласткомъ (фиг. 100),
3. ниже пропластка (фиг. 101).

a 1. Въ этомъ случаѣ вода омываетъ непроницаемую линзу, которая вообще обнаруживаетъ вполнѣ пассивное отношеніе, съ тою лишь особенностью, что она лишаетъ находящуюся подъ ней воду воздушной покрышки и превращаетъ воду въ напорную. Поверхность грунтовой воды подъ линзой находится подъ давленіемъ, равнымъ давленію водяного столба, высота котораго равна разности высотъ общей поверхности грунтовыхъ водъ и нижняго основанія непроницаемой линзы. Въ такомъ случаѣ при буреніяхъ, по стоянію воды въ скважинѣ до достиженія водоупорнаго слоя и послѣ его пробуренія, не трудно установить связь между

вертикальный переходъ высокой грунтовой воды къ болѣе низкой, иногда узнается непосредственно по неодинаковому стоянію воды въ двухъ смежныхъ буровыхъ скважинахъ. Впрочемъ, явленіе стока воды черезъ края водоноснаго слоя по направленію къ болѣе глубокимъ воднымъ горизонтамъ можетъ быть вызвано и такимъ путемъ, что система чередующихся проницаемыхъ и непроницаемыхъ пластовъ, размытая дѣйствіемъ эрозіи, впослѣдствіи опять заполнилась осадочными породами. Такіе случаи наблюдались на окраинѣ Лаузицкой древней долины и поясняются приложеннымъ здѣсь профилемъ (фиг. 102), построеннымъ на основаніи многочисленныхъ наблюденій въ буровыхъ скважинахъ и колодцахъ.



Фиг. 102.



Фиг. 103.

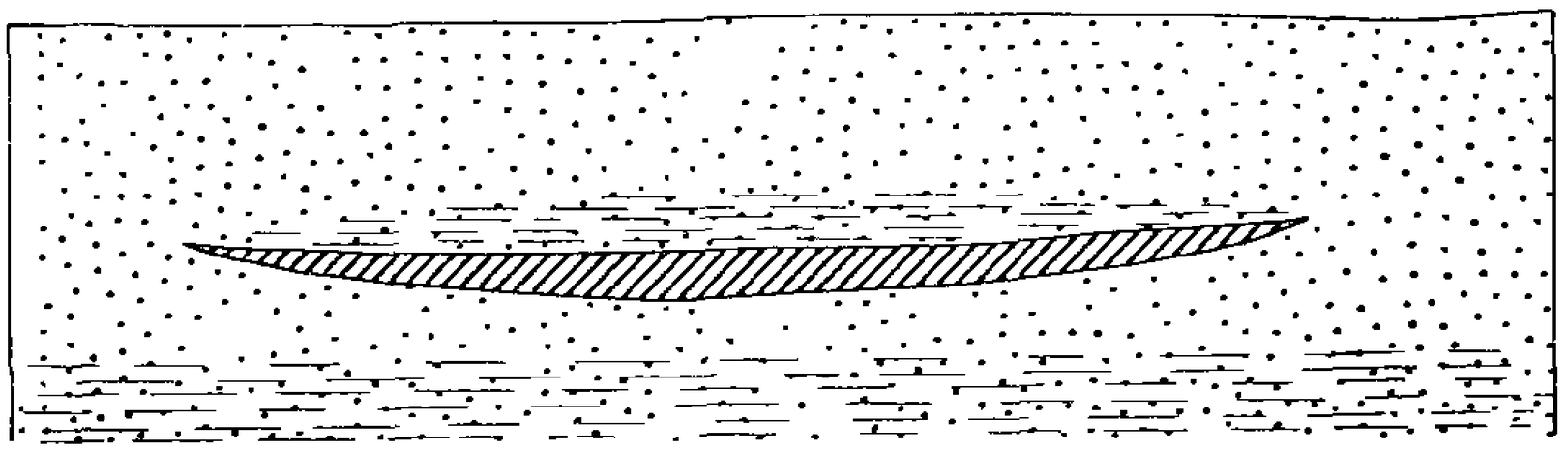
Слѣдующій профиль, по Фуллеру (фиг. 103), поясняетъ, насколько важно большее или меньшее развитіе непроницаемаго пласта, заключеннаго среди проницаемыхъ водоносныхъ образованій.

Колодезь, вырытый въ точкѣ a, получаетъ свою воду изъ водоноснаго слоя, изолированнаго сверху непроницаемой пропласткой, и все же не вполнѣ защищенъ отъ загрязненій сверху или сбоку (справа отъ a) вслѣдствіе того, что непроницаемая пропластка быстро выклинивается. Въ совершенно иныхъ условіяхъ находится колодезь b, который получаетъ свою воду изъ-подъ непроницаемаго пласта, широко распространеннаго во всѣ стороны и дающаго надежную защиту.

2 b. Линзы непроницаемой породы, заключенныя въ породу непроницаемую, все же могутъ быть водоносными. Вода могла находиться въ нихъ съ самаго начала, со времени ихъ происхожденія, или же появилась впослѣдствіи и весьма постепенно въ теченіе долгихъ промежутковъ времени, быть можетъ, въ теченіе тысячелѣтій. Какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ возмож-

водою, находящейся поверхъ этого слоя и залегающей подъ нимъ. Такіе случаи наблюдались часто въ обширныхъ отложеніяхъ песка и гравія ледниковаго наноса, напр., при многочисленныхъ буреніяхъ въ Берлинѣ, гдѣ непроницаемые пропластки представлены линзеобразными массами валуннаго мергеля. Также и глины и угленосные суглинки буроугольной формаціи образуютъ часто какъ въ міоценѣ, такъ и въ эоценѣ мало развитые горизонты, особенно если мощность ихъ незначительна. Поэтому воды, залегающія подъ и надъ угольнымъ пластомъ, часто находятся во взаимной связи, и это даже въ томъ случаѣ, если въ ближайшемъ сосѣдствѣ залегаютъ угленосные суглинки.

а 2. Если поверхность грунтовой воды лежитъ на одномъ уровнѣ съ линзой (фиг. 100), то буровая скважина достигнетъ воды лишь послѣ просверленія непроницаемаго слоя; вода подъ линзой будетъ находиться подъ нѣкоторымъ незначительнымъ

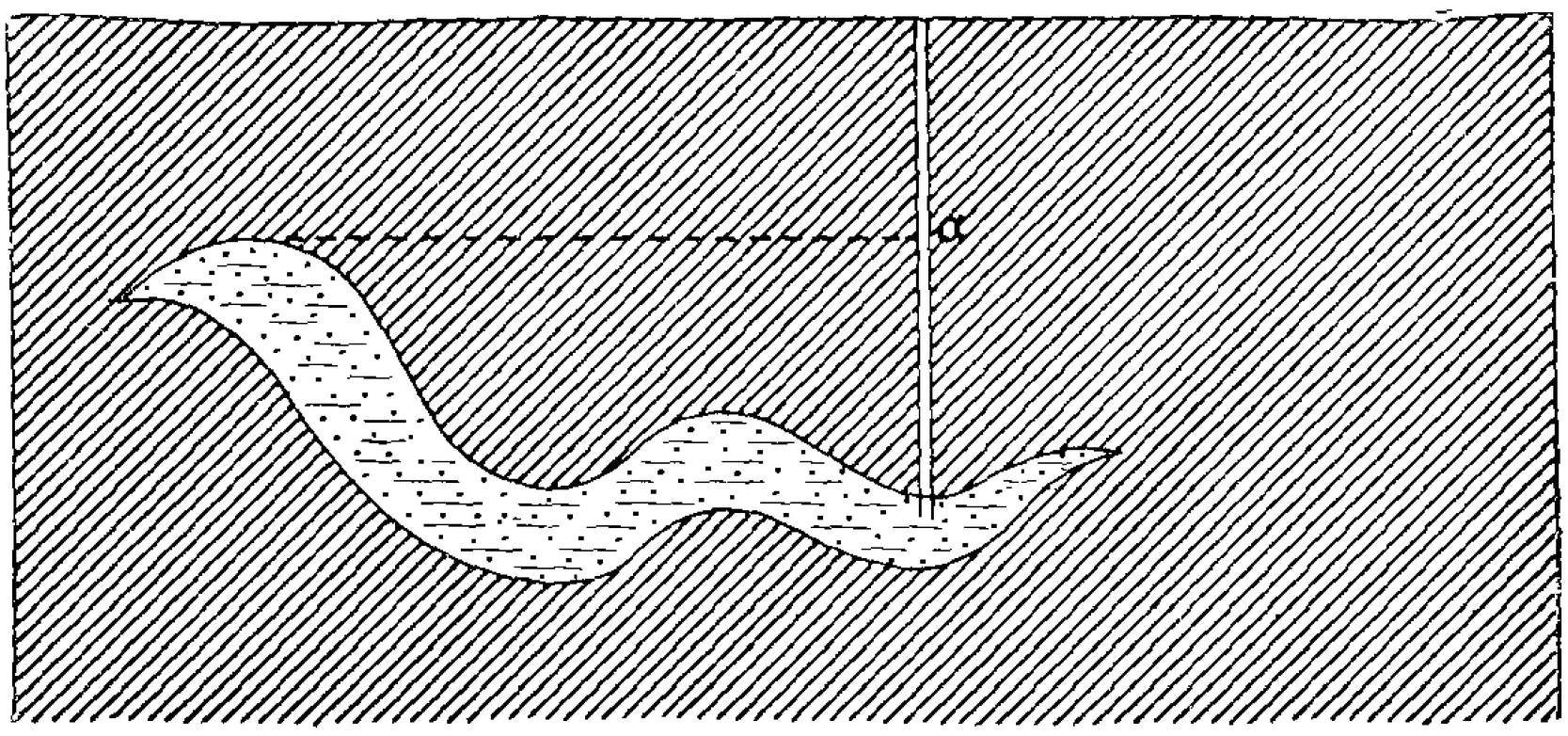


Фиг. 101.

давленіемъ, величина котораго, а вмѣстѣ съ тѣмъ и сила поднятія воды въ скважинѣ, будетъ находиться въ зависимости отъ разности высотъ открытой поверхности грунтовой воды и нижняго основанія непроницаемаго пропластка.

а 3. Если же въ системѣ проницаемыхъ пластовъ, включающей непроницаемую линзу, водное зеркало залегаетъ глубже этой линзы (фиг. 101), то эта послѣдняя, при извѣстныхъ обстоятельствахъ, можетъ повести къ образованію самостоятельнаго, болѣе высокаго воднаго горизонта, который, смотря по своимъ размѣрамъ, существуетъ лишь временно или же постоянно. Лишь въ томъ случаѣ, если края непроницаемаго включенія имѣютъ чашеобразное возвышеніе, горизонтъ этотъ, даже при малыхъ своихъ размѣрахъ, долженъ существовать въ теченіе болѣе продолжительнаго времени. Избытокъ такого воднаго горизонта будетъ стекать черезъ края непроницаемой линзы, какъ капель съ крыши, и направляться къ болѣе глубокому главному горизонту. При буреніяхъ подобное соотношеніе выражается тѣмъ, что водное зеркало въ слояхъ различной глубины находится на различныхъ уровняхъ, а мѣсто, въ которомъ совершается такой внезапный

ность возмѣщенія убыли совершенно исключена, и всякое извлеченіе воды уменьшаетъ данный ея запасъ. Если буровая скважина набредетъ на такой резервуаръ воды, то можетъ показаться, что найдена артезіанская вода, а именно въ томъ случаѣ, если, какъ показано на фиг. 104, такіе пропластки лежатъ не горизонтально, а наклонно и вскрыты на нижнемъ концѣ. Гидрологическое значеніе подобныхъ запасовъ воды зависитъ, разумѣется, отъ ихъ размѣровъ и отъ предъявляемыхъ къ водѣ запросовъ. Маленькія водоносныя линзы изъ гравія среди непроницаемыхъ слоевъ, хотя бы, напр., валуннаго мергеля, могутъ, при извѣстныхъ условіяхъ, успѣшно и продолжительно питать домашній колодезь, между тѣмъ какъ усиленный расходъ воды для завода неминуемо поведетъ къ полному ихъ осушенію въ кратчайшій срокъ.

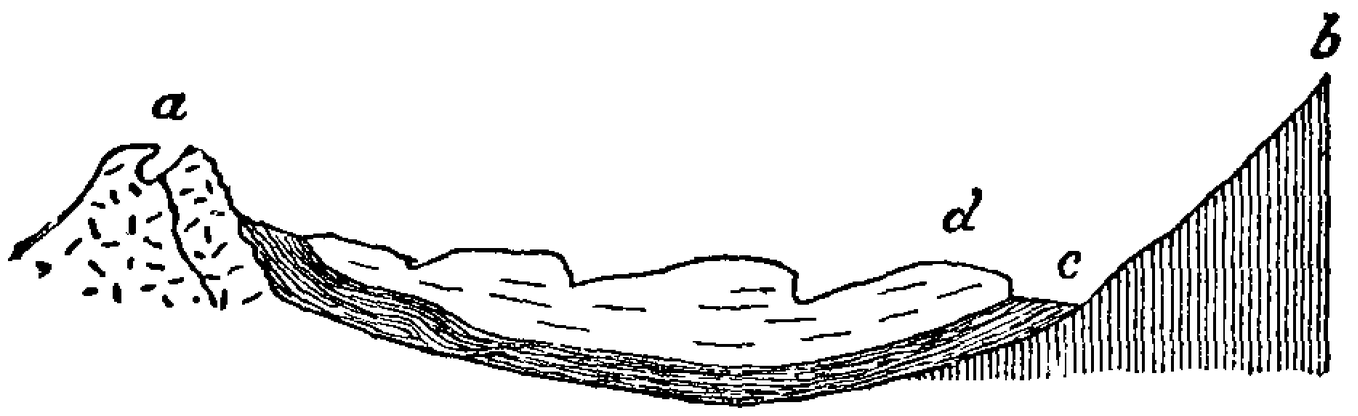


Фиг. 104.

Хорошими примѣрами такого рода могутъ служить включенія песка и гравія въ донныхъ моренахъ и глинахъ ледниковаго наноса сѣверной Германіи. Въ имѣніи Мал. Швальгъ въ Мазурской озерной области, къ югу отъ Голдапъ, было предпринято буреніе въ чрезвычайно мощномъ здѣсь валунномъ суглинкѣ. Скважина прошла до глубины 65,5 м. и здѣсь наткнулась на слой песка и гравія, мощностью 4 м., очень богатый водою. Чрезвычайно сильное расходованіе воды для нуждъ водочнаго завода уже черезъ нѣсколько недѣль повело къ быстрому паденію производительности и послѣдующему полному истощенію колодца. Дальнѣйшее углубленіе скважины показало, что за слоемъ песка въ 4 м. опять слѣдовалъ валунный мергель до глубины 117 метровъ. На работахъ по сооруженію канала императора Вильгельма при закладкѣ буровыхъ скважинъ въ донной моренѣ неоднократно наталкивались на подобныя водоносныя включенія песка и гравія самыхъ причудливыхъ очертаній, залегавшія въ трудно проницаемомъ мощномъ валунномъ мергелѣ.

При болѣе крупныхъ размѣрахъ подобныхъ включеній, ихъ водныя богатства могутъ утилизироваться и въ болѣе широкомъ масштабѣ, такъ какъ, несмотря на крайне медленное возмѣщеніе потерь, при нормальныхъ условіяхъ возможность изсякновенія все же исключена. Въ третичныхъ отложеніяхъ аналогичныя условія наблюдаются у Фюрстенфельда въ Штейермаркѣ; они были описаны Штуромъ[1]) и переданы здѣсь нами по руководству Гааза.

Прежде всего, на фиг. 105 изображены общія геологическія условія разсматриваемой области, при чемъ разрѣзъ взятъ съ юга на сѣверъ, параллельно уклону Альпъ. На основной кристаллической породѣ залегаетъ состоящая преимущественно изъ песка, песчаника и глины свита пластовъ, которая перекрыта отложеніемъ сѣрой глины, т. н. тегеля, мощность котораго различна, но мѣстами превышаетъ 100 м. Холмистый рельефъ мѣстности образованъ преимущественно тегелемъ, который покрываетъ вышеупомянутую свиту пластовъ настолько полно, что эта свита нигдѣ,



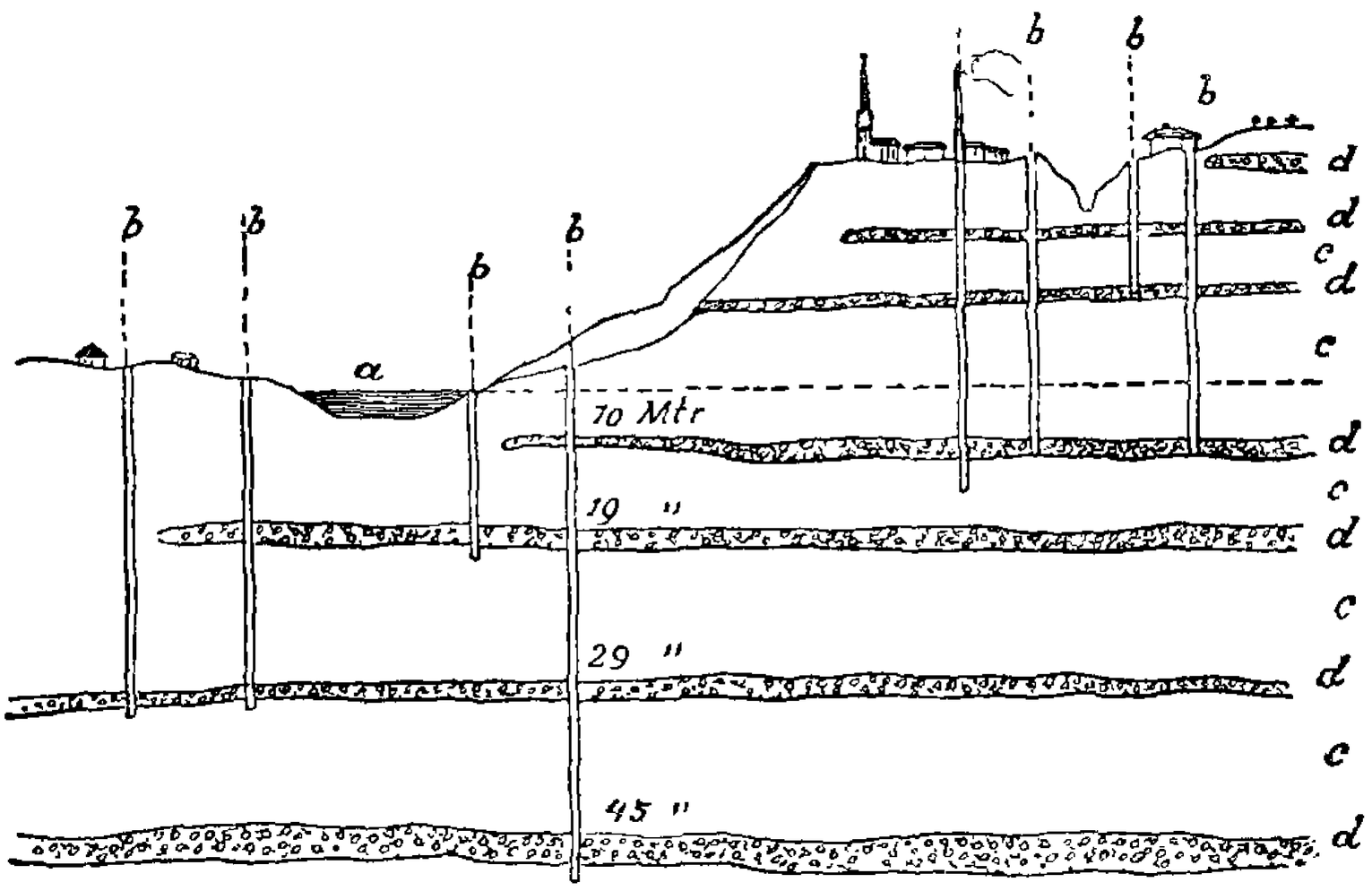
Фиг. 105. Профиль окрестностей Фюрстенфельда (по Д Штуру).
a трахитъ, b кристаллическая порода, c пески, песчаники и известняки сарматскаго яруса, d тегель съ песчаными прослойками.

кромѣ, развѣ, каменоломенъ, какъ у Хартберга, не выходила бы на поверхность, если-бы не трахитовая гора, т. наз. Глейхенбергъ, которая, поднявъ и изогнувъ эту свиту пластовъ, обнажила ее, слѣдствіемъ чего явилось мульдообразное ея залеганіе, чрезвычайно важное для водоносности всей данной области. Свита пластовъ c, по причинѣ своей рыхлой консистенціи, очень хорошо приспособлена къ поглощенію и дальнѣйшему транспорту осадковъ, стекающихъ по восточнымъ склонамъ Альпъ, какъ это происходитъ, напр., у Хартберга и въ другихъ соотвѣтственныхъ мѣстахъ; поэтому на границѣ этой свиты пластовъ и водоупорнаго тегеля долженъ образоваться богатый подземный резервуаръ воды, при чемъ возможность ухода воды въ той или иной мѣрѣ предотвращается отложеніями тегеля. Но поверхъ этого воднаго горизонта залегаютъ еще другіе, такъ какъ самая масса тегеля

---

1) D. Stur, Geologische Verhältnisse der wasserführenden Schichten des Untergrundes in der Umgegend der Stadt Fürstenfeld in Steiermark. „Jahrb. K. K. Geol. Reichsanst.“. 1883, XXXIII.

является водоносной, вслѣдствіе своей слоистости и заключенныхъ въ ней горизонтальныхъ пропластковъ глинистаго песка. Но эти песчаные пропластки въ предѣлахъ мульды не достигаютъ широкаго развитія: наиболѣе мелкіе изъ нихъ имѣютъ мощность всего лишь въ 2—5 см.. а по площади занимаютъ лишь нѣсколько квадратныхъ метровъ, другіе, болѣе крупные пропластки имѣютъ толщину въ 10—20 см. при площади въ нѣсколько сотъ кв. м. Часто наблюдалось, напр., при копаніи колодцевъ, что нерѣдко такіе пропластки залегаютъ этажами одинъ надъ другимъ на болѣе или менѣе значительномъ вертикальномъ разстояніи, напр., черезъ 10,20 м. Эти-то песчаные пропластки также являются водо-



Фиг. 106. Разрѣзъ мѣстности Фюрстенфельдъ въ Штейермаркѣ (по Д. Штуру).

a рѣка Фейштрицъ, b колодцы, c тегель, d песчаные пропластки въ c.

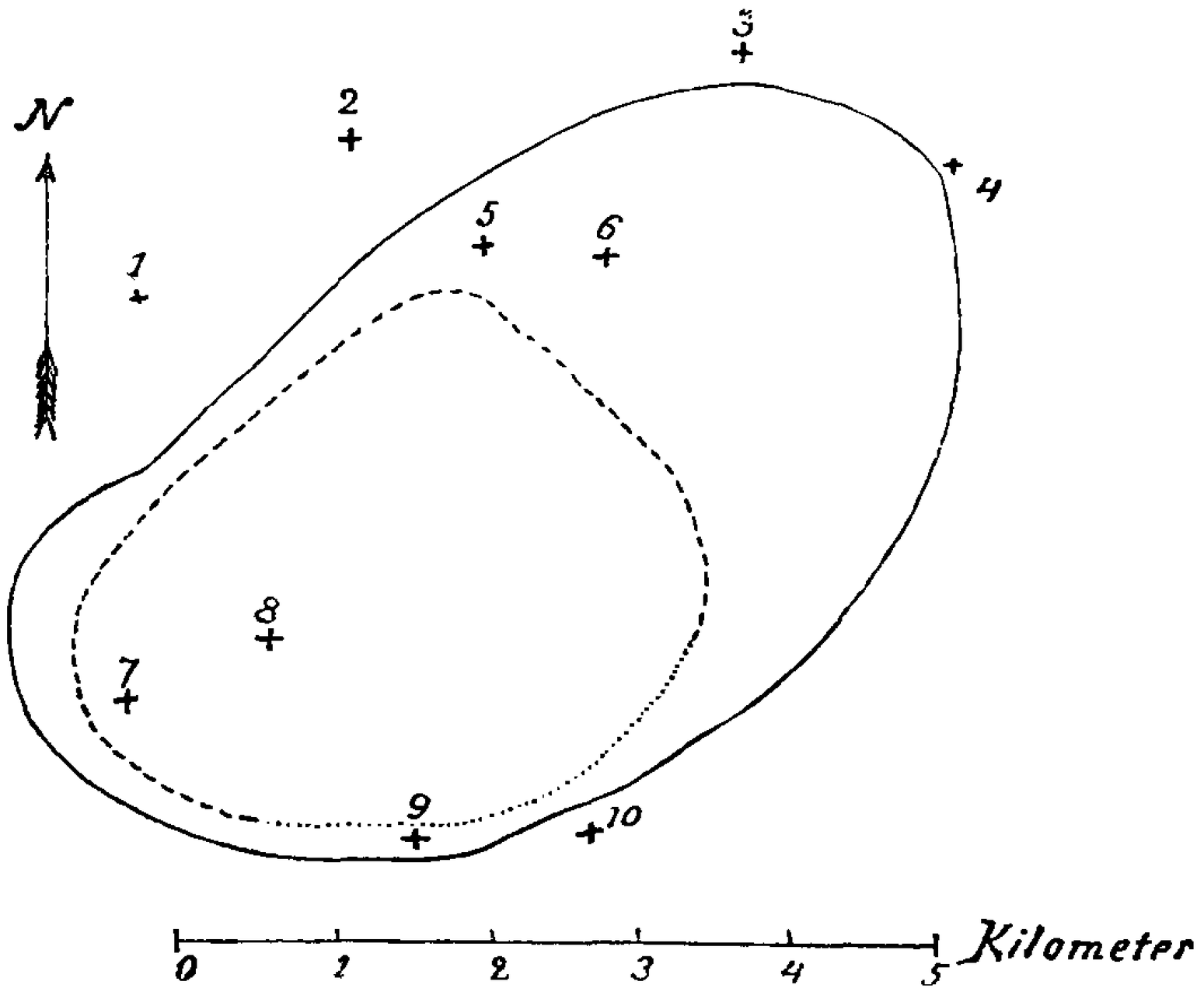
носными и прежде всего, вѣроятно, вслѣдствіе инфильтраціи по мелкимъ трещинамъ тегеля, водные же ихъ запасы, смотря по толщинѣ ихъ и размѣрамъ и по той или иной возможности возмѣщенія потерь, колеблются въ чрезвычайно широкихъ предѣлахъ. Никогда, однако, песчаные пропластки не могутъ заключать такой же значительной массы воды, какъ нижняя свита пластовъ c, ибо пропластки, какъ выше уже было указано, всегда имѣютъ лишь болѣе или менѣе мѣстное распространеніе и значеніе. На фиг. 106 показанъ разрѣзъ мѣстности въ области города Фюрстенфельда, построеннаго на такомъ тегелѣ съ песчаными пропластками; на фигурѣ же показанъ цѣлый рядъ колодцевъ, заложенныхъ какъ въ самомъ городѣ, такъ и въ окрестностяхъ его съ цѣлью утилизированія воды пропластковъ. Вначалѣ всѣ колодцы имѣли большую производительность,

равенъ примѣрно 40%. Ихъ горизонтальное протяженіе довольно значительно и обнимаетъ 26,5 кв. кил.; они образуютъ въ угленосномъ массивѣ своего рода эллиптическую чашу, большая ось которой, направленная съ ЮЗ на СВ, имѣетъ длину въ 7750 м. малая же ось, идущая съ сѣвера на югъ, равна 4375 м. Этотъ напоенный водою пластъ образуетъ настоящее подземное озеро обширныхъ размѣровъ, совершенно независимое отъ горизонта источниковъ, пріуроченнаго къ вышележащимъ осадкамъ, которые, впрочемъ, изолированы мощными и очень чистыми глинистыми образованіями туронскаго мѣла, такъ называемыми „dièves“. Рудокопы французскаго сѣвера обозначили это подземное скопленіе воды названіемъ Torrent d'Anzin, и оно имъ хорошо извѣстно какъ потому, что добыча угля связана съ необходимостью пересѣченія этого подземного озера въ разныхъ мѣстахъ, такъ еще и по той причинѣ, что прорывъ воды въ угольныхъ шахтахъ не разъ приносилъ съ собою смерть и различнаго рода бѣдствія. Въ своемъ романѣ „Жерминаль“ Золя мастерски изобразилъ такую катастрофу.

Уже 60 лѣтъ тому назадъ было приступлено къ работамъ по осушенію этого Torrent d'Anzin, каковое предпріятіе вполнѣ осуществимо, такъ какъ установлено съ достаточною достовѣрностью, что это подземное озеро имѣетъ лишь самый незначительный притокъ воды и что скопленная въ песчаныхъ слояхъ вода представляетъ продуктъ инфильтраціи многихъ столѣтій и, вѣроятно, даже тысячелѣтій. За послѣднія десятилѣтія были здѣсь установлены исполинскія машины и заложены спеціальныя шахты — съ цѣлью осушенія Torrent d'Anzin. Результаты оказались положительными, такъ какъ скудный притокъ не могъ возмѣстить потери воды отъ выкачиванія. До начала работъ водоносная (не вся) песчаная площадь равнялась 24,374 кв. кил., въ 1867 году она была уже сокращена до 18,335 кв. кил., а въ декабрѣ 1880 года она составляла всего 13,225 кв. кил. Отношеніе площадей прежней и современной наглядно поясняется фигурой 107. Въ 1880 году ежегодно выкачивалось, примѣрно, 206,000 куб. м. воды. Максимумъ выкачиванія падаетъ на 1861 годъ, когда было извлечено 1.800.000 куб. м. воды. За промежутокъ времени съ 1856 года по конецъ 1868 года, т. е. за 13 лѣтъ, было выкачано изъ Torrent d'Anzin, въ общей сложности, 10,229,000 куб. м. воды.

обнаруживая высоту поднятія воды въ 5 м., но затѣмъ стало замѣчаться постепенное уменьшеніе дебита, хотя ни одинъ изъ колодцевъ не изсякъ совершенно. Нѣкоторые даже сохранили свою первоначальную высокую производительность.

Грандіозный примѣръ исполинской линзы водоносной породы, включенной въ непроницаемыя образованія, имѣется въ каменноугольномъ районѣ Сѣверной Франціи, въ такъ называемомъ Torrent d'Anzin[1]). Въ сѣверо-французскомъ каменноугольномъ районѣ близъ Анзэна отложенія угля покрыты мощными



Фиг. 107. Torrent d'Anzin, по Добрэ.

Сплошная линія обозначаетъ окружность резервуара грунтовой воды въ 1840 г., пунктирная ту же окружность въ 1880 г. 1 Гавельин, 2 Бэллэнъ, 3 Обри, 4 Ст.-Ва, 5 Уази, 6 Эрэиъ, 7 Дэиэнъ, 8 Ваврешэнъ, 9 Олшэнъ, 10 Пруви.

комплексами пластовъ мѣловой и третичной системъ, такъ называемыми „Morts-terrains“. Въ нижней части этихъ комплексовъ находится мощное песчаное образованіе, толщиною въ среднемъ въ 9 м., мѣстами же лишь въ 2—3 м., а мѣстами 14 м. Это образованіе входитъ въ составъ песковъ и глинъ группы Hautrage, каковое названіе французскій ученый Омалій д'Аллуа далъ осадочнымъ породамъ нижняго мѣла, распространеннымъ во Фландріи, въ Геннегау и въ Арденнахъ. Разсматриваемый отдѣлъ данныхъ пластовъ чрезвычайно водоносенъ, такъ какъ, по различнымъ наблюденіямъ, объемъ поръ составляющихъ породъ

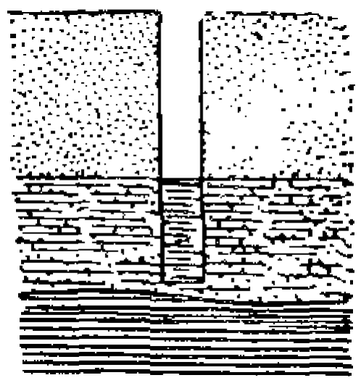
1) Ilo Haas, Quellenkunde, S. 60—62.

низится и при томъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше воды откачивается въ единицу времени. При непрерывной и продолжительной откачкѣ воды изъ колодца, въ немъ черезъ нѣкоторое время устанавливается новое, устойчивое водное зеркало (фиг. 108 и 109); его разстояніе отъ первоначальнаго обозначается какъ длительное пониженіе. При равныхъ діаметрахъ колодцевъ и одинаковой силѣ откачки, оно тѣмъ больше, чѣмъ менѣе проницаемъ водоносный слой, и тѣмъ меньше, чѣмъ легче онъ проницаемъ. Въ очень крупномъ хрящѣ при посредственной силѣ откачки, даже совершенно невозможно понизить уровень грунтовыхъ водъ хоть сколько-нибудь замѣтно. Напротивъ, въ мелкозернистомъ водоносномъ слоѣ уже непродолжительная откачка, при извѣстныхъ условіяхъ, можетъ вызвать пониженіе на нѣсколько метровъ. Такое пониженіе грунтовыхъ водъ, однако, не ограничивается однимъ лишь мѣстомъ откачки, но распространяется и на прилегающую мѣстность. Если колодецъ или буровая скважина, въ которыхъ производится длительная откачка, окружены колодцами и скважинами съ невыбираемой водой, то одновременными въ нихъ наблюденіями можно установить вліяніе и величину пониженія и составить карты горизонталей пониженнаго воднаго зеркала точно такимъ же путемъ, какъ составляются карты горизонталей обыкновенной грунтовой воды (фиг. 110). При такомъ изслѣдованіи оказывается, что величина пониженія въ контрольныхъ колодцахъ, такъ называемыхъ пегельныхъ скважинахъ или пегельныхъ колодцахъ, тѣмъ значительнѣе, чѣмъ ближе они расположены къ мѣсту откачки, и далѣе, что пониженіе съ краевъ постепенно и незамѣтно переходитъ въ измѣненное зеркало грунтовыхъ водъ. Это созданное искусственнымъ путемъ пониженіе грунтовыхъ водъ обозначаютъ какъ воронку пониженія. Она состоитъ изъ внутренней крутой и наружной пологой части; уже это само по себѣ указываетъ на параболическій видъ кривыхъ, что и подтверждается какъ путемъ теоретическаго исчисленія, такъ и результатами практическихъ измѣреній. Поперечный разрѣзъ воронки пониженія обнаруживаетъ тѣмъ болѣе крутыя стѣнки, чѣмъ менѣе проницаемъ для воды водоносный слой, и тѣмъ большую пологость, чѣмъ легче вода можетъ въ немъ передвигаться, чѣмъ болѣе онъ водопроницаемъ. Горизонтальный разрѣзъ воронки пониженія при малой откачкѣ имѣетъ всегда близкій къ окружности видъ, при большихъ же откачкахъ — лишь въ случаѣ грунтовыхъ озеръ. Въ первомъ случаѣ, при маломъ пространствѣ, занимаемомъ воронкой, уклонъ водной поверхности роли не играетъ. Если же, напротивъ, создана воронка обширныхъ размѣровъ, простирающая свое вліяніе

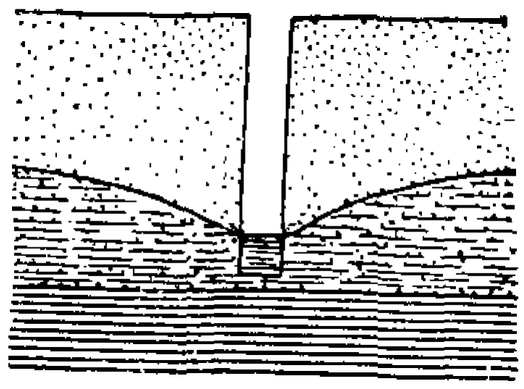
ГЛАВА 32.

Искусственное пониженіе грунтовыхъ водъ и сопутствующія ему явленія.

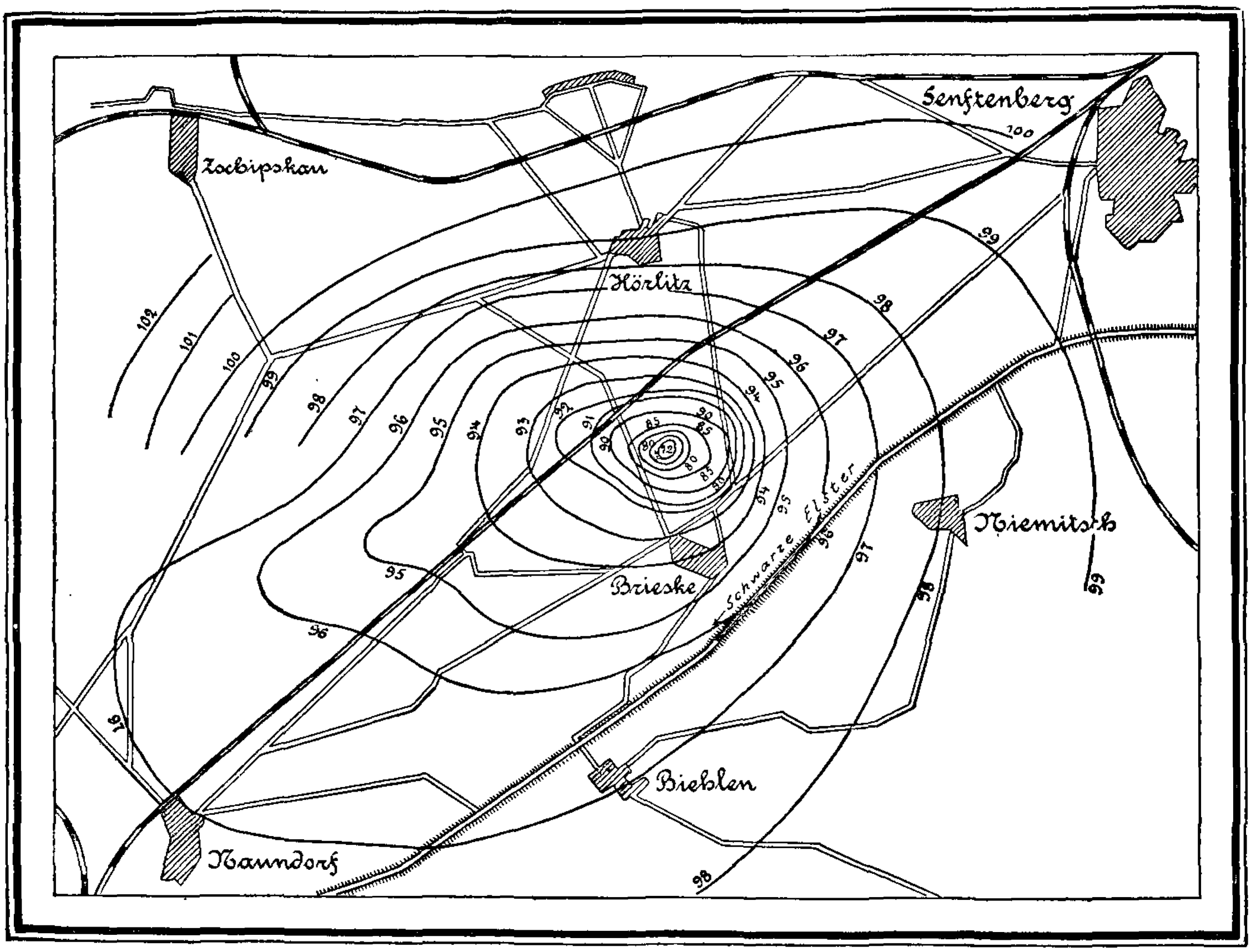
Если отъ грунтовой воды съ воздушной поверхностью, движущейся въ рыхлыхъ водопроницаемыхъ образованіяхъ, посредствомъ откачки изъ колодца, скважины или шахты отнять болѣе или менѣе значительное количество воды, то зеркало грунтовыхъ водъ по-



Фиг. 108.
Зеркало грунтовыхъ водъ въ состояніи покоя.

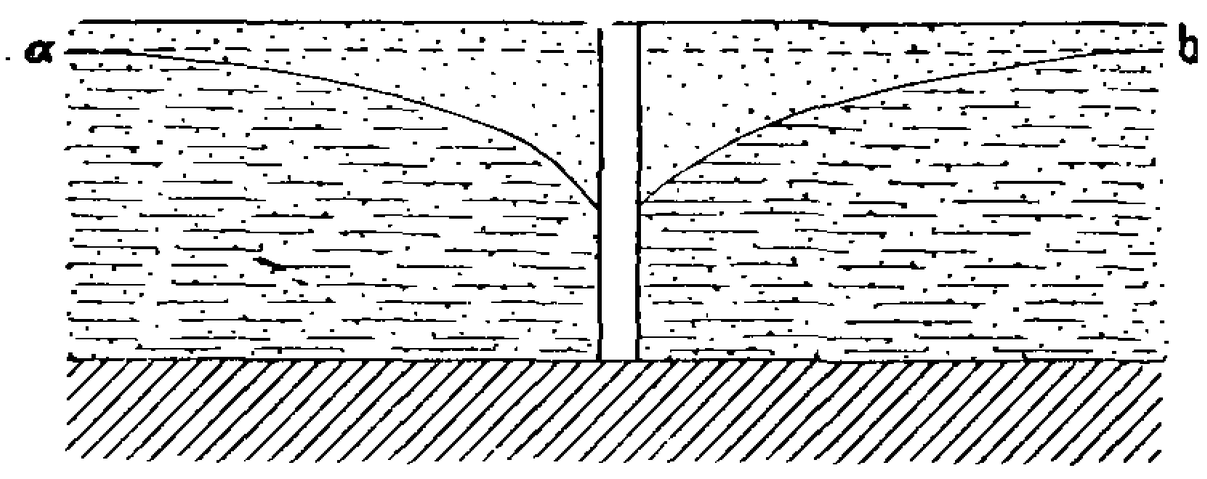


Фиг. 109.
Пониженное зеркало грунтовыхъ водъ.



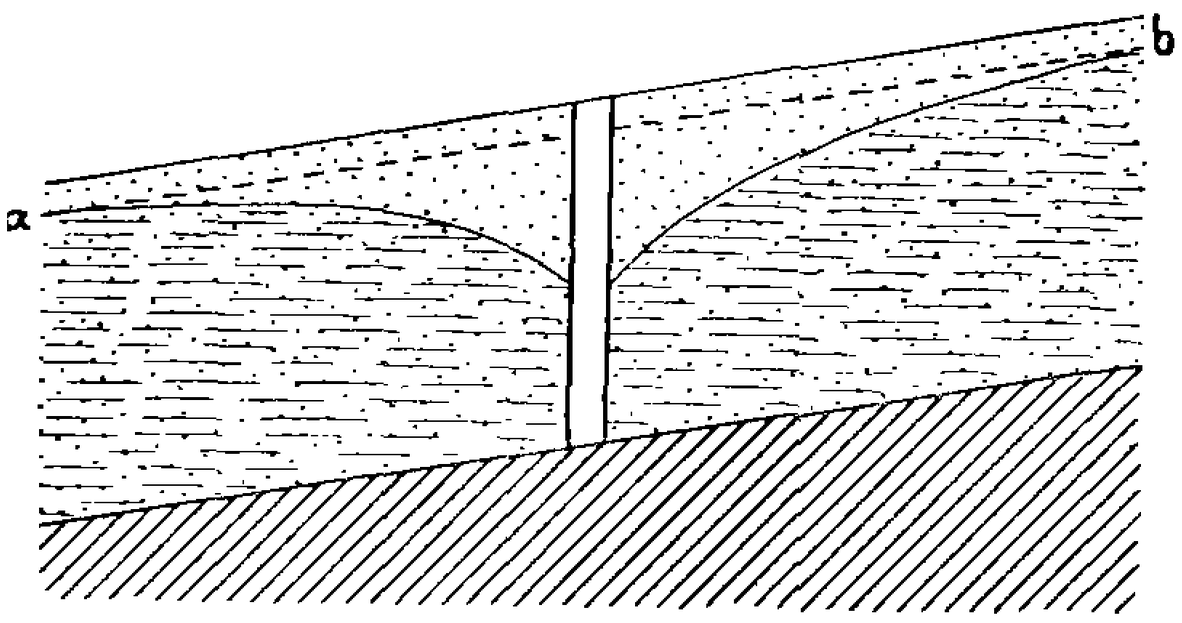
Фиг. 110. Карта горизонталей воронки пониженія въ Лаузицкой древней долинѣ. 1 : 75.000.

на область въ нѣсколько квадратныхъ километровъ, и если паденіе грунтовыхъ водъ очень сильное, то воронка пониженія получаетъ эллиптическую форму, при чемъ большая ось эллипса совпадаетъ съ направленіемъ теченія потока. Если поверхность грунтовыхъ водъ представляетъ совершенную плоскость, то воронка пониженія оказывается построенной вполнѣ симметрично (фиг. 111), т. е. ея горизонтали группируются болѣе или менѣе



Фиг. 111. Воронка пониженія при ровной поверхности грунтовыхъ водъ.

концентрически и представляютъ замкнутыя кривыя, какъ показано на фиг. 110. Если же, напротивъ, поверхность грунтовыхъ водъ сильно наклонена, то поперечный разрѣзъ воронки пониженія имѣетъ скошенный видъ (фиг. 112). На фиг. 113 показано косое, асимметрическое строеніе воронки пониженія въ быстро текучей грунтовой водѣ на Верхнебаварскомъ плато близъ Дейзенгофена, къ югу отъ Мюнхена, при чемъ слѣва изображена

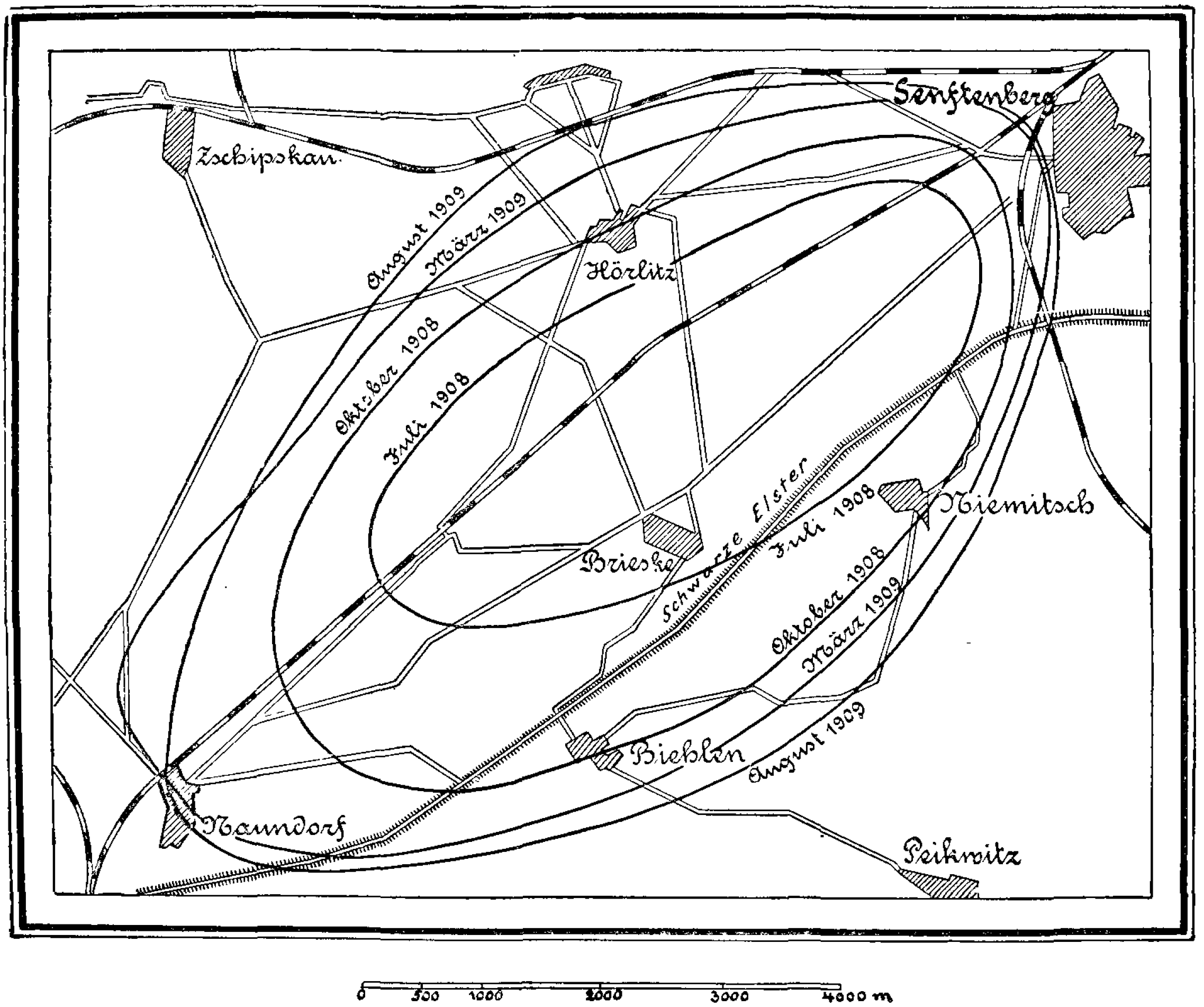


Фиг. 112. Воронка пониженія при сильномъ уклонѣ зеркала грунтовыхъ водъ.

поверхность грунтовыхъ водъ въ ея нормальномъ состояніи, а справа — поверхность, пониженная откачкой.

Весьма хорошій примѣръ для изученія вопроса о пониженіи и передвиженіи грунтовыхъ водъ въ легко проницаемомъ и не подверженномъ никакимъ побочнымъ вліяніямъ водоносномъ слоѣ имѣется въ наиболѣе южной изъ сѣверогерманскихъ древнихъ долинъ въ Лаузитцѣ, близъ Зенфтенберга. Эта древняя долина, шириною въ 10—15 км. (ср. профиль фиг. 10 стр. 25), до глубины 20—25 м. заполнена слоями ледниковаго песка и гравія,

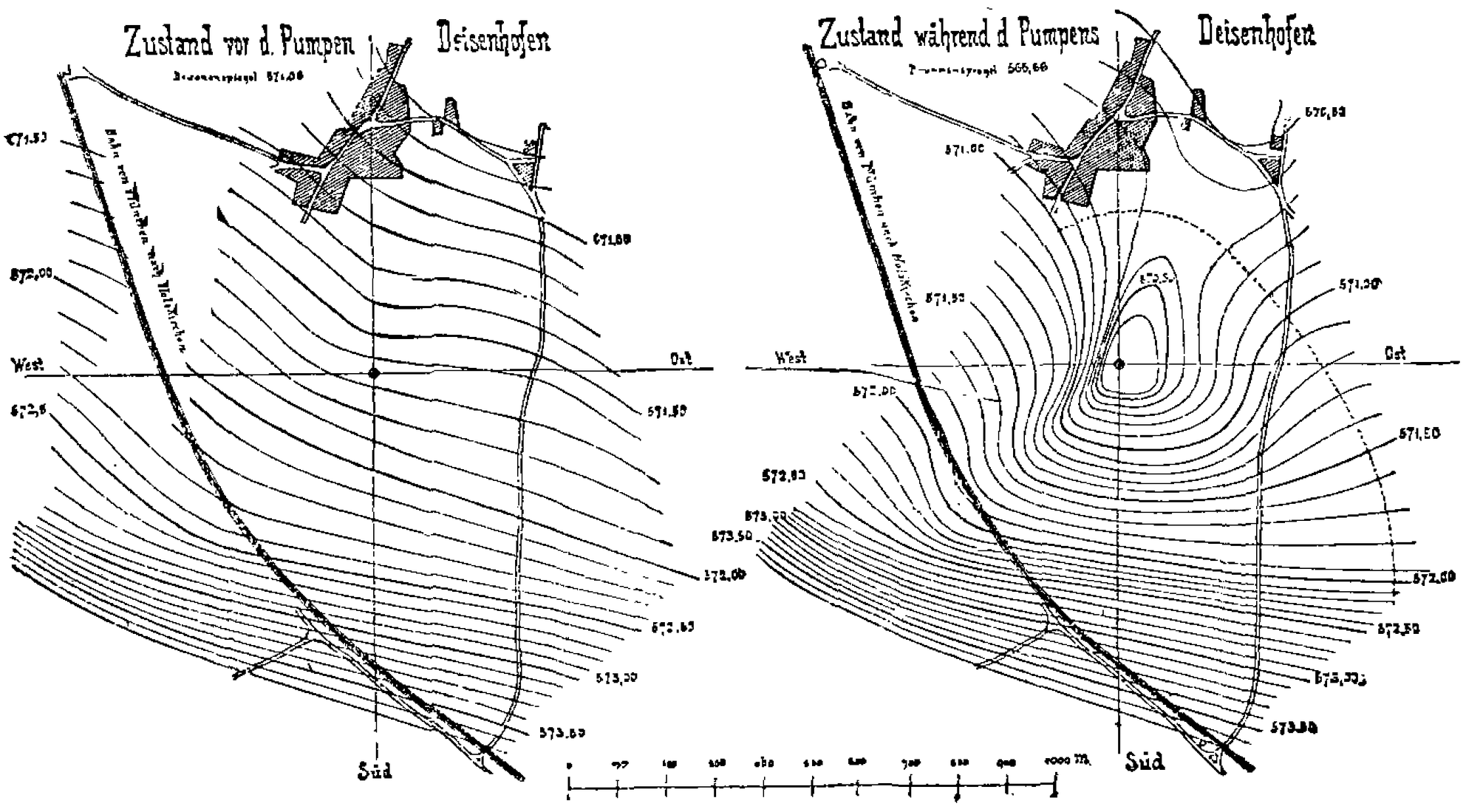
измѣренія относительно абсолютнаго нуля, вслѣдствіе чего здѣсь имѣется богатый матеріалъ для сужденія о развитіи воронки пониженія въ ея отдѣльныхъ фазахъ. Въ схематической картѣ на стр. 217, фиг. 114, даны четыре изображенія четырехъ различныхъ стадій воронки пониженія, отдѣленныхъ, примѣрно, годовыми промежутками. Фиг. 115 изображаетъ воронку пониженія въ ея окончательномъ развитіи, измѣняющуюся лишь съ гори-



Фиг. 114. Четыре послѣдовательныхъ момента въ развитіи воронки пониженія въ Лаузицкой древней долинѣ.

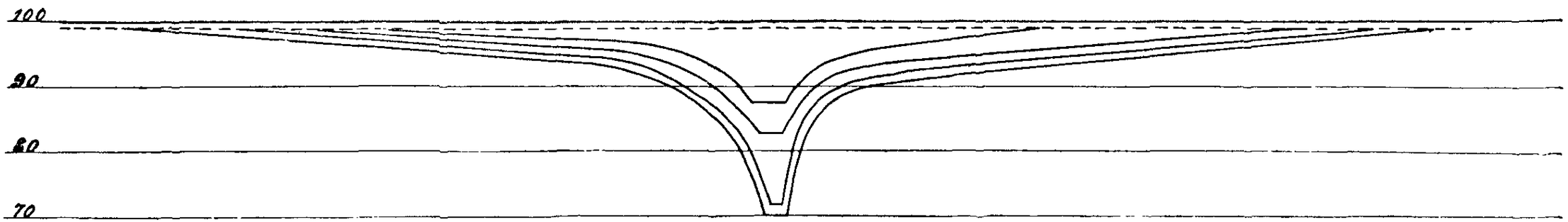
зонтальнымъ перемѣщеніемъ разработки, а на фиг. 116 изображены поперечные разрѣзы всѣхъ четырехъ воронокъ пониженія, показанныхъ на фиг. 114. Во время первой фазы пониженіе воднаго зеркала равнялось 12 м., во время второй фазы — 15—18 м., а во время третьей и четвертой — 25 и 30 м. Въ первую фазу сила откачки равнялось 30, во вторую — 60, въ третью — 70, въ четвертую — примѣрно 75 куб. м. въ минуту; впослѣдствіи, однако, она была понижена до 50 к. м.

которые чередуются самымъ неправильнымъ образомъ. Поверхъ нихъ въ глубокихъ частяхъ долины залегаютъ еще торфяныя болота, мощностью до 5 м. Основаніе дилювіальнаго песка и гравія, представляющихъ отложенія ледниковыхъ талыхъ водъ, образовано пластомъ бураго угля, мощностью въ 10—12 м. Этотъ пластъ мѣстами отдѣленъ отъ долиннаго песка нетолстымъ слоемъ непроницаемаго угленоснаго суглинка и, въ свою очередь, залегаетъ на такомъ же суглинистомъ пластѣ, толщиною 1—$1^1/_2$ м. Далѣе вглубь слѣдуютъ мелкозернистые, богатые слюдой третичные пески. Такъ какъ и бурый уголь отличается высокой скважностью и проводитъ воду чрезвычайно быстро, то здѣсь до глубины 40 м. имѣются водопроницаемыя образованія, при чемъ оба

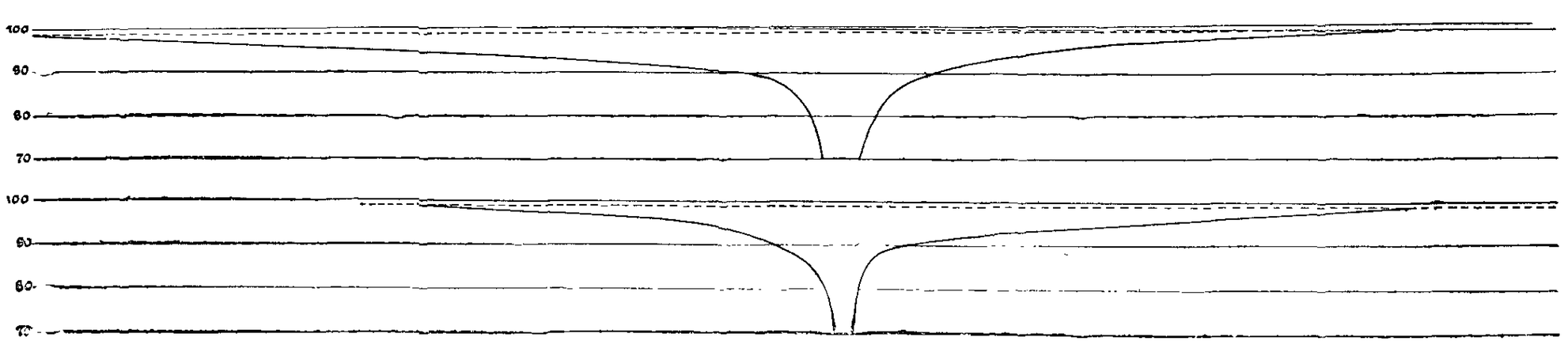


Фиг. 113. Горизонтали грунтовыхъ водъ въ области Дейзенгофскаго колодца.

вышеупомянутые пропластка непроницаемаго суглинка, вслѣдствіе повторнаго бокового выклиниванія, не имѣютъ существеннаго значенія. Въ этомъ комплексѣ, первоначально заполненномъ водою до глубины 1—3 м. подъ земною поверхностью, въ 1908 году была открыта обширная разработка бураго угля, для веденія которой, естественно, было необходимо выкачать воду, пропитывавшую всѣ слои до самаго дна разработки, т. е. до глубины 32 м., съ каковою цѣлью были поставлены 10 электрическихъ насосовъ, каждый съ производительностью 10 кб. м. въ минуту. Въ результатѣ получилось пониженіе зеркала грунтовыхъ водъ, достигавшее, въ концѣ концовъ, свыше 30 м. Въ окрестностяхъ разработки, на 10 км. кругомъ, управленіемъ рудниковъ былъ заложенъ цѣлый рядъ пегельныхъ буровыхъ скважинъ, въ которыхъ черезъ каждые десять дней производятся

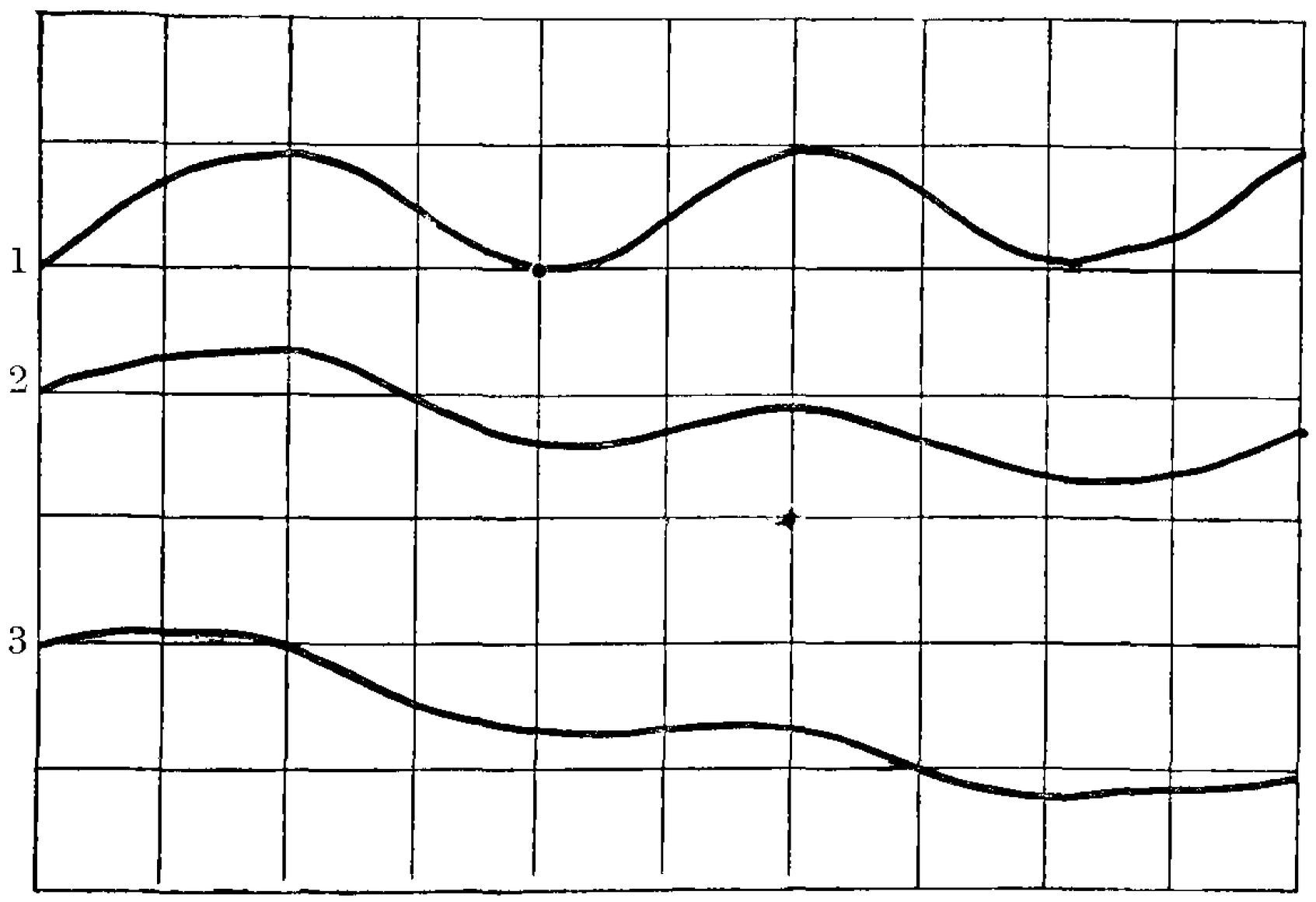


Фиг. 116. Поперечный разрѣзъ четырехъ воронокъ пониженія фиг. 114.



Фиг. 115. Продольный и поперечный разрѣзы наружной воронки фиг. 114

имѣютъ видъ, представленный на фиг. 117 кривою 2, т. е. обнаруживаютъ постепенное паденіе максимума и минимума въ соотвѣтственные періоды, уменьшеніе приростовъ въ высоту и увеличеніе приростовъ въ глубину, то имѣется районъ, подверженный постепенному пониженію воднаго зеркала. Наконецъ, если получится кривая, подобная кривой 3 на фиг. 117, при чемъ періоды нарастанія постепенно сглаживаются и замѣчается общее непрерывное пониженіе кривой, то это указываетъ, что имѣется значительное искусственное или естественное пониженіе уровня грунтовыхъ водъ. При начертаніи подобныхъ кривыхъ одной надъ другой такимъ образомъ, чтобы абсциссы времени совпа-



Фиг. 117.

дали, можно видѣть съ чрезвычайною ясностью, какъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, гребни и впадины грунтовой волны (кривая 1) отражаются на воронкѣ пониженія въ различныхъ ея частяхъ. Выпуклины нормальныхъ грунтовыхъ водъ, т. е. идущія на повышеніе части кривой, представляются тогда либо сильно уменьшенными, либо сглаженными, прерывающими равномѣрное пониженіе воднаго зеркала, между тѣмъ какъ мульды нормальныхъ грунтовыхъ водъ, т. е. нисходящія вѣтви кривой, представляются періодами усиленнаго пониженія. Сравненіе трехъ кривыхъ, помѣщенныхъ на фиг. 117, обнаружитъ эти взаимоотношенія самымъ наглядным образомъ.

Тотъ же способъ можно примѣнить и для рѣшенія вопроса о томъ, находится ли въ состояніи длительнаго пониженія подземное озеро, зеркало котораго лежитъ въ водопроницаемомъ

въ минуту, не вызвавъ уменьшенія размѣровъ воронки. Чертежи показываютъ, какихъ размѣровъ можетъ достигнуть воронка при пониженіи такой интенсивности, какъ въ данномъ случаѣ: послѣдняя и самая большая воронка имѣетъ длину въ 10 и ширину въ 6 километровъ. Въ то же время линіи, обозначающія на рисункѣ границы отдѣльныхъ воронокъ, обнаруживаютъ, что въ современномъ состояніи воронка достигла, вѣроятно, максимума своего развитія, такъ какъ два послѣднихъ измѣренія весной и осенью 1909 года показываютъ уже частичное совпаденіе и пересѣченіе пограничныхъ линій. Форма воронокъ обнаруживаетъ еще одну особенность, достойную вниманія. На рисункѣ видно, что удлиненіе продольной оси происходитъ, главнымъ образомъ, внизъ по теченію рѣки. Въ то время какъ вверхъ по теченію рѣки удлиненіе равняется всего лишь нѣсколькимъ стамъ метровъ, вверхъ по теченію оно превышаетъ цѣлый километръ. Причина этого явленія, безъ сомнѣнія, кроется въ направленіи потока грунтовыхъ водъ. Онѣ текутъ съ востока, и поэтому съ этой стороны происходитъ возмѣщеніе водъ, стекающихъ въ воронку; отсюда и слабое ея увеличеніе. Внизъ по теченію рѣки идетъ волна грунтовыхъ водъ, уже пониженная; возмѣщеніе убыли, вызванной откачкою, и пополненіе потока до его первоначальной высоты здѣсь могутъ происходить лишь съ боковъ и на гораздо большей площади. Стало быть, въ этомъ направленіи вліяніе пониженія должно обнаружиться значительно сильнѣе, нежели въ противоположномъ — вверхъ по рѣкѣ.

Установленіе периферическихъ частей воронки дѣло не всегда простое, пограничная линія нѣсколько неопредѣленна и колеблется по временамъ года. Это связано съ тѣмъ обстоятельствомъ, что воронка, вслѣдствіе своей параболической формы, совершенно незамѣтно переходитъ въ нормальное зеркало грунтовыхъ водъ и что поэтому по краямъ воронки нормальныя колебанія грунтовыхъ водъ могутъ оказаться значительнѣе результатовъ искусственнаго пониженія. Хорошее средство отличить въ такой области части, подверженныя вліянію пониженія и относящіяся къ воронкѣ, отъ частей, не подверженныхъ этому вліянію, состоитъ въ графическомъ изображеніи движенія грунтовыхъ водъ въ скважинахъ и колодцахъ, подвергающихся измѣренію. На стр. 136 указаны пути и средства къ построенію такихъ кривыхъ. Если окажется, что кривыя, повышаясь и падая, достигаютъ въ теченіе болѣе продолжительнаго времени одного и того же максимальнаго и минимальнаго уровня, то можно быть увѣреннымъ, что имѣется районъ, не подверженный вліянію пониженія (кривая 1 на фиг. 117). Если же кривыя

Максимальное стояніе	Шлахтенское озеро	Крумме Ланке	Минимальное стояніе	Шлахтенское озеро	Крумме Ланке
1907	—	—	1907	31,6	—
1908	31,9	—	1908	31,45	32,3
1909	31,55	32,44	1909	31,2	32,14
1910	31,35	32,28	1910	30,95	31,97
1911	31,10	32,03	1911	30,2	31,45

Положеніе грунтовыхъ водъ болѣе глубокихъ слоевъ, при пониженіи воднаго зеркала въ верхней части водоноснаго слоя, всецѣло зависитъ отъ того, имѣется ли въ предѣлахъ водоноснаго слоя непроницаемые пласты, тянутся ли эти пласты непрерывно на значительныя разстоянія, или же прерываются, распадаясь на отдѣльныя части. Съ однимъ видомъ вліянія пониженія воднаго зеркала на грунтовыя воды болѣе глубокихъ слоевъ мы уже познакомились при разсмотрѣніи взаимоотношенія прѣсныхъ и соленыхъ водъ на морскихъ побережьяхъ. Другого рода отношеніе высокой важности имѣетъ большое значеніе въ горномъ дѣлѣ, а именно при эксплоатаціи открытыхъ разработокъ полезныхъ ископаемыхъ, связанной нерѣдко съ необходимостью значительнаго пониженія зеркала грунтовыхъ водъ съ цѣлью осушенія залежей. Если сама залежь является непроницаемой или непосредственно подстилается непроницаемымъ пластомъ, за которымъ ниже опять слѣдуютъ проницаемые водоносные слои, то имѣются два изолированныхъ водоносныхъ слоя и, стало быть, система ярусныхъ подземныхъ водъ. Если до начала процесса искусственнаго пониженія посредствомъ пегельныхъ буровыхъ скважинъ произвести изслѣдованіе воднаго зеркала верхняго водоноснаго слоя и установить высоту давленія въ нижнемъ слоѣ, и если при этомъ окажутся существенныя различія, то можно съ увѣренностью сказать, что нижній горизонтъ находится въ иныхъ гидростатическихъ условіяхъ, нежели верхній, и что пониженіе грунтовыхъ водъ не вызоветъ измѣненія условій давленія въ предѣлахъ нижняго водоноснаго горизонта. Если же въ буровой скважинѣ, доведенной до нижняго горизонта, водное зеркало поднимается какъ разъ до уровня водной поверхности верхняго горизонта, то возможны два случая: a) совпаденіе уровней зависитъ либо отъ одинаковыхъ гидростатическихъ условій, либо b) случайно и гидростатическіе законы обоихъ горизонтовъ различны.

Въ связи съ этимъ стоитъ вопросъ, будетъ ли при обнаженіи залежей вода нижняго горизонта оказывать сильное давленіе и грозить затопленіемъ всей разработки, или нѣтъ. Чтобы установить, съ какимъ изъ этихъ двухъ случаевъ придется имѣть дѣло, слѣдуетъ во время работъ по пониженію верхняго зеркала

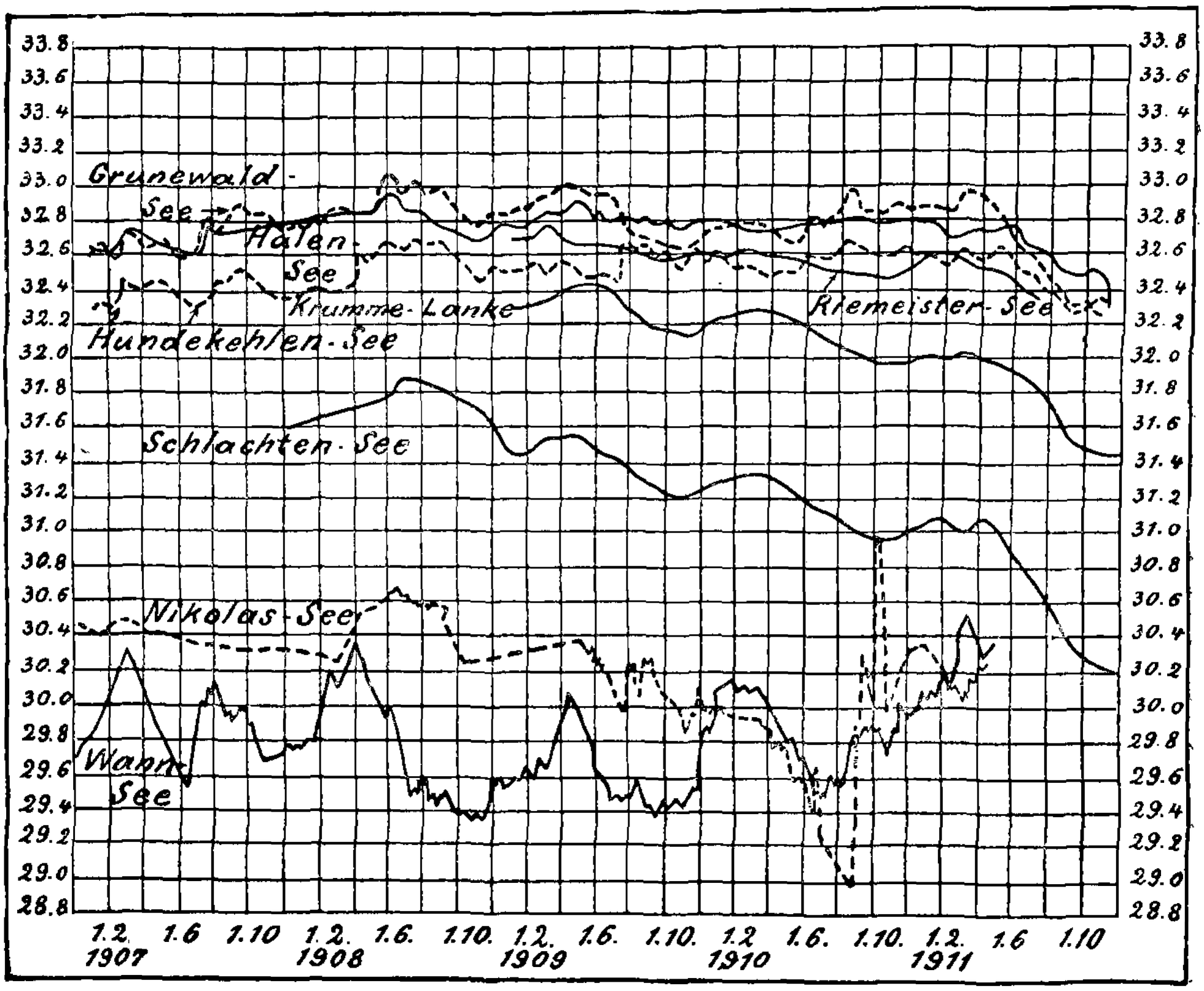
непрерывно контролировать нижнее посредствомъ пегельныхъ буровыхъ скважинъ. Если зеркало нижняго горизонта постепенно слѣдуетъ пониженію верхняго, то можно предположить, что оба горизонта находятся въ связи между собою. Чѣмъ тѣснѣе эта связь, тѣмъ быстрѣе будетъ падать давленіе нижняго горизонта, соотвѣтственно пониженію верхняго. Чѣмъ менѣе близка связь, чѣмъ болѣе длиненъ путь, по которому совершается выравниваніе, тѣмъ болѣе будетъ запаздывать уменьшеніе давленія нижняго горизонта послѣ совершившагося пониженія верхняго. И, наконецъ, если между обоими горизонтами не существуетъ никакой связи, то величина давленія нижняго горизонта сохранитъ свою первоначальную высоту, каково бы ни было пониженіе верхняго горизонта.

Два обширныхъ буроугольныхъ района въ южной части С. Германіи являются типичными для той и другой группы явленій. Въ Нидерлаузицѣ, въ нижнемъ угольномъ пластѣ давленіе нижнихъ водъ падаетъ пропорціонально попиженію верхнихъ; не то въ буроугольномъ районѣ Мейзельвицъ, гдѣ давленіе водъ нижняго горизонта остается постояннымъ даже въ томъ случаѣ, если зеркало верхняго горизонта оказывается опущеннымъ до нижней границы угольнаго пласта. Въ первомъ случаѣ, возможность прорыва воды снизу исключена, во второмъ — слѣдуетъ ея опасаться.

Другой вопросъ, связанный съ искусственнымъ пониженіемъ зеркала грунтовыхъ водъ, состоитъ въ томъ, какое отношеніе показываютъ открытыя поверхностныя воды, т. е. рѣки, ручьи, каналы, рвы и озера, находящіеся въ районѣ пониженія.

Уже въ 29 главѣ, при разсмотрѣніи вопроса о взаимоотношеніи грунтовыхъ водъ и поверхностныхъ водоемовъ, были отмѣчены такого рода случаи и было указано на то, что практическое рѣшеніе вопроса о томъ, будетъ ли при сильномъ пониженіи уровня грунтовыхъ водъ рѣчная вода проникать въ сосѣдніе рудники и копи, возможно лишь путемъ спеціальныхъ опытовъ. Съ этой цѣлью по сосѣдству рѣки, т. е. на разстояніи 50—100 м. отъ нея, выкапываются одинъ или нѣсколько колодцевъ до такой глубины, чтобы уровень грунтовыхъ водъ превышалъ на 10—20 м. дно колодца. Затѣмъ, по двумъ линіямъ, изъ которыхъ одна перпендикулярна къ рѣкѣ и которыя пересѣкаются подъ прямымъ угломъ въ колодцѣ, закладываются пегельныя буровыя скважины на разстояніяхъ 25, 50, 100 и 200 метровъ отъ колодца; далѣе, приступаютъ къ усиленной откачкѣ воды изъ колодца или изъ колодцевъ, если ихъ нѣсколько, и понижаютъ зеркало грунтовыхъ водъ на 8—10 м., поддерживая такое пониженіе въ теченіе нѣсколькихъ недѣль.

грунтѣ, находясь въ связи съ зеркаломъ грунтовыхъ водъ. Особенно, если имѣются многолѣтнія регулярныя пегельныя измѣренія, вопросъ этотъ рѣшается съ большою достовѣрностью. Путемъ примѣненія этого метода къ озерамъ Груневальда, близъ Берлина [1]), мы могли установить, что сѣверовосточная часть озеръ даетъ кривую воднаго зеркала, отражающую исключительно годичныя колебанія грунтовыхъ водъ, между тѣмъ какъ колебанія



Фиг. 118. Кривыя колебанія зеркала озеръ въ Груневальдѣ близъ Берлина.

Шлахтензее и Крумме Ланке указываютъ на продолжающееся длительное пониженіе. Изображеніе колебаній воднаго зеркала обѣихъ группъ озеръ на фиг. 118 ясно выражаетъ эти различія. Въ обѣихъ нижнихъ кривыхъ, относящихся къ понижающимся озерамъ, каждый минимумъ лежитъ ниже предыдущаго, также и каждый максимумъ, и приростъ въ періодъ нарастанія никогда не достигаетъ величины убыли въ предыдущій періодъ пониженія. Слѣдующая таблица, въ которой сопоставлены послѣдовательные максимумы и минимумы обоихъ озеръ, ясно показываетъ длительное уменьшеніе обѣихъ величинъ.

---

1) Keilhack, Grundwasserstudien IV, „Z. f. prakt. Geol.“ 1912, Heft II.

Во время этого опыта, для котораго наиболѣе подходящимъ временемъ надо считать самый холодный зимній мѣсяцъ или самый жаркій лѣтній, слѣдуетъ зорко слѣдить за всѣми измѣненіями воднаго зеркала, предварительно пронивеллированнаго, производя измѣренія два раза въ день какъ въ колодцѣ, гдѣ производится откачка, такъ и въ пегельныхъ скважинахъ; кромѣ того, слѣдуетъ измѣрять температуру воды въ колодцѣ, въ скважинахъ и въ рѣкѣ. Для измѣренія температуры употреблять термометры съ точностью до $^1/_{10}{}^0$ C. и съ восковой оболочкой шарика или же минимальные термометры со скалой отъ 0 до 20^0. Наблюденія въ пегельныхъ скважинахъ даютъ матеріалъ для точнаго построенія воронки пониженія; ея залеганіе подъ рѣкой и по ту сторону рѣки можетъ дать при этомъ цѣнную придержку для сужденія о естественной непроницаемости рѣчного ложа.

Температурныя измѣренія ведутъ къ тѣмъ же заключеніямъ: такъ какъ грунтовыя воды имѣютъ равномѣрную температуру, зимою болѣе высокую, а лѣтомъ болѣе низкую, нежели въ рѣкѣ, то по неизмѣняемости температуры откачиваемой воды можно сдѣлать заключеніе объ отсутствіи притока рѣчной воды; если же температура откачиваемой воды измѣняется, понижаясь — зимою и повышаясь — лѣтомъ, то это указываетъ на существующій притокъ изъ рѣки. Больше того, температурныя измѣренія даютъ возможность найти путемъ вычисленія относительную величину притока. Обозначивъ черезъ Q массу откачанной воды съ температурой t

Q_1 массу приходящейся сюда рѣчной воды съ . . . . „ t_1

Q_2 массу приходящейся сюда грунтовой воды съ . . . „ t_2

получимъ:

$$Q = Q_1 + Q_2 \text{ и } t \times Q = t_1 \times Q_1 + t_2 \times Q_2$$

Отсюда:

$$Q_1 = \frac{Q\,(t - t_2)}{(t_1 - t_2)};\; Q_2 = Q \cdot \frac{(t_1 - t)}{(t_1 - t_2)}$$

Чтобы искомыя величины получить сразу въ процентахъ общей массы, предположимъ, что количество откачанной грунтовой воды равно 100 съ температурой въ 6^0; если при этомъ рѣчная вода имѣетъ температуру, скажемъ, 2^0, нормальная грунтовая $= 9^0$, то, по вышеприведенной формулѣ,

$$Q_1 = \frac{100\,(6 - 9)}{2 - 9} = \frac{300}{7} = 42{,}8\,^0/_0$$

$$Q_2 = \frac{100\,(2 - 6)}{2 - 9} = \frac{400}{7} = 57{,}2\,^0/_0.$$

кальныя сначала трещины попали въ современное наклонное положеніе лишь вслѣдствіе позднѣйшаго нарушенія напластованія. Если же разсѣлины и трещины произошли уже послѣ складкообразованія и дислокаціи пластовъ, то онѣ имѣютъ преимущественно вертикальное положеніе.

Для изверженныхъ породъ эти различія, разумѣется, отпадаютъ; здѣсь образованіе діаклазовъ зависитъ отъ разнообразнѣйшихъ факторовъ, и изверженныя породы различны по расположенію, направленію и величинѣ трещинъ (столбы во многихъ базальтахъ, плиты — во многихъ фонолитахъ, пластины — въ однихъ гранитахъ, неправильныя глыбы — въ другихъ)

Водоносность непроницаемыхъ слоистыхъ породъ пріурочена частью къ пластовымъ трещинамъ, частью къ другимъ пустотамъ, трещинамъ и разсѣлинамъ, при чемъ послѣдняя группа пустотъ представляется въ этомъ отношеніи наиболѣе важной. Какъ въ случаѣ рыхлыхъ водопроницаемыхъ породъ, такъ и въ случаѣ твердыхъ породъ, надо различать, является ли порода водоносной непрерывно на значительную глубину, или же ея водоносность прерывается вслѣдствіе чередованія съ пластами совершенно непроницаемыми, т. е. съ лишенной трещинъ породою. Слѣдуетъ, далѣе, различать, залегаетъ ли непроницаемое основаніе такой водоносной системы **выше** дна наиболѣе глубокой въ данной области долины, или же **ниже** его. Въ послѣднемъ случаѣ водоносность скважистой породы можетъ простираться вглубь до самаго непроницаемаго основанія, если даже оно залегаетъ на сотни метровъ ниже глубочайшей долины.

Нельзя, однако, предполагать безусловную водоносность такихъ глубокихъ слоевъ: во многихъ случаяхъ опытъ показалъ, что, несмотря на всѣ видимые благопріятные признаки, породы и горизонты, вполнѣ надежные въ этомъ отношеніи, противъ всякаго ожиданія, оказывались неводоносными.

Это явленіе можетъ быть обусловлено различнаго рода причинами. Возможенъ тотъ случай, что, вслѣдствіе давленія вышележащихъ слоевъ, діаклазы горной породы находятся въ латентномъ состояніи и закупорены герметически, что, разумѣется, исключаетъ какую бы то ни было водоносность: но чаще будетъ, вѣроятно, наблюдаться тотъ случай, что водоносныя пустоты первоначально существовали и въ этихъ глубокихъ слояхъ, впослѣдствіи, однако, исчезли по одной изъ слѣдующихъ двухъ причинъ:

a) Наличныя пустоты были закупорены происшедшими путемъ химическаго выдѣленія минеральными новообразованіями, каковы: кварцъ, известковый шпатъ, арагонитъ и руды.

b) Заполненіе пустотъ произошло механическимъ путемъ,

Наконецъ, можно въ этомъ случаѣ произвести еще опытъ окрашиванія, для чего въ рѣку вверхъ по теченію отъ мѣста откачки вносятъ нѣкоторое достаточное количество раствора уранина и затѣмъ слѣдятъ за появленіемъ красящаго вещества въ откачиваемой водѣ, поступая при этомъ такъ, какъ будетъ подробно описано въ одной изъ слѣдующихъ главъ.

Подробныя теоретическія данныя о законахъ пониженія водного зеркала при искусственной откачкѣ можно найти у Luеger, Die Wasserversorgung der Städte, стр. 417 ff. (книга издана и на русск. яз.) и у Kyrieleis, Über Grundwasserabsenkung bei Fundierungsarbeiten, Berlin, Julius Springer 1911.

4. Подземныя воды въ твердыхъ въ общемъ водопроницаемыхъ породахъ.

ГЛАВА 33.

Подземныя воды въ обыкновенныхъ твердыхъ породахъ.

Хотя движеніе грунтовыхъ водъ въ твердыхъ, трещиноватыхъ и поэтому проницаемыхъ въ общемъ, породахъ и не отличается по существу отъ движенія въ рыхлыхъ водопроницаемыхъ породахъ, то все же въ практическомъ отношеніи замѣчаются довольно важныя различія, вслѣдствіе чрезвычайнаго разнообразія формы и величины заполненныхъ водою пустотъ. Въ то время какъ въ рыхлыхъ обломочныхъ породахъ водоносныя пустоты образуютъ мельчайшую сѣть, въ плотныхъ породахъ онѣ либо широко раздвинуты, либо тѣсно скучены, представляя то мельчайшія волосныя трещины, то обширныя, открытыя разсѣлины. Къ этому, въ качествѣ дальнѣйшаго различія, присоединяется то обстоятельство, что горизонтальное соединеніе отдѣльныхъ трещинъ почти или совершенно отсутствуетъ, и трещинныя воды заполняютъ пустоты, образующія границы призматическихъ или цилиндрическихъ отдѣльностей породъ. Въ слоистыхъ породахъ, т. е. въ особенно склонныхъ къ образованію трещинъ изверженныхъ породахъ, а изъ осадочныхъ — въ известнякахъ, доломитахъ, кристаллическихъ сланцахъ и песчаникахъ — трещины вообще располагаются вертикально къ наслоенію. При горизонтальномъ наслоеніи — пустоты образуютъ сѣть вертикальныхъ трещинъ, при наклонномъ положеніи пластовъ — трещины наклонны, и если пласты поставлены на голову, — трещины горизонтальны. Сказанное приложимо, однако, лишь къ тѣмъ случаямъ, когда трещинообразованіе предшествовало дислокаціи пластовъ и верти-

черезъ отложеніе изъ воды глинистой мути, проникшей либо съ поверхности, либо происшедшей при химическомъ раствореніи сосѣднихъ горныхъ породъ, въ результатѣ чего пустоты оказались совершенно закупоренными глинистой массой. Подобныя суглинистыя образованія представляютъ явленіе чрезвычайно часто наблюдаемое въ различныхъ изверженныхъ породахъ, въ кристаллическомъ сланцѣ, въ известнякахъ. Отложенія закупоривающихъ глинистыхъ частицъ не наблюдается тамъ, гдѣ воды, заполняющія породу, находятся въ движеніи, т. е. выше уровня наиболѣе глубокаго эрозіоннаго разрѣза и въ нѣкоторой полосѣ (т. наз. пассивной зонѣ) ниже этого уровня. Ниже пассивной зоны воды застаиваются совершенно (нейтральная зона), и лишь здѣсь можетъ происходить постепенная закупорка пустотъ.

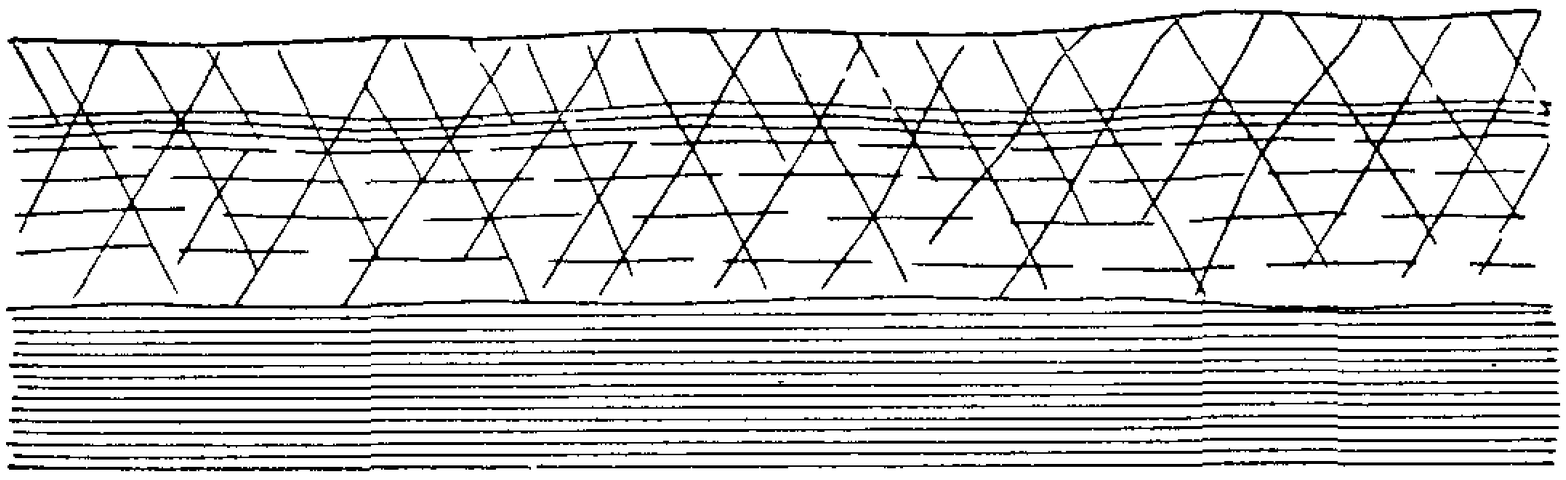
Послѣдующія измѣненія водоносныхъ пустотъ могутъ, однако, носить и противоположный характеръ, т. е. пустоты могутъ подвергаться расширенію. Большею частью, расширеніе происходитъ путемъ химическаго растворенія (коррозія), рѣже — механическимъ путемъ, посредствомъ подземной эрозіи. Явленіе расширенія пустотъ наблюдается особенно часто въ известнякахъ и доломитахъ, и въ слѣдующей главѣ, при разсмотрѣніи гидрографіи карстовыхъ областей, оно будетъ описано болѣе детально.

Происхожденіе пустотъ и скважинъ въ непроницаемыхъ породахъ и, вмѣстѣ съ тѣмъ, ихъ водоносность тѣсно связаны съ геологическимъ прошлымъ данной области. Если на поверхности залегаютъ обширные неразрушенные пласты осадочныхъ породъ, то процессъ трещинообразованія ограничивается поверхностными горизонтами и быстро прекращается по направленію вглубь. Если же данная область была ареной сильныхъ тектоническихъ движеній, если пласты приподняты, сдвинуты, переброшены, то можно предположить сильную раздробленность породъ, изобиліе пустотъ и трещинъ, простирающихся на большую глубину и, вмѣстѣ съ тѣмъ, сильную водоносность даже болѣе глубокихъ слоевъ горной породы.

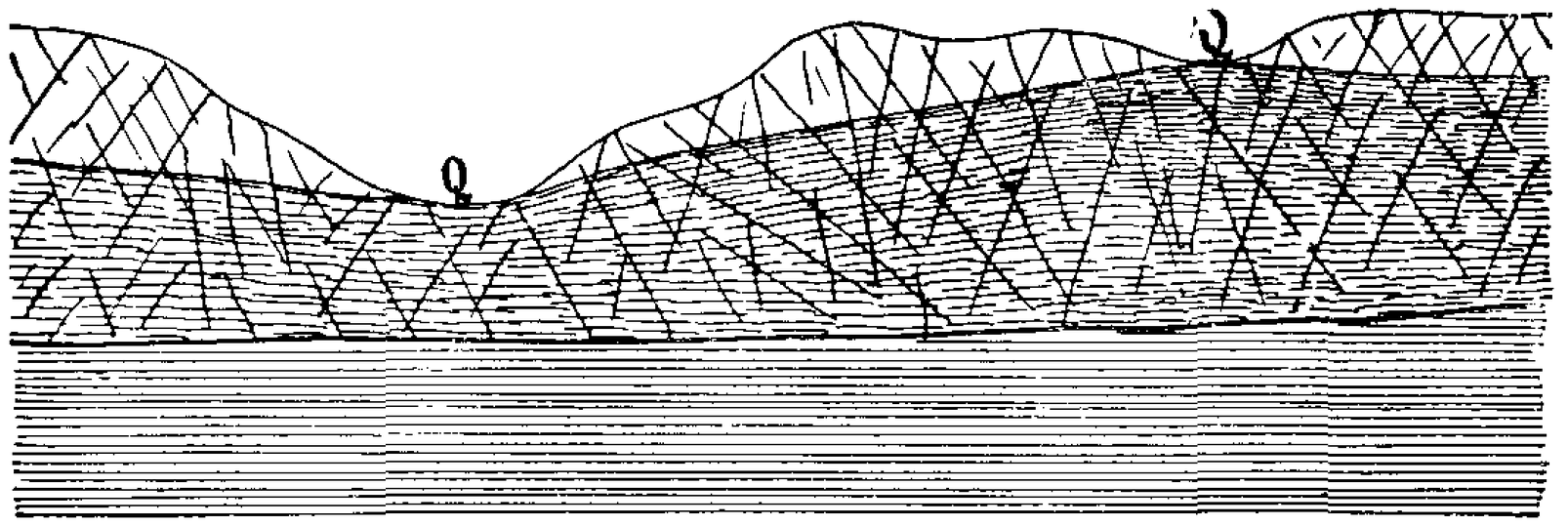
Мнѣніе, высказанное Дооктнсомъ, что выпуклины складокъ всегда богаче трещинами, нежели мульды, данными нашей практики пока не подтверждается, такъ какъ, по нашимъ наблюденіямъ, разницы въ этомъ отношеніи между выпуклинами и мульдами не оказывается.

Разстоянія между отдѣльными діаклазами чрезвычайно различны: есть породы, въ которыхъ сѣть водоносныхъ трещинъ настолько густа, что каждый колодецъ, заложенный въ любомъ мѣстѣ, непремѣнно нападаетъ на воду (фиг. 119) и что грунто-

выя воды выходятъ на поверхность въ каждой долинѣ и впадинѣ (Q на фиг. 120). Фигуры 119 и 120, по Добрэ, представляютъ условія грунтовыхъ водъ на большихъ мѣловыхъ плато Шампани. Есть области, въ которыхъ трещины, быть можетъ и многочисленныя, представляютъ лишь волосныя трещины, не открытыя и, разумѣется, не водоносныя, между тѣмъ какъ открытыя водоносныя трещины встрѣчаются лишь рѣдко, черезъ большіе промежутки. Если при этомъ трещины залегаютъ наклонно, то при буреніи легче наткнуться на воду, нежели въ томъ случаѣ, если трещины вертикальны, когда возможно такое стеченіе условій, что буровая скважина, окруженная со всѣхъ сторонъ водо-



Фиг. 119.



Фиг. 120.

носными трещинами, все же не получитъ воды, такъ какъ заложена въ безводной призматической отдѣльности горнаго массива (ср. по этому поводу главу о торпедированіи буровыхъ скважинъ). Въ такихъ случаяхъ буровыя скважины, лежащія въ непосредственномъ сосѣдствѣ, могутъ дать совершенно различные результаты. Такъ, по сообщенію ванъ-Изендика, въ Англіи, близъ Lea Brigge Station, со дна шахты, общая глубина которой равнялась 200 футамъ, по всѣмъ направленіямъ были пробиты ходы, оставшіеся совершенно сухими, между тѣмъ какъ такой же ходъ, заложенный въ той же шахтѣ на глубинѣ 150 футовъ, наткнулся на водоносную трещину, дававшую ежедневно 13000 куб. м. воды. Уайтекеръ изъ Суффолка сообщаетъ, что три сосѣднихъ колодца открыли воду одинъ на глубинѣ 202, другой — 380 и третій — 580 футовъ, т. е. на совер-

шенно различныхъ глубинахъ. Очень часто въ такихъ случаяхъ наблюдается, что открытая на различной глубинѣ вода поднимается въ буровыхъ скважинахъ до одного и того же уровня, соотвѣтствующаго общему уровню подземныхъ водъ, откуда можно сдѣлать заключеніе о болѣе или менѣе совершенной связи отдѣльныхъ трещинъ.

Но во многихъ случаяхъ такія трещинныя воды совершенно не поднимаются въ скважинахъ или поднимаются недостаточно высоко. Причина этого можетъ заключаться въ закупоркѣ трещинъ глинистыми пробками, происшедшими путемъ растворенія кристаллическихъ породъ, глинистыхъ известняковъ или доломитовъ и послѣдующаго отложенія глинистыхъ частицъ въ изгибахъ и съуженіяхъ трещинъ, вслѣдствіе чего связь между трещинными водами верхнихъ и нижнихъ горизонтовъ оказалась нарушенной — и гидростатическій подъемъ воды невозможенъ.

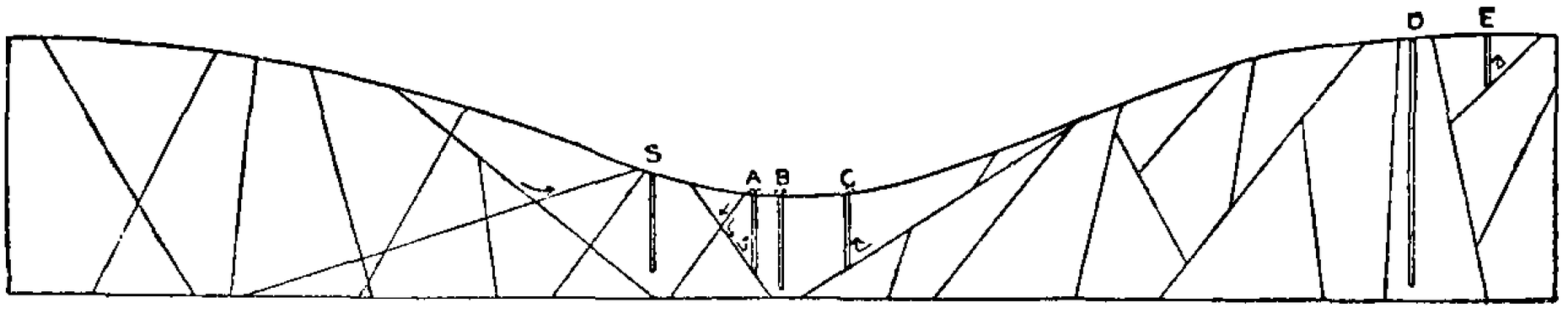
Быстрота движенія грунтовыхъ водъ въ твердыхъ водопроницаемыхъ породахъ несравненно значительнѣе, нежели въ рыхлыхъ обломочныхъ породахъ. Это безусловно зависитъ отъ меньшаго тренія въ первыхъ. Движеніе воды въ рыхломъ водоносномъ слоѣ, напр., въ пескѣ, можно сравнить съ движеніемъ въ песчаномъ фильтрѣ, между тѣмъ какъ движеніе въ трещиноватой породѣ аналогично скорѣе движенію воды въ сѣти трубокъ. Такой взглядъ подтверждается и числами, найденными для быстроты теченія грунтовыхъ водъ, которая для мелкозернистыхъ водоносныхъ слоевъ съ сильнымъ треніемъ равняется 1 метру, а иногда лишь нѣсколькимъ сантиметрамъ за день, для трещиноватыхъ же породъ можетъ достигать нѣсколькихъ километровъ.

Уже при нормальныхъ условіяхъ, т. е. въ водоносномъ слоѣ, пересѣченномъ многочисленными трещинами, въ отдѣльныхъ колодцахъ замѣчаются различія въ высотѣ стоянія воднаго зеркала, которыя не могутъ быть объяснены теченіемъ грунтовыхъ водъ и уклономъ ихъ поверхности. Такія ненормальныя различія въ высотѣ особенно ясно обнаруживаются послѣ сильныхъ осадковъ. Наблюдалось, что осадки въ 2 см. повышали водный уровень нѣкоторыхъ колодцевъ на нѣсколько дециметровъ. Явленіе это связано съ тѣмъ обстоятельствомъ, что въ узкихъ трещинахъ треніе больше, нежели въ широкихъ, что въ мѣстѣ съуженія широкой трещины, отводящей большія массы воды, происходитъ задержка стока, ведущая къ повышенію уровня водъ, направляющихся къ этому мѣсту; при этомъ повышеніе будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ менѣе трещинъ имѣется для отвода выпавшихъ и проникшихъ въ почву атмосферныхъ осадковъ. Дальнѣйшая дифференціація въ этомъ отношеніи, т. е. все возрастающія различія

въ высотѣ стоянія сосѣднихъ грунтовыхъ водъ, служитъ признакомъ отсутствія непрерывной водной массы и ведетъ къ условіямъ, съ которыми мы познакомимся въ слѣдующей главѣ.

Въ томъ случаѣ, если рѣка течетъ параллельно системѣ главныхъ діаклазовъ слоистой породы, нерѣдко можно наблюдать, что наиболѣе крупные и богатые водою діаклазы сопровождаютъ долину, т. е. тянутся по дну долины или въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ нимъ, по краямъ ея. Сказанное приложимо особенно къ известняковымъ областямъ, такъ какъ въ этомъ явленіи выдающуюся роль играетъ расширеніе трещинъ путемъ химическаго растворенія, которое въ области рѣчныхъ долинъ протекаетъ, разумѣется, наиболѣе энергично.

Въ изверженныхъ породахъ распредѣленіе трещинъ существенно разнится отъ такового въ осадочныхъ. За исключеніемъ того менѣе важнаго вида трещиноватости, который обусловленъ



Фиг. 121.

столбчатымъ и пластинчатымъ разслоеніемъ породы, большинство изверженныхъ породъ, особенно глубинныхъ, разложены на отдѣльности посредствомъ трещинъ, слѣдующихъ другъ за другомъ на разстояніи нѣсколькихъ метровъ и залегающихъ вертикально или наклонно подъ различными углами. Эти трещины имѣютъ, большею частью, лишь незначительный діаметръ, малый просвѣтъ, особенно на глубинѣ, соотвѣтственно чему даютъ лишь незначительное количество воды, которое можетъ быть достаточнымъ для нуждъ отдѣльныхъ поселеній, но совершенно недостаточно для цѣлей промышленныхъ.

При полномъ отсутствіи правильности въ распредѣленіи трещинъ, успѣхъ бурения зависитъ всецѣло отъ случая. На фиг. 121, заимствованной у Ф. Г. Клэппъ[1]), показано, какъ при извѣстныхъ условіяхъ колодецъ, доведенный въ гранитѣ до глубины нѣсколькихъ сотъ футовъ, можетъ оказаться совершенно неудачнымъ (B, D, S), въ то время какъ сосѣдній, встрѣтившій на своемъ пути нѣсколько трещинъ, изобилуетъ водою. Въ этомъ случаѣ колодецъ по мѣрѣ углубленія будетъ все болѣе обога-

1) F. G. Clapp. Occurence and composition of well waters in the granites of New England. — U. S. Geol. Surv. Water-Supply, Paper 258, стр. 40.

щаться водой, но можетъ и потерять всю свою воду, если наткнется на безводную трещину. Вслѣдствіе всѣхъ этихъ неправильностей, легко можетъ случиться, что изъ двухъ колодцевъ, отстоящихъ всего на какихъ-нибудь 15 метровъ, одинъ оказывается удачнымъ, другой — совершенно неудавшимся. Клэппъ сдѣлалъ попытку добыть цифровыя данныя для обѣихъ группъ буреній и составилъ слѣдующую таблицу:

Дебитъ (галлоновъ въ мин.)	Число колодцевъ съ глубиною					Число колодц.
	50—100 футовъ	100—200 футовъ	200—300 футовъ	300—400 футовъ	больше 400 футовъ	
1— 5	7	5	2	2	—	16
6—10	5	1	—	—	—	6
11—50	6	7	5	—	—	18
Больше 50	1	1	1	—	—	3
Удачно, дебитъ неизвѣстенъ . . .	19	6	3	—	1	29
Слишкомъ мало воды	2	2	3	—	1	8
Вода негодная . .	—	—	—	1	—	1
Число колодцевъ .	40	22	15	3	2	81
Успѣшно въ проц.	95	91	73	67	50	87

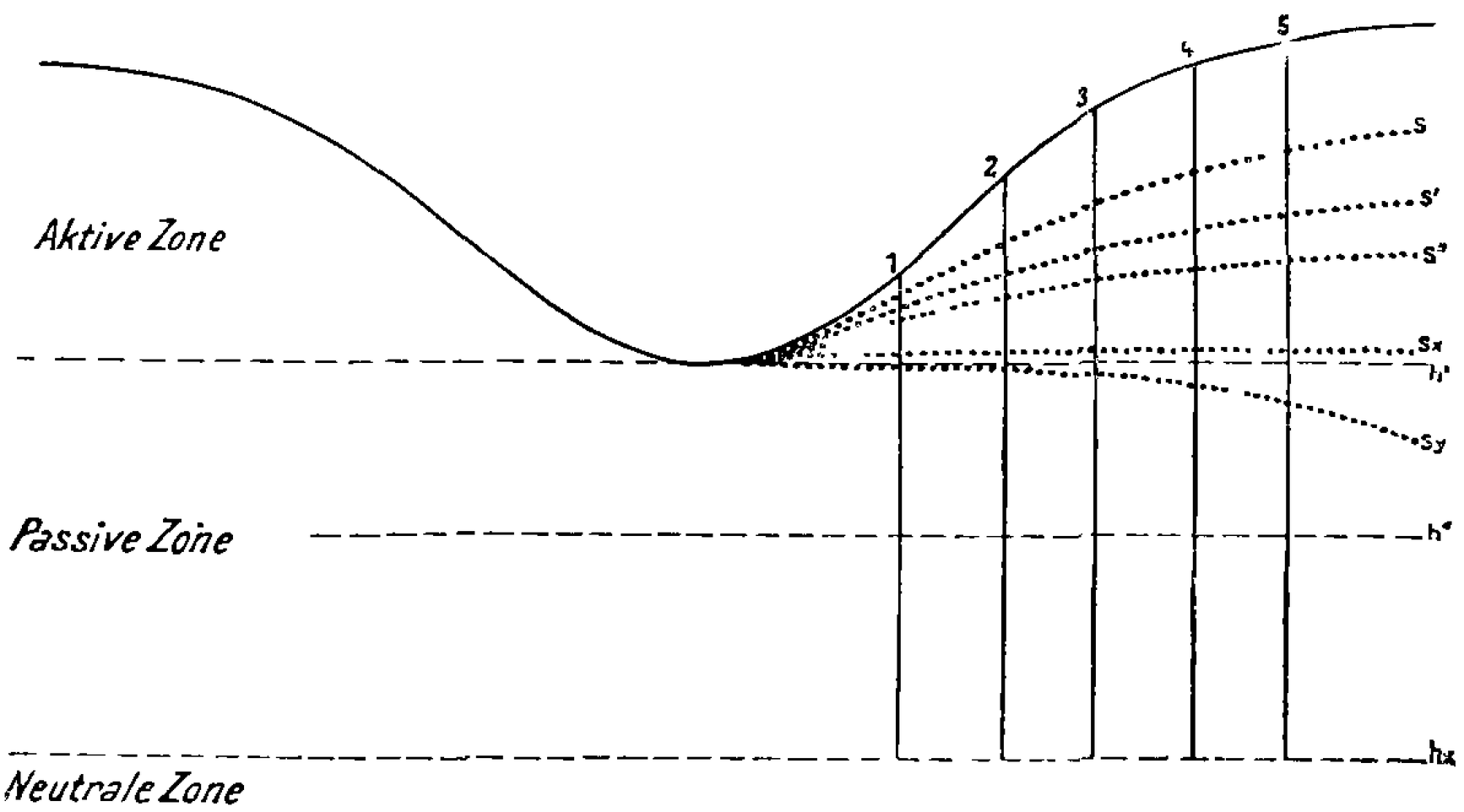
По этимъ даннымъ, успѣхомъ увѣнчались 87 % изъ числа всѣхъ буреній въ гранитѣ. Клэппъ совѣтуетъ не бросать буровой скважины раньше достиженія ею глубины въ 60 м., но, согласно даннымъ своей статистики, онъ не можетъ рекомендовать продолженія буренія по достиженіи этого предѣла.

Если буровая скважина, доведенная до 60 м. глубины, оказывается неудачной, то можно расчитывать на успѣхъ, если на разстояніи примѣрно 30 метровъ отъ нея заложить новую скважину.

Выше указывалось на то, что въ нѣкоторой области грунтовыхъ водъ, пересѣченной системой долинъ, нижняя граница движущейся воды отнюдь не совпадаетъ съ плоскостью, проходящей черезъ наиболѣе глубокій источникъ или наиболѣе глубокое мѣсто обнаженія грунтовыхъ водъ. Въ самомъ дѣлѣ, Дандримонъ своими опытами показалъ, что въ слояхъ, лежащихъ ниже этой плоскости, точно также совершаются движенія воды — восходящія и нисходящія. Схематическое изображеніе этихъ движеній дано на фиг. 122 по Дандримону[1]). Достигнутые имъ результаты были получены

1) R. D'Andrimont, Note préliminaire sur une nouvelle méthode pour

грунтовыя воды либо находятся въ покоѣ, либо обнаруживаютъ движенія, совершенно независимыя отъ движеній активной зоны. Верхняя граница этой нейтральной зоны залегаетъ несравненно глубже, нежели полагали до сихъ поръ. Дандримонъ сдѣлалъ попытку установить глубину залеганія этой границы (фиг. 123). Авторъ по этому поводу высказывается слѣдующимъ образомъ: „Мы знаемъ, что поверхность грунтовыхъ водъ образуетъ выпуклую кривую болѣе или менѣе параболическаго вида. Эту кривую можно установить посредствомъ ряда буровыхъ скважинъ 1, 2, 3, 4, 5, доходящихъ какъ разъ до водоноснаго слоя. Если углубить эти скважины до плоскости, обозначенной горизонталью h_1, и предположить, что стѣнки скважинъ непрони-



Фиг. 123.

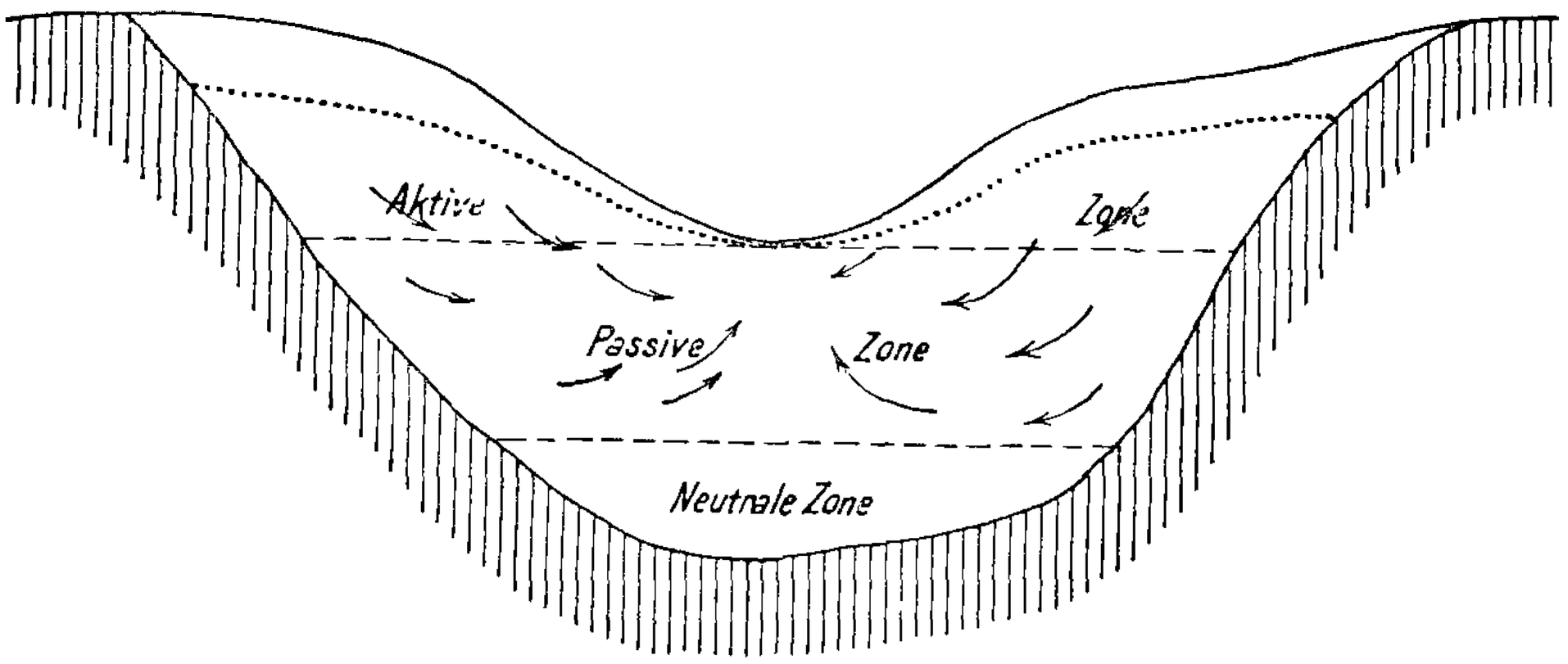
цаемы и сообщеніе съ грунтовой водой возможно только черезъ дно скважинъ, то водная поверхность въ нихъ соотвѣтственно уменьшенію давленія на глубинѣ h′, поднимется только до линіи S′. Эта кривая согласуется съ кривою S, отличается лишь нѣкоторымъ спрямленіемъ. Дальнѣйшее углубленіе скважинъ до плоскости h″ при одинаковыхъ условіяхъ дало бы еще болѣе плоскую кривую водной поверхности скважинъ, а именно S″.

Наступитъ, наконецъ, моментъ, когда скважины достигнутъ глубины h_x, а кривая S_x станетъ горизонтальной. Достигнутая въ этотъ моментъ глубина буровыхъ скважинъ будетъ соотвѣтствовать границѣ между пассивной и нейтральной зонами, отмѣченными на фиг. 122 и 123. Однако и въ нейтральной зонѣ можетъ наблюдаться движеніе воды, отличное здѣсь отъ движенія въ активной и пассивной зонахъ. Было бы, напр., возможно, углубленіемъ буровыхъ скважинъ до нѣкоторой плоскости h_y, лежащей въ предѣлахъ нейтральной зоны, получить кривую водной

путемъ введенія зеренъ марганцево-кислаго кали въ различныя сообщающіяся между собою части водоноснаго слоя для установленія путей окрашенныхъ струй. У него по этому поводу сказано:

1. „Въ простѣйшемъ случаѣ скопленія грунтовыхъ водъ въ области долины и подъ вліяніемъ послѣдней путь (trajectoire) водной молекулы образуетъ кривую правильнаго вида съ выпуклиной, обращенной кверху“.

2. „Большинствомъ геологовъ безъ возраженій принято положеніе, что въ открытой грунтовой водѣ можно различать части активную и пассивную. По принятому опредѣленію, активною или подвижною частью грунтовыхъ водъ слѣдуетъ считать тотъ ихъ слой, который залегаетъ выше горизонтальной плоскости,



Фиг. 122.

проходящей черезъ наиболѣе глубокое мѣсто стока грунтовыхъ водъ. Пассивная часть, не принимающая участія въ общемъ движеніи грунтовыхъ водъ, залегаетъ ниже этой плоскости“.

Однако, опыты Дандримона показали, что это общепринятое опредѣленіе пассивной части грунтовыхъ водъ неправильно, что и ниже вышеупомянутой плоскости паблюдаются сильныя восходящія и нисходящія движенія, какъ показано стрѣлками на фиг. 122, что, поэтому, граница неподвижныхъ водъ залегаетъ значительно глубже принимаемой. Авторъ предлагаетъ сохранить обозначеніе „активной зоны“ за той частью грунтовыхъ водъ, которая лежитъ выше плоскости, проложенной черезъ наиболѣе глубокое мѣсто стока грунтовыхъ водъ, „пассивной зоной“ называть ту часть, въ которой завершаются движенія, получившія начало въ активной зонѣ и, наконецъ, различать третью зону, которую мы назовемъ „нейтральной“, въ которой

étudier expérimentalement l'allure des nappes aquifères dans les terrains perméables en petit. „Soc. géol. de Belgique“, Mém, стр. 115.

надъ трещиной, связью ея съ провалами, черезъ которые поверхностныя воды уходятъ въ землю, и положеніемъ трещины въ системѣ. Послѣднее условіе объясняется тѣмъ обстоятельствомъ, что крайнія трещины нѣкоторой системы, вообще, наиболѣе богаты водою, такъ какъ онѣ первыя принимаютъ воду, стекающую съ сосѣднихъ склоновъ. Соотвѣтственно этому, въ рядѣ источниковъ, изливающихся изъ трещинъ одной и той же системы, крайніе источники, вообще говоря, будутъ наиболѣе богатыми. Условія стока изъ трещинъ зависятъ отъ той легкости, съ которой вода можетъ по нимъ протекать“.

Условія добычи воды чрезвычайно неблагопріятны въ такихъ системахъ горныхъ породъ, которыя, вслѣдствіе своего глинистаго характера, лишены свойства трещиноватости или же въ которыхъ происшедшія при тектоническихъ движеніяхъ трещины и скважины вновь давнымъ-давно закрылись подъ напоромъ вышележащихъ горныхъ массъ, т. е. прежде всего въ палеозойскихъ сланцевыхъ областяхъ съ преобладаніемъ шиферныхъ породъ. Вывѣтрившіеся съ поверхности и перешедшіе въ пластическую глину сланцы образуютъ совершенно непроницаемый слой, который абсолютно лишенъ способности поглощенія атмосферныхъ осадковъ; *прониканіе воды изъ сосѣднихъ областей*, относящихся, быть можетъ, болѣе благопріятно къ поглощенію воды, также невозможно, за отсутствіемъ трещиноватости. Поэтому водныя условія такихъ шиферныхъ областей, большею частью, крайне неблагопріятны. Здѣсь могутъ помочь лишь болѣе значительныя включенія твердыхъ породъ, будь то изверженныя породы, или кварциты, или кристаллическіе известняки, которые, вслѣдствіе совершенно иныхъ свойствъ, надѣлены способностью сохраненія трещинъ, образовавшихся при горообразовательныхъ процессахъ.

Если подобныя включенія при достаточной мощности достигаютъ значительнаго пространственнаго развитія, то можно расчитывать съ нѣкоторою вѣроятностью на присутствіе въ нихъ воды. Такого рода сланцевую область представляютъ обширныя части Саксонско-Тюрингенскихъ увалovъ, такъ наз. Фогтландъ. Здѣсь-то, заложеніемъ трехъ буровыхъ скважинъ глубиною 70 до 100 м. въ мощномъ включеніи круто падающихъ кембрійскихъ кварцитовъ, пересѣкающихъ долину рѣки Эльстеръ близъ города Грейцъ, намъ удалось открыть настолько богатые водные источники, что оказалось возможнымъ замѣнить сомнительныхъ качествъ рѣчное водоснабженіе города ключевымъ. Буренія въ этихъ случаяхъ наиболѣе цѣлесообразно производить въ такихъ точкахъ, гдѣ подобныя включенія пересѣкаются наиболѣе глубо-

поверхности въ скважинахъ, соотвѣтствующую линіи S_y. Она указывала бы на то, что вода нейтральной зоны течетъ въ обратномъ направленіи, направо, къ другому, болѣе глубокому мѣсту стока подземныхъ водъ.

Явленіе противоположнаго движенія въ верхнихъ и нижнихъ частяхъ одного и того же водоноснаго слоя наблюдались неоднократно; такъ, по сообщенію Динера[1]), въ долинѣ рѣки Ваннъ, питающій колодцы потокъ грунтовой воды движется съ сѣверо-востока на юго-западъ, между тѣмъ какъ болѣе глубокія трещинныя воды движутся съ сѣвера на югъ. Оба горизонта раздѣлены между собою лишь тонкимъ пластомъ малой проницаемости. Противоположныя вертикальныя движенія наблюдались даже въ одной и той же трещинѣ или въ одной и той же системѣ трещинъ. Шардтъ сообщаетъ, что при постройкѣ Симплонскаго тунеля была открыта трещина, въ которой наблюдались восходящія и нисходящія движенія, съ различною температурою воды.

Хорошо изученная въ гидрографическомъ отношеніи область богатой водою трещиноватой твердой породы имѣется на мѣловомъ плато между Падерборнъ и Эггегебирге. Штилле[2]) пишетъ объ этой области слѣдующее: „Движеніе водъ, циркулирующихъ здѣсь въ пленеровыхъ известнякахъ, обусловлено тектоническими условіями области, и лишь въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ отсутствуютъ хорошо развитыя тектоническія трещины, направленіе водныхъ путей опредѣляется, какъ будто, исключительно подземной эрозіей.

Подобно тому, какъ система трещинъ состоитъ изъ ряда параллельныхъ трещинъ, и система грунтовыхъ водъ въ данномъ случаѣ составлена изъ многихъ отдѣльныхъ, приблизительно одинаково направленныхъ, водныхъ путей, которыя иногда сообщаются между собой, но иногда на большомъ протяженіи сохраняютъ полную взаимную независимость водоносности двухъ сосѣднихъ трещинъ, что выражается въ различіяхъ въ высотѣ стоянія воды, въ физическихъ и химическихъ свойствахъ воды, такъ что изъ сосѣднихъ трещинъ одной и той же системы выходятъ иногда источники, рѣзко различающіеся какъ по температурѣ, такъ и по чистотѣ воды и по содержанію въ ней хлора.

Высота водной поверхности въ трещинѣ зависитъ отъ условій притока и стока, притокъ же обусловленъ развитіемъ рельефа

---

1) F. Dienert, Hydrologie agricole, Paris 1907.

2) Stille, Geologisch-hydrologische Verhältnisse im Ursprungsgebiet der Paderquelle zu Paderborn. „Abhandl. d. Preuss. Geol. Landesanstalt“. Neue Folge, Heft 38.

кими долинами. Опредѣляется прежде всего направленіе ихъ пластовъ и ихъ уклонъ, и тогда уже буровыя скважины закладываются такимъ образомъ, чтобы онѣ сначала проходили черезъ непроницаемый глинистый сланецъ и лишь на болѣе значительной глубинѣ попадали въ трещиноватую породу. Такъ какъ водное зеркало такихъ трещинъ, вообще, будетъ согласовано съ поверхностью грунтовыхъ водъ долины, то естественнымъ слѣдствіемъ отсюда будетъ подъемъ воды въ скважинахъ почти до самой земной поверхности.

Изъ всего сказаннаго уже должно быть ясно, что образованіе единаго, непрерывнаго воднаго зеркала въ твердыхъ породахъ не можетъ совершаться столь просто, какъ въ рыхлыхъ, проницаемыхъ породахъ, что образованію такой водной поверхности противодѣйствуетъ цѣлый рядъ причинъ, каковы: сильное измѣненіе тренія вслѣдствіе съуженія и даже закупорки водоносныхъ трещинъ и послѣдующее ихъ соединеніе, скрещиваніе нѣсколькихъ системъ трещинъ неодинаковаго развитія.

Чѣмъ равномѣрнѣе разсѣчена порода, чѣмъ меньше разстояніе и чѣмъ однообразнѣе ширина водоносныхъ трещинъ, тѣмъ болѣе простой видъ имѣетъ поверхность грунтовыхъ водъ; и, наоборотъ, — чѣмъ менѣе правильности въ направленіи трещинъ, чѣмъ больше разнообразія въ ихъ ширинѣ, въ ихъ взаимныхъ разстояніяхъ, чѣмъ менѣе поперечныхъ соединительныхъ путей, тѣмъ труднѣе получить единое, непрерывное зеркало грунтовыхъ водъ.

Когда, наконецъ, неправильности такого рода достигаютъ высокаго развитія, что особенно часто наблюдается въ известковыхъ и доломитовыхъ толщахъ. мы имѣемъ дѣло съ крайне своеобразнымъ движеніемъ водъ въ трещиноватыхъ породахъ — и здѣсь уже не можетъ быть рѣчи о зеркалѣ грунтовыхъ водъ, въ обыкновенномъ смыслѣ этого слова. Съ такими условіями мы познакомимся болѣе близко въ слѣдующей главѣ, при разсмотрѣніи карстовыхъ областей.

ГЛАВА 34.

Гидрографическія условія карстовыхъ областей [1]).

Совершенно особаго разсмотрѣнія заслуживаютъ условія тѣхъ горныхъ областей, которыя соединяются въ одну группу подъ общимъ морфологическимъ названіемъ „карстовыхъ областей“. Эти области отличаются отъ прочихъ, во-первыхъ, своими

1) Въ главныхъ чертахъ по Dr. Fr. Katzer: Karst und Karsthydrographie. Sarajewo 1909.

характерными формами поверхности, а затѣмъ своеобразнымъ характеромъ циркуляціи подземныхъ водъ, совершающейся въ запутанной системѣ путей.

Карстовыя области встрѣчаются во всѣхъ географическихъ широтахъ, и процессу карстообразованія могутъ подвергаться породы всѣхъ вообще системъ.

Свойства породъ важны въ томъ отношеніи, что необходимымъ условіемъ является нѣкоторая растворимость ихъ въ водѣ. Поэтому карстовыя явленія пріурочены, главнымъ образомъ, къ известняковымъ и доломитовымъ областямъ, хотя встрѣчаются также и въ районахъ зележей гипса и каменной соли. Въ Европѣ карстовые ландшафты широко распространены на Балканскомъ полуостровѣ вдоль Адріатическаго моря отъ Крайны до Греціи, въ сѣверной Венгріи, въ Италіи, Испаніи и южной Франціи.

Явленія карстообразованія наиболѣе рѣзко выражены тамъ, гдѣ карстообразовательный массивъ обладаетъ значительной мощностью и наиболѣе глубокія долины не достигаютъ его основанія. Такія образованія обозначаются терминомъ „глубокій карстъ“ и противопоставляются „мелкому карсту,“ въ которомъ карстовая порода образуетъ лишь слой незначительной мощности на некарстовомъ основаніи, которое въ этомъ случаѣ обнажается на днѣ долинъ или же непрерывно занимаетъ обширныя площади, при чемъ карстовая порода является въ видѣ отдѣльныхъ изолированныхъ острововъ. Европейскія карстовыя области пріурочены къ известняковымъ толщамъ всѣхъ системъ, отъ девона до міоцена, но, главнымъ образомъ, — къ известнякамъ третичнымъ и мѣловымъ.

Всѣ карстовыя явленія объясняются совмѣстнымъ дѣйствіемъ эрозіи и процесса растворенія породъ въ водѣ. Особенной чистоты известняковъ и доломитовъ для карстообразованія не требуется; извѣстны типичные карстовые ландшафты, въ которыхъ некарбонатная часть составляетъ отъ $^1/_4$ до $^1/_3$ всей массы.

Имѣются четыре различныя формы поверхности, обусловливающія своеобразную морфологію карстоваго ландшафта, а именно:

1. Карры или шратты.
2. Воронки или „долины“.
3. Мульды.
4. Провалья или „полья“.

Карры не что иное, какъ желобки, борозды и каналы, отдѣленные хребтами, гребнями и т. п. Они произошли механическимъ путемъ, отъ размывающей дѣятельности выпадающихъ и стекающихъ водъ.

Подъ карстовыми воронками разумѣютъ впадины во-

ронкообразной или чашеобразной формы съ округлыми или овальными очертаніями, покрывающія карстовую поверхность иногда въ изумительно большомъ количествѣ. Размѣры ихъ колеблются въ сравнительно узкихъ предѣлахъ: діаметръ равняется, большею частью, 20—25 м., а глубина 5—15 м.; кромѣ того, встрѣчаются многочисленныя мелкія воронки, діаметръ которыхъ не достигаетъ даже 10 м. Воронки съ діаметромъ въ 300 м. составляютъ рѣдкость. Количество ихъ въ обширныхъ областяхъ равняется 100—200 на квадратный километръ.

Вопросъ о ихъ происхожденіи — путемъ ли провала, или путемъ субаэральной эрозіи, или, какъ полагаетъ Катцеръ, путемъ ледниковаго выпахиванія, еще чрезвычайно споренъ, и мы не будемъ вдаваться въ его разсмотрѣніе.

Карстовыя мульды представляютъ собою углубленія, которыя по размѣрамъ больше воронокъ и обязаны своимъ происхожденіемъ либо механическому сносу, либо тектоникѣ данной области. Во всякомъ случаѣ, онѣ не представляютъ промежуточной формы между воронками и провальями. „Полья“ или провалья представляютъ собою, большею частью, впадины тектоническаго происхожденія, т. е. связаны съ дислокаціями, каковы односторонніе сбросы, либо перебросы, либо настоящіе грабены, либо группировки линій излома. Однако, эти нарушенія принимаютъ лишь косвенное участіе въ образованіи провальевъ, открывая путь для эрозіи и благопріятствуя долинообразованію; каждый провалъ сначала былъ открытой долиной съ поверхностнымъ стокомъ водъ и лишь послѣдующіе тектоническіе процессы превратили эту долину въ замкнутый провалъ.

Другою своеобразною особенностью карстоваго ландшафта являются такъ называемыя „поноры“, представляющія собою частью вертикальныя, частью наклонныя пустоты, съ поперечнымъ разрѣзомъ самаго разнообразнаго вида и имѣющія большое значеніе для гидрологіи карстовыхъ областей. Онѣ либо поглощаютъ воду большими массами, либо выбрасываютъ ее.

Въ гидрографическомъ отношеніи наиболѣе важную особенность карста составляютъ его подземныя струи. Циркуляція водъ здѣсь совершается въ трещиноватыхъ, трубчатыхъ, гротообразныхъ пустотахъ различной формы и величины и съ различными условіями паденія, пересѣкающихъ породу въ самыхъ причудливыхъ сочетаніяхъ, то развѣтвляясь и вновь соединяясь, то отдѣльно и независимо другъ отъ друга, то переплетаясь въ запутанныя системы. Важное ихъ значеніе заключается въ томъ, что ими обусловлено гидрографическое различіе между карстомъ и некарстомъ.

Въ некарстѣ атмосферные осадки, которые, вслѣдствіе порозности или трещиноватости породъ, могутъ проникнуть въ почву, просачиваются постепенно и довольно равномѣрно по всей поверхности и на глубинѣ, все болѣе и болѣе раздробляясь, либо переходятъ въ разрядъ грунтовой влажности, либо собираются на водоупорномъ пластѣ и текутъ по этому пласту.

Въ карстѣ, напротивъ, просачиваніе атмосферныхъ осадковъ происходитъ очень быстро по той причинѣ, что зіяющія трещины могутъ принять разомъ большія количества воды, и неравномѣрно въ томъ отношеніи, что оно концентрируется въ тѣхъ трещинахъ, которыя, вслѣдствіе механической и растворяющей дѣятельности протекающихъ по нимъ водъ, превращены въ каналы и гроты, служащіе сборными путями для водъ, притекающихъ со стороны. Таково происхожденіе карстовыхъ каналовъ, въ которыхъ движеніе воды подчиняется не только законамъ паденія, какъ въ обыкновенномъ грунтовомъ потокѣ, но и гидростатическому закону сообщающихся сосудовъ, который и объясняетъ, вслѣдствіе безконечнаго разнообразія формъ сосудовъ и ихъ взаимной связи, всѣ замѣчательныя явленія гидрографіи карста.

Это обстоятельство составляетъ основное гидрографическое различіе между глубокимъ карстомъ и некарстомъ: въ карстѣ нѣтъ единаго, занимающаго непрерывно большія пространства водоноснаго слоя, но подземныя воды собираются въ разнообразно переплетенныхъ каналахъ, которые, соединяясь въ сложныя системы, имѣютъ каждый свою обособленную площадь питанія и пронизываютъ карстовую породу до самыхъ различныхъ глубинъ. Чѣмъ мельче карстъ, тѣмъ больше онъ по своимъ гидрографическимъ условіямъ приближается къ некарсту, такъ какъ каналы не могутъ продолжаться въ непроницаемое основаніе карстоваго пласта, вслѣдствіе чего дѣйствіе закона сообщающихся сосудовъ здѣсь прекращается. Вода, проникающая по каналамъ, доходящимъ до этого основанія, собирается на немъ и можетъ, въ концѣ концовъ, образовать непрерывную водную массу точно такъ же, какъ она образуется въ проницаемыхъ некарстовыхъ породахъ. Когда эта стадія въ мелкомъ карстѣ достигнута, то начинается переходъ отъ карста къ некарсту.

Въ противоположность этому воззрѣнію, считающему карстовые каналы основнымъ элементомъ карстовой гидрологіи, А. Грундъ[1]) далъ гипотезу, основнымъ положеніемъ которой

---

1) A. Grund, Die Karsthydrologie. Studien aus Westbosnien. „Geogr. Abhandlungen“. Herausgegeb. von A. Penck, Band 7, Heft 3, Leipzig 1903.

является то, что подъ всякимъ карстомъ залегаетъ единый, непрерывный водоносный горизонтъ, наличностью котораго авторъ думаетъ объяснить всѣ гидрографическія явленія карста. По мнѣнію автора, періодическіе источники карста прерываются потому, что зеркало грунтовыхъ водъ опускается ниже мѣста выхода источниковъ, а непрерывные источники указываютъ на то, что поверхность карстовыхъ водъ залегаетъ постоянно выше мѣста ихъ выхода. Періодическія рѣки текутъ, яко бы, лишь при высокомъ стояніи карстовыхъ водъ; при низкомъ же ихъ стояніи водоносность сохраняютъ лишь тѣ рѣки, ложе которыхъ залегаетъ глубже минимальнаго уровня грунтовыхъ водъ, а карстовыя озера заполняются водою лишь въ томъ случаѣ, если карстовыя воды стоятъ выше дна озеръ.

Катцеръ, по нашему мнѣнію, доказалъ вполнѣ убѣдительно, что основныя посылки этой теоріи карстовыхъ грунтовыхъ водъ неправильны, что цѣлый рядъ явленій остается необъясненнымъ, если принять существованіе подъ обширными карстовыми областями единаго, непрерывнаго воднаго зеркала. Сюда относится, напр., то обстоятельство, что среди источниковъ, выходящихъ по одному и тому же склону, болѣе глубоко лежащіе пересыхаютъ часто раньше высоко *лежащихъ*; что въ *одномъ и* томъ же карстовомъ массивѣ, бокъ-о-бокъ, могутъ существовать постоянные и перемежающіеся источники; что въ карстѣ, вообще, возможно существованіе перемежающихся источниковъ; что среди источниковъ, выходящихъ на одинаковой высотѣ при одинаковыхъ геологическихъ условіяхъ, одни быстро, другіе же совершенно не реагируютъ на осадки, одни мутятся непосредственно послѣ осадковъ, другіе вовсе не мутятся.

Особенно рѣзко противорѣчитъ теоріи карстовыхъ грунтовыхъ водъ отношеніе нѣкоторыхъ поноръ къ поглощенію воды во время наводненій. Замѣчено, что интенсивность поглощенія ими воды возрастаетъ пропорціонально давленію лежащихъ надъ ними водныхъ массъ. Поноры, почти или совершенно недѣятельныя въ сухое время, поглощаютъ во время наводненія огромныя массы воды, образуя исполинскіе водовороты, равныя по расходу крупной рѣкѣ. Такое отношеніе совершенно не вяжется съ гипотезой карстовыхъ водъ. И въ самомъ дѣлѣ, *если бы наводненіе* вызывалось равномѣрнымъ на обширной площади подъемомъ общей грунтовой воды, то поглощательная способность поноръ должна была бы немедленно прекратиться, какъ только зеркало карстовыхъ водъ превысило бы входное отверстіе поноръ. При этомъ совершенно безразлично, будетъ ли каналъ поноры вертикальнымъ, наклоннымъ или гори-

зонтальнымъ. Онъ долженъ стать совершенно недѣятельнымъ, какъ только поднимающаяся снизу карстовая вода превыситъ его. Въ дѣйствительности же отношеніе поноръ какъ разъ обратное, такъ какъ поноры продолжаютъ поглощать воду и при наводненіи, и при томъ тѣмъ интенсивнѣе, чѣмъ выше уровень воды надъ ними!

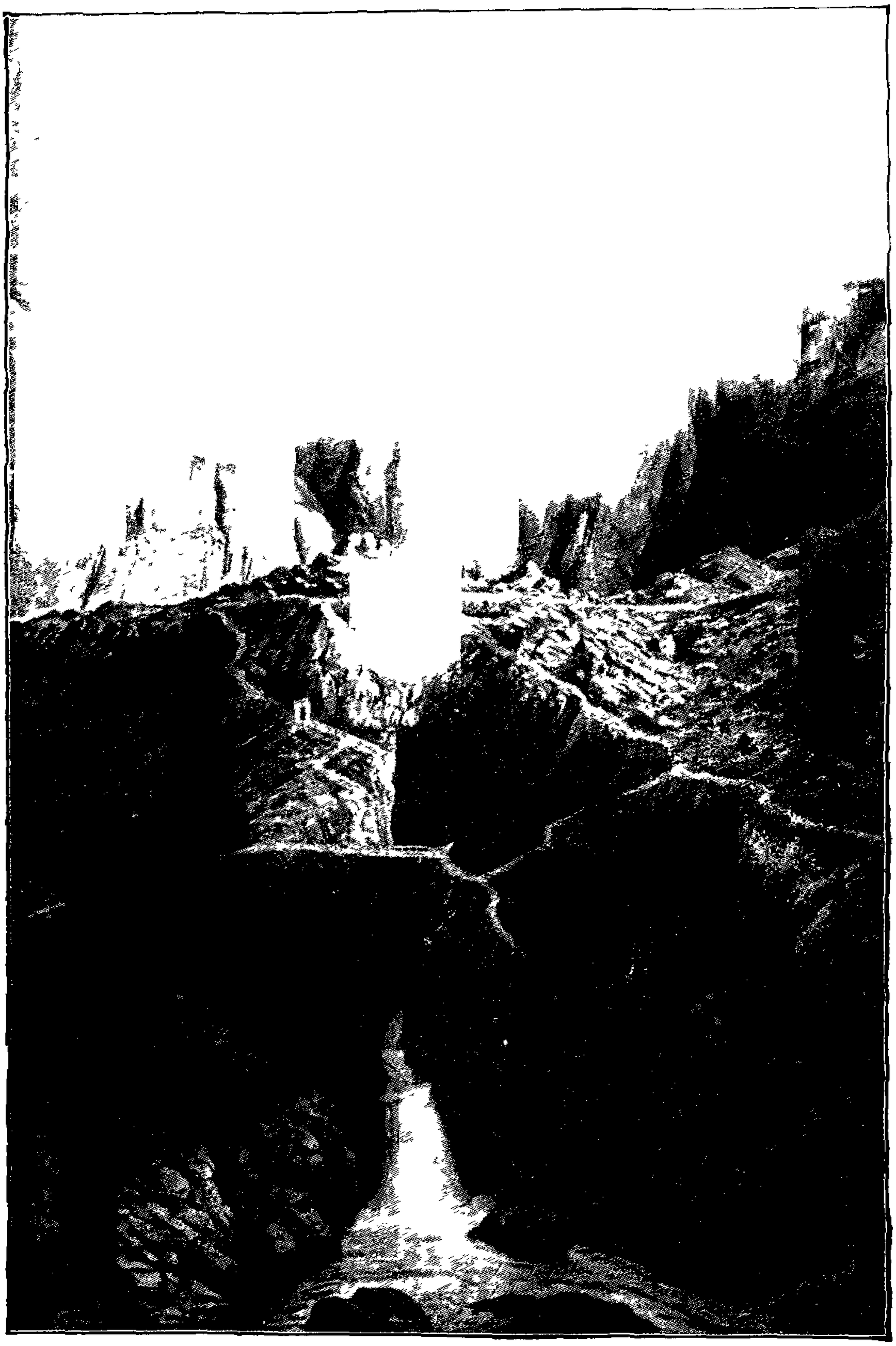
То обстоятельство, что въ ряду нѣсколькихъ поноръ, находящихся въ одномъ и томъ же провальѣ, однѣ всегда лишь поглощаютъ воду, другія лишь выбрасываютъ, а третьи то выбрасываютъ, то поглощаютъ, также не можетъ быть объяснено на основаніи гипотезы Грунда.

Если бы существовала единая, поднимающаяся снизу карстовая вода, то во всѣхъ понорахъ, лежащихъ на одинаковой высотѣ, поглощеніе воды должно было бы прекращаться одновременно. Въ такомъ случаѣ въ началѣ наводненія наблюдалось бы лишь выбрасываніе воды изъ поноръ, при спадѣ водъ — лишь поглощеніе. И то, и другое безусловно противорѣчитъ дѣйствительности.

Основнымъ элементомъ гидрографіи карста являются водоносные карстовые каналы (фиг. 124 и 125). Начало ихъ всегда исходитъ отъ какой либо трещины, слоевой или иной. Просачивающіяся воды атмосферныхъ осадковъ расширяютъ подобную трещину, вслѣдствіе чего возрастаетъ быстрота просачиванія водъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ — и ихъ размывающая дѣятельность. На своемъ дальнѣйшемъ протяженіи каналъ постепенно развивается, сливаясь съ другими каналами, принимая въ себя болѣе мелкія боковыя вѣтки и сопровождаясь, такимъ образомъ, растворяющей и размывающей дѣятельностью воды въ болѣе обширномъ масштабѣ. Движеніе воды происходитъ не только внизъ, но иногда, смотря по свойствамъ каналовъ и тому или иному гидростатическому давленію, также и вверхъ; съ образованіемъ каналовъ дѣйствіе гидростатическаго закона вступаетъ въ силу. Этотъ законъ дѣлаетъ возможнымъ подъемъ воды изъ большихъ глубинъ до высоты ея первоначальнаго уровня, и если на пути подъема залегаетъ нетрещиноватая порода, то дѣйствіемъ періодическаго выталкиванія или дѣйствіемъ растворенія подъ постояннымъ давленіемъ водою можетъ быть выдолбленъ каналъ и въ здоровой плотной породѣ, который въ такомъ случаѣ имѣетъ видъ высѣченной въ скалѣ трубы.

При всякомъ естественномъ или искусственномъ обнаженіи въ области карста вскрываются такіе карстовые каналы, при чемъ обнажаются либо устья каналовъ — при поперечномъ сѣченіи, либо самые каналы на большихъ участкахъ — при продольномъ

разрѣзѣ, и тогда ясно обнаруживается вѣтвистый видъ и всѣ отличительныя свойства каналовъ. Такъ какъ наиболѣе глубокіе



Фиг. 124. Выходящій на земную поверхность водоносный карстовый **каналъ** близъ St. Canzian. По М а р т е л ю.

естественные разрѣзы карста представлены рѣчными долинами, провальями и морскими берегами, то именно въ этихъ областяхъ легче всего открывается возможность наблюденія карстовыхъ каналовъ.

Карстовые массивы, безъ сомнѣнія, пронизаны каналами и въ болѣе глубокихъ своихъ частяхъ точно такъ же, какъ съ поверхности, открытой наблюденію. Вѣдь, всякое случайное обнаженіе, вскрывая нѣдра карста, обнаруживаетъ для глазъ пути подземной циркуляціи водъ и показываетъ непосредственно, какъ просочившіеся съ поверхности въ трещиноватую карстовую породу атмосферные осадки собираются въ



Фиг. 125. Подземный карстовый каналъ близъ St. Canzian. По Мартелю.

каналахъ, насколько своеобразенъ видъ каналовъ и насколько запутана вся ихъ система.

Большинство каналовъ имѣетъ трубчатую, замысловато-изогнутую форму; другіе имѣютъ видъ простыхъ гладкихъ трубокъ; многіе расширяются мѣшкообразно или переходятъ въ пещеры и пустоты; другіе, наоборотъ, съуживаются и сходятъ какъ будто на-нѣтъ или же переходятъ въ систему переплетенныхъ пустотъ. Многіе каналы сухи, обнаруживая слѣды былой водоносности; причина въ томъ, что питавшія ихъ прежде артеріи либо смѣщены, либо дренируются непосредственно, либо отдаютъ свою

воду въ иномъ направленіи. Нѣкоторые водоносны лишь послѣ продолжительныхъ дождей и, стало быть, имѣютъ еще нѣкоторое питаніе. Стѣнки такихъ каналовъ нерѣдко выложены изнутри известковымъ туфомъ и поэтому сильно съужены, или же включаютъ мѣстами шарообразные или шишковидные сталактиты. Нѣкоторые каналы совершенно заполнены тонко отмученнымъ и мелко слоистымъ осадкомъ или суглинкомъ, включающимъ угловатые куски карстовой породы (известь или доломитъ), или же землистымъ веществомъ на подобіе terra rossa, содержашимъ гальку инородныхъ породъ, принесенную, очевидно, издали. Вода все же можетъ проникать черезъ такіе заполненные осадками каналы, но лишь какъ черезъ медленно дѣйствующій фильтръ. Вліяя такимъ образомъ на свойства нѣкоторыхъ карстовыхъ источниковъ, каналы эти не лишены извѣстнаго значенія. Есть, наконецъ, и такіе каналы, которые остаются водоносными, не смотря на обнаженіе ихъ. Пещеровидные каналы, водоносность которыхъ колеблется, т. е. незначительна въ сухое время и обильна въ дождливое, могутъ иногда быть изслѣдованы на большемъ протяженіи, отъ устья до самыхъ нѣдръ карста; тѣ же каналы, которые непрерывно выносятъ большія массы воды въ видѣ источниковъ и рѣкъ, лишь очень мало доступны или совершенно недоступны изученію.

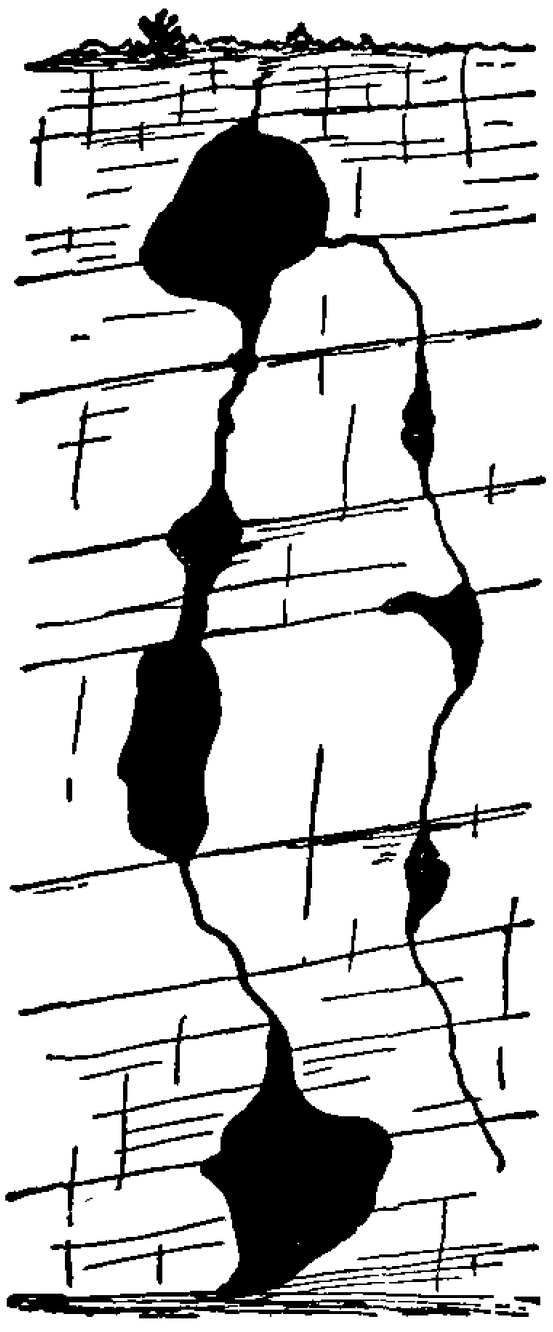
Въ каждой карстовой области можно найти многочисленные примѣры для подтвержденія всего вышеизложеннаго.

Происхожденіе карстовыхъ каналовъ связано обыкновенно съ трещиноватостью, неправильной (фиг. 126) или слоевой (фиг. 127); рѣже они происходятъ въ совершенно цѣльной породѣ. Каналы слоевыхъ трещинъ рѣдко тянутся параллельно по слоевой плоскости: они либо сходятся, либо расходятся, сохраняя свое сѣченіе или же рѣзко его измѣняя. Иногда, слѣдуя одному и тому же слою, они заходятъ далеко въ нѣдра горъ, иногда скоро обрываются, попадая въ поперечныя трещины, иногда переходятъ въ корневидно развѣтвленную систему струекъ воды; то въ нѣдрахъ горнаго массива открываются въ обширную пещеру, то, наоборотъ, выходятъ изъ массива, расширяясь и образуя гротъ.

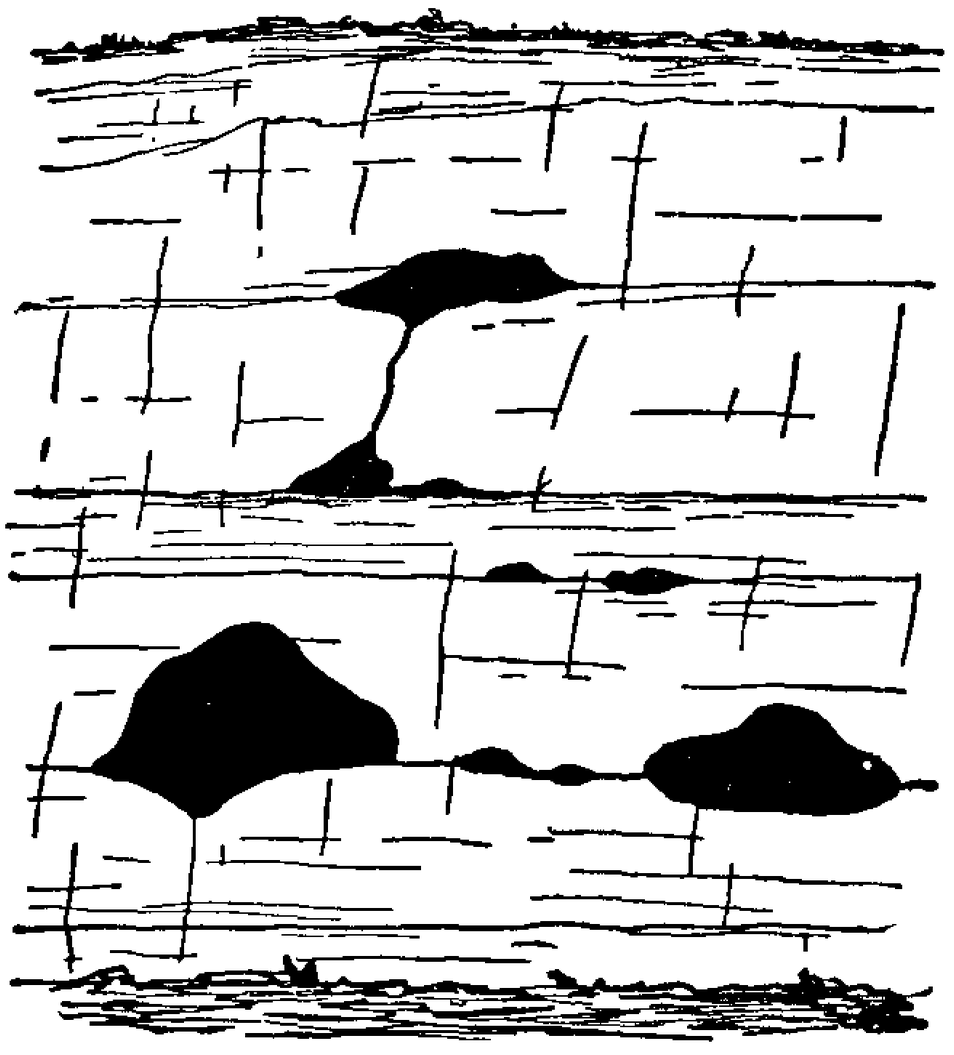
Трещинные каналы являютъ не меньшее разнообразіе. Иные каналы, источенные водою въ трещинахъ, пересѣкающихъ нерѣдко цѣлый рядъ пластовъ, представляются равномѣрно развитыми, трубчатой формы, между тѣмъ какъ другіе непрерывно мѣняютъ свое поперечное сѣченіе, образуя при этомъ неправильный, извилистый путь. Нерѣдко бываетъ и такъ, что каналъ идетъ сначала по неправильной трещинѣ, затѣмъ, попадая въ слое-

вую трещину, мѣняетъ направленіе и идетъ по ней, пересѣкаетъ нѣсколько трещинъ, покидаетъ пластъ и снова идетъ по какой либо случайной трещинѣ, образуя, такимъ образомъ, своеобразный ступенчато-изломанный путь.

Пока карстовые каналы служатъ путями подземной циркуляціи водъ, заполненіе ихъ, какъ уже было упомянуто, вполнѣ возможно, при томъ либо механическимъ путемъ, либо выдѣленіемъ туфовъ, такъ что горный массивъ непрерывно какъ-бы плотнѣетъ. Въ томъ случаѣ, если поперечное сѣченіе канала заполнено водой цѣликомъ, отложеніе туфа можетъ происходить лишь



Фиг. 126. Трещинный каналъ.



Фиг. 127. Каналы въ слоевыхъ трещинахъ.

очень медленно, вслѣдствіе слабой испаряемости воды. Если же, наоборотъ, воздухъ имѣетъ достаточный доступъ въ каналъ, особенно въ каналахъ, открывающихся на поверхности, то стѣнки такого канала очень быстро покрываются корками известковаго туфа и сталактитами.

Между тѣмъ какъ каналы малыхъ размѣровъ (съ діаметромъ отъ 1 см. до 1 м.) пронизываютъ карстъ во всѣхъ направленіяхъ въ безчисленномъ множествѣ, обширныя пещеры и гроты встрѣчаются гораздо рѣже, что̀ и понятно: происходя отъ сліянія мелкихъ каналовъ, они представляютъ аналогію того, что мы видимъ на земной поверхности, гдѣ крупныхъ рѣкъ также меньше, нежели мелкихъ ручьевъ. Не смотря на это, количество пещеръ въ карстѣ очень значительно, тѣмъ болѣе, что нерѣдко онѣ располагаются въ нѣсколько ярусовъ, а это происходитъ

оттого, что вода, стремясь занять наиболѣе низкое положеніе, пользуется всякой возможностью просочиться вглубь, покидаетъ старую пещеру и выдалбливаетъ новую въ болѣе глубокихъ слояхъ. Такое отвлеченіе воды изъ старыхъ пещеръ въ болѣе глубокіе каналы, которые дѣятельностью воды, въ свою очередь, превращаются въ пещеры, отнюдь не связано съ необходимостью рѣзкаго измѣненія паденія, чѣмъ и объясняется то явленіе, что нерѣдко старыя пещеры располагаются вблизи и лишь немного выше современныхъ устьевъ водоносныхъ каналовъ.

Не лишено значенія то обстоятельство, что пещеры карста нерѣдко примыкаютъ къ сбросамъ и путь ихъ, такимъ образомъ, до извѣстной степени, оказывается тектонически предначертаннымъ. Да это и понятно, такъ какъ сбросы сопровождаются раздробленіемъ горной породы, обусловливающимъ повышенную водопроницаемость, а, кромѣ того, сбросы нерѣдко ведутъ къ образованію пустотъ, которыя послѣдующей дѣятельностью просачивающейся воды легко могутъ быть превращены въ водоносныя пещеры.

Что касается глубины, на какую могутъ проникать карстовые каналы, то въ этомъ отношеніи нельзя провести опредѣленныхъ границъ; иногда карстовые каналы не достигаютъ дна долинъ, иногда же опускаются на сотни метровъ ниже и даже ниже морского дна. Это доказывается существованіемъ многочисленныхъ сильныхъ источниковъ, открывающихся въ морскомъ днѣ вдоль прибрежной полосы Далматскихъ горъ [1]). А что источники эти дѣйствительно обязаны своимъ происхожденіемъ карстовымъ каналамъ, отводящимъ въ глубину материковую воду, тому свидѣтельствомъ служитъ, между прочимъ, сообщенное инженеромъ К. Гофенедеромъ наблюденіе, что непосредственно послѣ наводненій въ области Попова „полья“ со дна бухты при Слано поднимаются мутные водяные столбы, измѣняющіе окраску воды настолько, что не знакомые съ мѣстными условіями моряки нерѣдко измѣняютъ здѣсь курсъ судовъ, опасаясь отмелей. Объясняется же это очень просто тѣмъ, что обусловленное наводненіемъ полья усиленное гидростатическое давленіе ведетъ къ усиленному промыванію всей системы отводящихъ каналовъ и выталкиваетъ со дна морского мощный потокъ прѣсной воды, долго сохраняющей взвѣшенную въ ней муть. Само собою разумѣется, что, въ виду подобныхъ фактовъ, вышеупомянутая гипотеза карстовыхъ водъ должна казаться абсолютно непріемлемой.

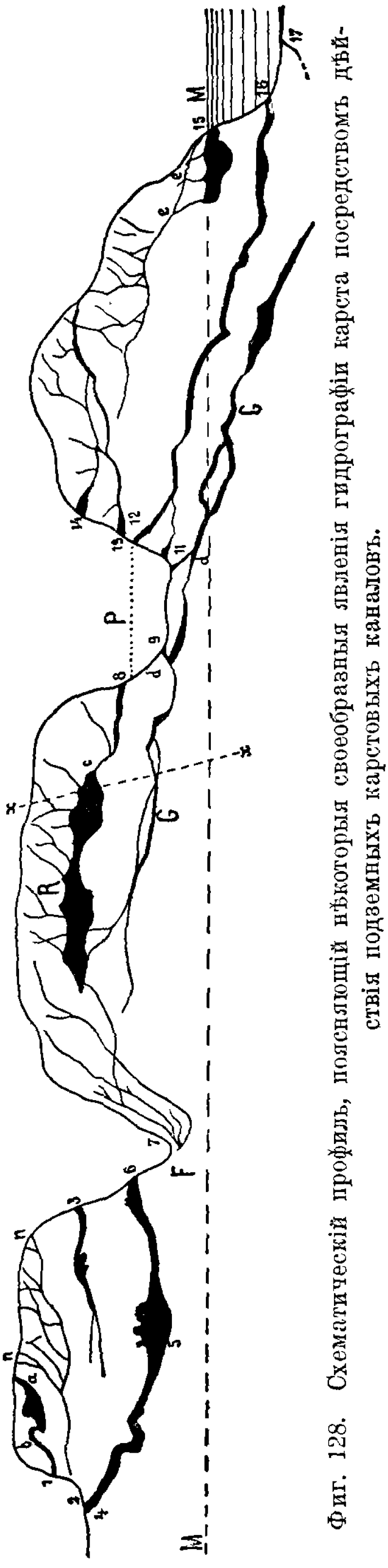
---

1) Близъ мыса Св. Мартина есть источникъ, выходящій на глубинѣ 700 м. подъ уровнемъ моря.

Все сказанное здѣсь о карстовыхъ каналахъ могло бы быть дополнено еще многими деталями; но для характеристики каналовъ и ихъ функцій уже достаточно вышеизложеннаго. Профиль, изображенный на фиг. 128, поясняетъ важнѣйшія явленія гидрографіи карста, выводя ихъ изъ своеобразной связи подземныхъ каналовъ, изъ того вліянія, какое оказываютъ измѣненія въ количествѣ атмосферныхъ осадковъ, изъ усиленія или задержки подземной циркуляціи водъ, каковыя явленія обусловливаются измѣненіями въ количествѣ осадковъ, крайне измѣнчивой формой каналовъ, дѣйствіемъ сообщающихся сосудовъ, принципомъ сифона и силы всасыванія. Этотъ профиль представляетъ вертикальный разрѣзъ; если-бы былъ данъ еще и горизонтальный разрѣзъ, то объясненіе многихъ явленій значительно выиграло бы въ наглядности, выяснивъ способы вѣтвленія каналовъ въ плоскости болѣе или менѣе горизонтальной.

И такъ, вотъ, въ краткихъ словахъ, сущность всего сказаннаго: вся своеобразная гидрографія карста покоится на системѣ подземныхъ каналовъ, пронизывающихъ карстовую породу безъ всякой правильности во всѣхъ ея горизонтахъ. Непрерывное зеркало трещинныхъ водъ съ равномѣрнымъ единымъ паденіемъ въ глубокомъ карстѣ не существуетъ; всѣ дедукціи, имѣющія основной посылкой существованіе такой карстовой воды, ложны и при рѣшеніи гидротехническихъ вопросовъ ведутъ лишь къ ошибкамъ.

1 Перемежающійся источникъ. Когда вода въ пустотѣ a до-



Фиг. 128. Схематическій профиль, поясняющій нѣкоторыя своеобразныя явленія гидрографіи карста посредствомъ дѣйствія подземныхъ карстовыхъ каналовъ.

стигнетъ такой высоты, что изогнутый каналъ b начнетъ дѣйствовать на подобіе сифона, то вода по каналу будетъ перетекать до тѣхъ поръ, пока запасъ ея въ a не будетъ исчерпанъ. Пройдетъ нѣкоторое время (извѣстное число часовъ, дней, недѣль, мѣсяцевъ), пока вода въ a не поднимется вновь до высоты сифона, и тогда вновь начнется дѣйствіе источника.

2 Постоянный карстовый источникъ, имѣющій достаточное питаніе съ площади n-n.

3 Не функціонирующая безводная пещера (гротъ по склону).

4 Исчезаніе рѣки, 5 функціонирующая пещера, 6 большой карстовый источникъ; всѣ три явленія въ непосредственной связи.

7 Многочисленные маленькіе карстовые источники, питающіе рѣку F: нижніе источники могутъ изсякнуть легче верхняго, который непосредственно сообщается съ резервуаромъ R.

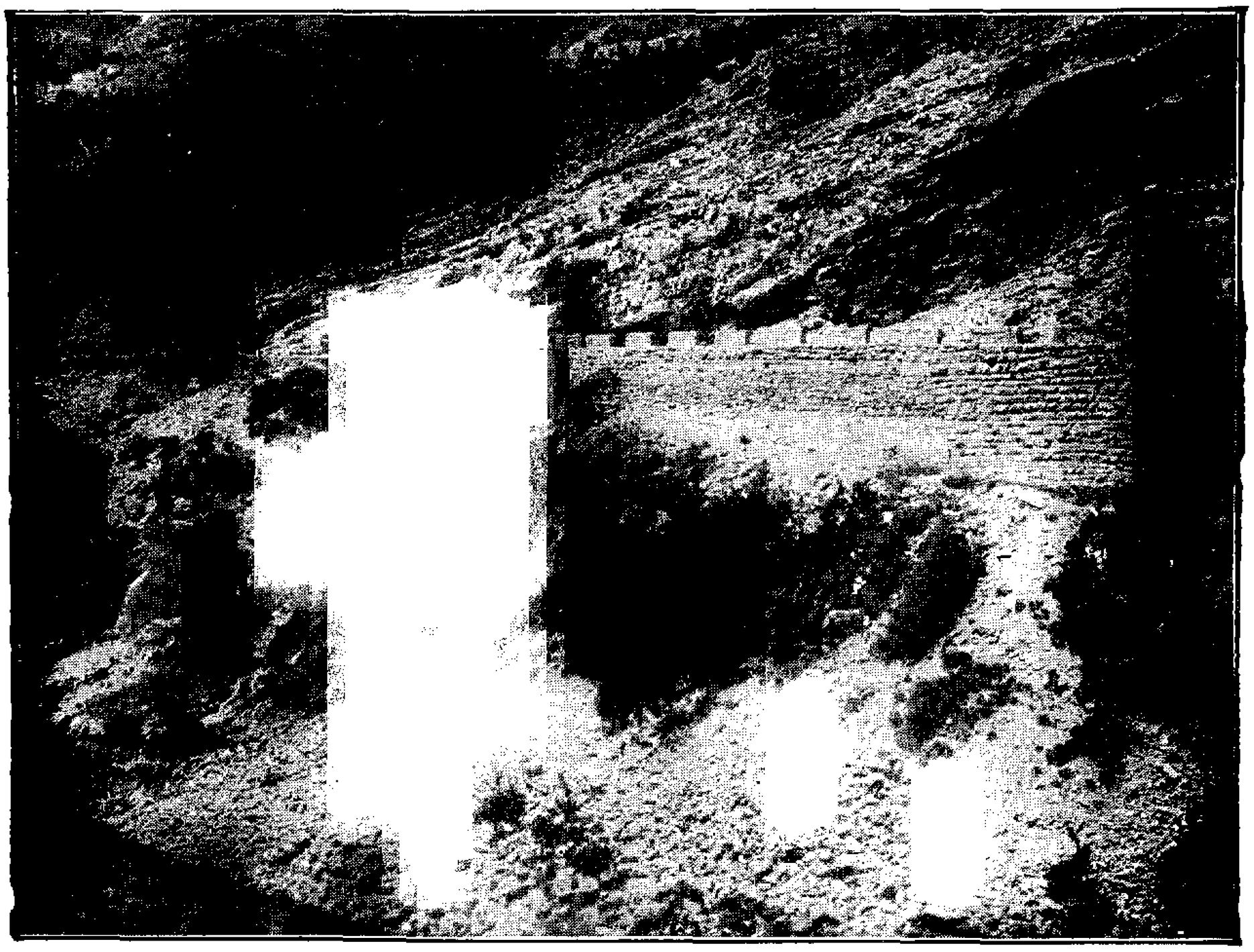
8 Большой перемежающійся карстовый источникъ, отводящій воду въ провалье P лишь до тѣхъ поръ, пока уровень воды въ резервуарѣ R, вслѣдствіе достаточнаго притока, превышаетъ c. Источникъ изсякаетъ, когда водное зеркало опускается ниже c. Еслибы вся правая часть массива до линіи x-x была снесена, то резервуаръ K представилъ бы вскрытый гротъ съ открыто лежащимъ открытымъ устьемъ.

9 и 10 Поноры съ чередованіемъ функцій, которыя обыкновенно отводятъ воду изъ провалья P, но могутъ, наоборотъ, и изливать воду въ провалье въ томъ случаѣ, когда притокъ въ каналъ G настолько великъ, что главный отводящій каналъ d не можетъ вмѣстить всей массы воды, часть которой поневолѣ должна устремиться въ боковыя вѣтки 9 и 10. Понора 9, вслѣдствіе особенностей своего мѣстоположенія, разумѣется, можетъ перемѣнить функцію поглощенія на функцію выбрасыванія скорѣе, нежели понора 10, которая, при извѣстныхъ условіяхъ, въ теченіе многихъ лѣтъ исполняетъ лишь функцію поглощенія и начинаетъ выбрасывать воду только при очень сильномъ напорѣ ея изнутри.

11 и 12 Исключительно всасывающія поноры, которыя поглощаютъ воду, но никогда ея не выбрасываютъ; 11 дѣйствуетъ постоянно, 12 лишь тогда, когда водное зеркало въ провальѣ поднимется достаточно высоко (примѣрно до пунктира). Въ этомъ случаѣ морской источникъ 16 будетъ отличаться наибольшей силой, становясь, такимъ образомъ, перемежающимся.

13 Постоянный источникъ, лежащій выше поглощающихъ поноръ — случай, очень часто наблюдаемый по краямъ провальевъ и абсолютно невозможный, если предположить, что

постоянные источники питаются поднимающеюся снизу на извѣстномъ пространствѣ карстовой водой. Изъ пещеры 14 въ провалье будетъ изливаться вода лишь въ томъ случаѣ, если напоръ настолько великъ, что вода не можетъ быть отведена цѣликомъ черезъ каналъ 13. Каналы 11 и 13 показываютъ, какъ каналы, лежащіе одинъ надъ другимъ и принимающіе участіе въ осушеніи одного и того же карстоваго массива, могутъ дѣйствовать въ совершенно различныхъ направленіяхъ.



Фиг. 129. Источникъ Комадина.

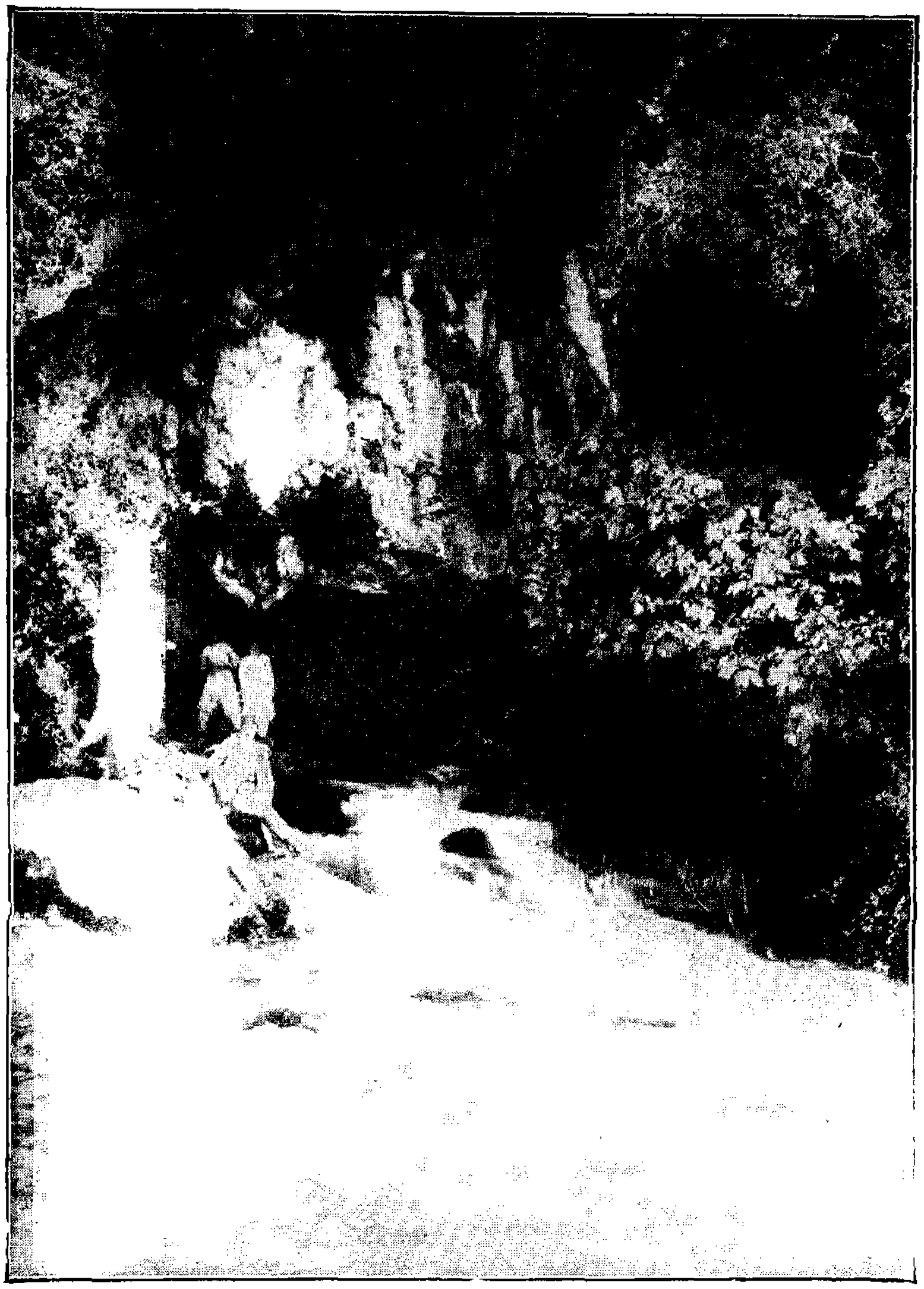
15 Соленый источникъ (т. наз. морская мельница), существованіе котораго очень просто объясняется дѣйствіемъ всасыванія въ е.

16 Морской прѣсный источникъ съ сильно мѣняющимся дебитомъ (по причинѣ, обозначенной у 12).

17 Глубокій морской прѣсный источникъ, который можетъ замутить морскую воду на извѣстномъ пространствѣ, если поноры 9 и 10 усиленно глотаютъ воду изъ провалья P и каналы сильно промываются.

На фиг. 129—131 даны изображенія трехъ типичныхъ карстовыхъ источниковъ, которыми мы обязаны любезности др. Фридриха Катцера въ Сераево. Фиг. 129 изображаетъ Комадинскій источникъ, лежащій въ Герцеговинѣ, на правомъ березу Наренты,

внизъ отъ Ябланики. Этотъ великолѣпный карстовый источникъ выходитъ изъ оолитовыхъ известняковъ, по всей вѣроятности юрской системы, заключающихъ много остатковъ криноидъ, и, нѣсколько съуженный построеннымъ здѣсь шоссейнымъ сооруженіемъ, низвергается къ Нарентѣ роскошнымъ пѣнящимся водопадомъ.



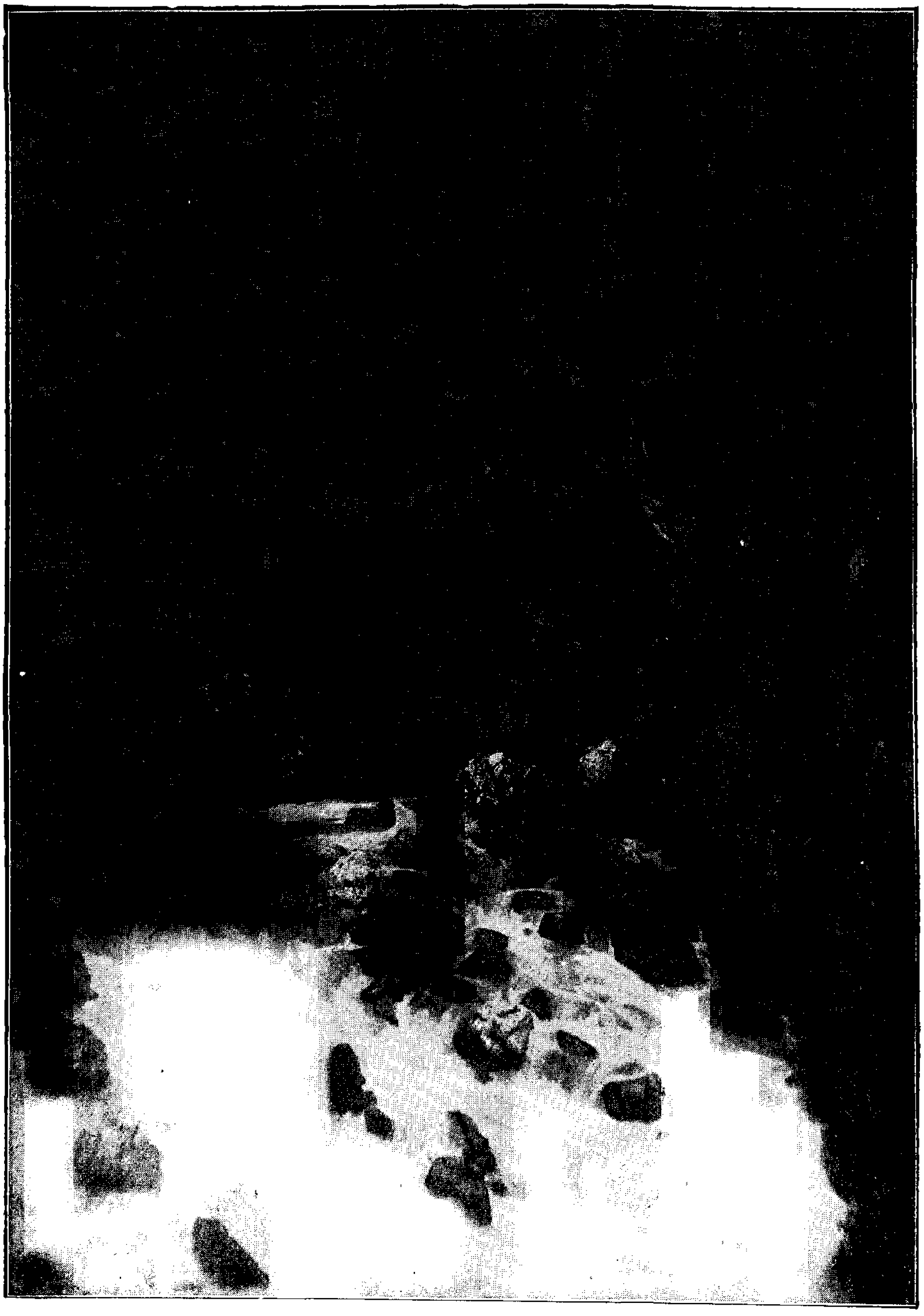
Фиг. 130. Источникъ Врioштика.

На фиг. 130 изображенъ источникъ Врioштика при средней водѣ, лежащій въ Герцеговинѣ къ СЗ отъ Любуски близъ Витина. Источникъ вытекаетъ, въ видѣ сильнаго ручья, изъ довольно крупнаго отверстія (высота 4 м.) въ эоценовомъ известнякѣ.

Фиг. 131, по снимку инженера Андреаша, изображаетъ Тихальинскій источникъ въ Герцеговинѣ близъ Далматской гра-

ницы, къ СЗ отъ Любуски, при средней водѣ. Д-ръ Катцеръ поясняетъ этотъ снимокъ слѣдующими словами:

Тихальина выходитъ въ видѣ сильнаго ручья изъ отверстія



Фиг. 131. Тихальинскій источникъ.

въ скалѣ, вертикальный просвѣтъ котораго равенъ приблизительно 10 м.; въ сѣверной стѣнѣ котловины на болѣе высокихъ уровняхъ расположено еще нѣсколько отверстій — устьевъ нынѣ безводныхъ гротовъ. *При* высокой водѣ, весной и послѣ продолжительныхъ дождей, ручей превращается въ бурную рѣчку; при мелкой водѣ, послѣ засухи, онъ, наоборотъ, становится еле замѣтнымъ, скромнымъ ручейкомъ, съ трудомъ пробивающимся между камней.

Тихальина считается выходящимъ вновь на поверхность продолженіемъ р. Врлика, которая течетъ по Имотскинскому провалью (въ Далмаціи) и исчезаетъ въ Сайновакской понорѣ (разряда *поглощающихъ*), лежащей въ герцеговинской части вышеназваннаго провалья, на южномъ концѣ г. наз. Бѣлаго полья близъ Дриновецъ. Прямое разстояніе отъ этой поноры до Тихальинскаго источника составляетъ всего лишь 2 км. Система подземныхъ каналовъ залегаетъ въ мѣлу.

Рѣчка Тихальина развѣтвляется на разстояніи нѣсколькихъ км. отъ источника, и главный рукавъ называется Младой; низовья рѣки на разстояніи нѣсколькихъ километровъ отъ мѣста ея впаденія въ Наренту (внизъ отъ Каплины) носятъ названі Требежата.

5. Артезіанскія воды.

ГЛАВА 35.

Опредѣленіе понятія „артезіанскія воды“ и историческія данныя.

Какъ уже указывалось въ 12-ой главѣ, артезіанскими или напорными (Druckwasser) водами, въ противоположность грунтовымъ, свободно располагающимся на поверхности перваго водоупорнаго слоя, называются такія, которыя перекрыты сверху слоемъ водонепроницаемыхъ породъ. Если послѣднія отличаются значительною влагоемкостью, какъ, напримѣръ, глины, то само собою понятно, что онѣ становятся водонепроницаемыми лишь послѣ полнаго насыщенія ихъ водою. Водоносный горизонтъ можетъ залегать вполнѣ горизонтально, или же быть наклоненнымъ къ горизонту подъ любымъ угломъ, вплоть почти до прямого, или же, наконецъ, онъ можетъ быть изогнутымъ въ самыхъ разнообразныхъ формахъ.

Въ каждомъ артезіанскомъ бассейнѣ необходимо различать: область питанія, въ которой собираются запасы артезіанской воды, область стока, т. е. ту область, гдѣ артезіанская вода выходитъ на дневную поверхность въ видѣ восходящихъ источниковъ или же гдѣ она смѣшивается съ обычной грунтовой во-

дою. Эти области могутъ быть объединены подъ именемъ артезіанской системы. Въ каждой такой системѣ находятся области питанія и стока обыкновенныхъ грунтовыхъ водъ со свободной поверхностью. Первая безусловно необходима уже потому, что иначе исключалось-бы питаніе и артезіанскаго бассейна; во второй области присутствіе грунтовой воды также понятно, потому что въ противномъ случаѣ вода продолжала бы оставаться подъ напоромъ. Въ каждомъ артезіанскомъ бассейнѣ наличность указанныхъ трехъ областей безусловно необходима, но относительные размѣры ихъ могутъ быть весьма различны: область питанія можетъ быть или очень велика, или очень мала, по сравненію съ областью напора; этимъ соотношеніемъ опредѣляется производительность скважинъ даннаго бассейна. Съ другой стороны, понятно, что области питанія и стока должны быть приблизительно одинаковы, если не по величинѣ площади ихъ, то, во всякомъ случаѣ, по количеству поступающей и выходящей воды.

Область напора пространственно не должна обязательно располагаться между областью питанія и областью стока, хотя такое расположеніе въ большинствѣ случаевъ наблюдается въ природѣ. Бываютъ случаи, что область напора представляется замкнутой со всѣхъ сторонъ, и избытокъ воды въ области питанія, не проходя черезъ область напора, непосредственно вытекаетъ на дневную поверхность въ видѣ источниковъ. Такой случай представленъ на фиг. 133: область питанія находится между A и B, въ B имѣется стокъ, тогда какъ область напора представляетъ замкнутый со всѣхъ сторонъ резервуаръ.

Поверхность артезіанской воды всегда находится подъ извѣстнымъ напоромъ. Величина послѣдняго зависитъ отъ высоты уровня воды въ области питанія, отъ высоты мѣста стока и отъ величины сопротивленія воды на треніе. Величина напора измѣряется высотою поднятія артезіанской воды въ трубахъ буровыхъ скважинъ, причемъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ для возможности измѣренія приходится наращивать обсадныя трубы значительно выше поверхности земли. Гораздо удобнѣе измѣреніе напора производить при помощи манометра, устанавливаемаго въ обсадныхъ трубахъ скважины на поверхности земли, причемъ величина напора выражается въ атмосферахъ. Для перехода отъ измѣренія по первому способу къ величинѣ, полученной по манометру, необходимо помнить, что напоръ въ 1 атмосферу соотвѣтствуетъ высотѣ поднятія воды въ обсадныхъ трубахъ въ 10 метровъ, такъ что, если напоръ опредѣленъ въ 15 метровъ надъ поверхностью земли, то соотвѣтственно манометръ покажетъ $1^1/_2$ атмосферы.

Высота поднятія артезіанской воды подъ вліяніемъ напора называется „также піезометрическимъ уровнемъ ея. Плоскость, проведенная черезъ піезометрическіе уровни артезіанскихъ скважинъ даннаго артезіанскаго бассейна, называется плоскостью напора. Отдѣльныя части этой послѣдней могутъ быть расположены или выше, или ниже поверхности земли. Въ тѣхъ случаяхъ, когда артезіанская вода изливается изъ скважины самотекомъ, плоскость напора ея называется положительной; въ противномъ въ случаѣ — отрицательной. На границѣ положительныхъ и отрицательныхъ піезометрическихъ уровней вода останавливается какъ разъ у поверхности земли.

Величины поднятія артезіанскихъ водъ могутъ быть нанесены графически на карту тѣмъ же способомъ, что и обыкновенныхъ грунтовыхъ водъ, т. е. при помощи горизонталей, соединяющихъ пункты съ одинаковой величиной напора.

Искусство буренія скважинъ, по которымъ артезіанская вода можетъ подниматься до поверхности земли и даже выше нея, извѣстно съ сѣдой древности. Египтяне были знакомы съ нимъ задолго до Рождества Христова; отъ нихъ научился и Моисей „извлекать воду изъ камня“. Уже за 2000 лѣтъ до Р. Х. оазисы Ѳивы, Гхарбъ и Дахель орошались артезіанской водою изъ многочисленныхъ скважинъ, глубина которыхъ достигала 2—300. а по сообщенію Олимпіодора (первая половина V в. по Р. Х.), даже до 500 локтей. Въ Европу искусство буренія скважинъ проникло лишь въ 12 столѣтіи, и впервые въ провинціи Артуа въ южной Франціи. Такъ, первая скважина была заложена въ 1126 г. въ картезіанскомъ монастырѣ въ Лилье. Отъ латинскаго названія этой провинціи (Artesium) получили свое наименованіе и артезіанскія воды. Слабое развитіе буровой техники и высокая стоимость буренія сильно затормозили распространеніе его; лишь въ XVII столѣтіи появились скважины въ Моденѣ, Болоньѣ и Нижней Австріи. Но число скважинъ стало быстро увеличиваться лишь за послѣднія приблизительно 75 лѣтъ, благодаря крупнымъ успѣхамъ буровой техники. Въ настоящее время на поверхность земли доставляются громадные запасы артезіанской воды, скрытой доселѣ въ нѣдрахъ земного шара.

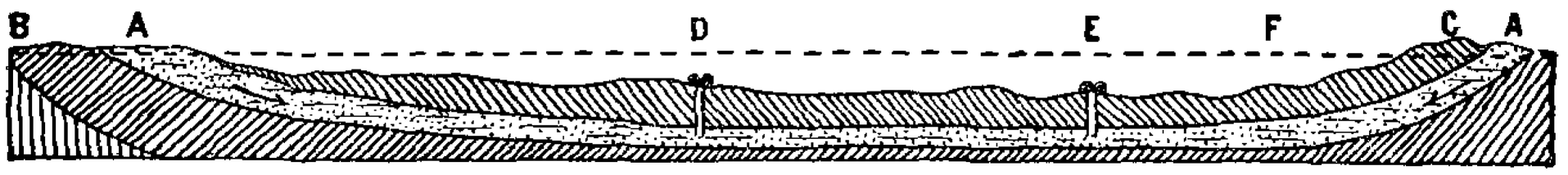
Очень обстоятельныя свѣдѣнія по исторіи артезіанскихъ скважинъ находятся въ работѣ Oscar Carazza, Geschichte der artesischen Brunnen, Leipzig und Wien, Fr. Deuticke, 1902.

ГЛАВА 36.

Формы залеганія горныхъ породъ, необходимыя для возможности образованія артезіанской воды.

Наиболѣе простой и понятной формой залеганія породъ артезіанскаго бассейна является мульдообразная; въ большинствѣ курсовъ геологіи такая форма трактуется чуть ли не какъ единственная возможная, хотя, въ дѣйствительности, она встрѣчается рѣже другихъ. Всѣ формы залеганія горныхъ породъ, необходимыя для возможности образованія артезіанской воды, можно свести къ слѣдующимъ:

1) мульдообразное залеганіе,
2) флексуры,
3) перемежаемость водопроницаемыхъ и водоупорныхъ слоевъ, наклоненныхъ подъ нѣкоторымъ угломъ къ горизонту,
4) налеганіе водоупорныхъ пластовъ,
5) включеніе водонепроницаемыхъ прослоевъ,
6) уменьшающаяся кверху проницаемость согласно падающихъ напластованій,
7) трещины и пустоты.



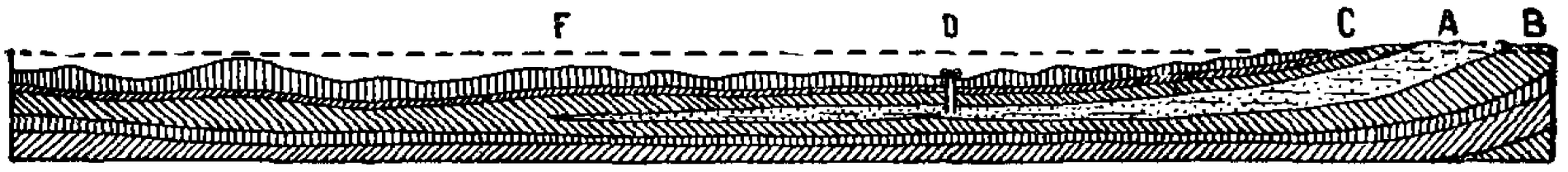
Фиг. 132.

1. Мульдообразное залеганіе.

На фиг. 132 A—A представляетъ водопроницаемый пластъ, обозначенный, какъ и на всѣхъ послѣдующихъ рисункахъ, точками. Сверху и снизу онъ заключенъ между водонепроницаемыми слоями B и C, обозначенными штриховкой. Въ A вода входитъ въ водоносный пластъ и движется внизъ по нему въ направленіяхъ, показанныхъ стрѣлками, собираясь въ наиболѣе пониженныхъ частяхъ мульды; поверхность ея постепенно поднимается все выше и выше и, наконецъ, водоносный пластъ совершенно переполняется водою. Если въ средней части мульды заложить скважины (D и E на фиг. 132), то эти послѣднія, пройдя верхній водоупорный пластъ C, достигнутъ водоноснаго. Въ тотъ моментъ, когда скважина войдетъ въ водоносный пластъ, вода по буровымъ трубамъ поднимется выше поверхности земли въ этомъ пунктѣ, такъ какъ мѣста заложенія скважинъ лежатъ гипсометрически ниже, чѣмъ располагается поверхность грунто-

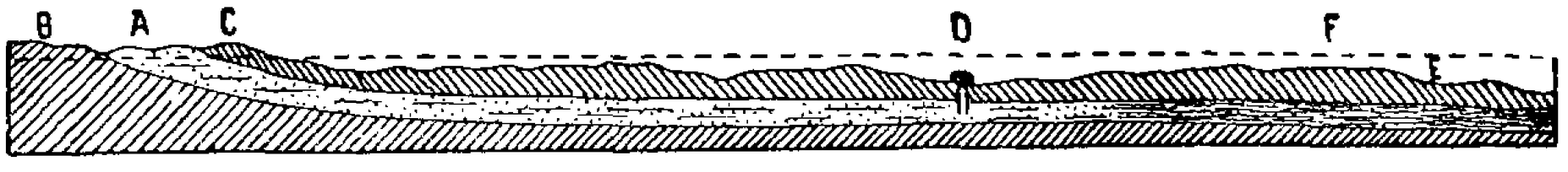
выхъ водъ въ области питанія, обозначенная на чертежѣ пунктирной линіею F (см. фиг. 132).

Только что описанное строеніе артезіанскаго бассейна встрѣчается въ природѣ. Ниже будетъ подробно описанъ наиболѣе извѣстный примѣръ подобнаго рода, именно артезіанскій бассейнъ Пасси и Гренелль возлѣ Парижа. Что же касается распространенности такого рода условій залеганія, то они играютъ второстепенную роль по сравненію съ другими болѣе простыми условіями, какъ мы, равнымъ образомъ, увидимъ далѣе.



Фиг. 133.

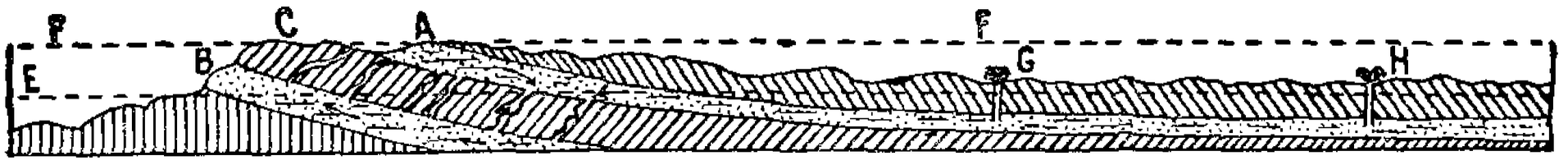
Въ общемъ типѣ мульдообразныхъ бассейновъ можно, однако, наблюдать цѣлый рядъ уклоненій отъ описаннаго выше типическаго случая. Прежде всего водоносный пластъ можетъ выклиниваться въ какомъ-либо направленіи, какъ показано на фиг. 133, т. е. онъ становится постепенно все тоньше и тоньше, пока, наконецъ, не исчезнетъ совсѣмъ. Въ послѣднемъ случаѣ, прекратится, конечно, его водоносность и буреніе артезіанскихъ скважинъ будетъ возможно лишь въ водоносной части мульды, т. е. между C и F на фиг. 133. Въ другихъ случаяхъ, какъ напримѣръ, въ случаѣ, показанномъ на фиг. 134, водоносный



Фиг. 134.

пластъ не выклинивается, но петрографическій характеръ его измѣняется и, дѣлаясь постепенно все менѣе и менѣе водопроницаемымъ, онъ становится, наконецъ, совершенно водоупорнымъ. Если водоносный пластъ сложенъ пескомъ, то такой случай будетъ имѣть мѣсто или вслѣдствіе постепенно уменьшающихся размѣровъ отдѣльныхъ песчинокъ, или вслѣдствіе увеличенія примѣси глины, частицы которой заполняютъ пространства между зернами песка, или же вслѣдствіе сцементированія отдѣльныхъ зеренъ и перехода песка въ твердый песчаникъ. Въ подобномъ случаѣ буреніе въ пунктѣ D дастъ артезіанскую воду, тогда какъ въ точкѣ E, находящейся во всемъ остальномъ въ одинаковыхъ съ точкою D геологическихъ условіяхъ, буреніе будетъ безуспѣшно.

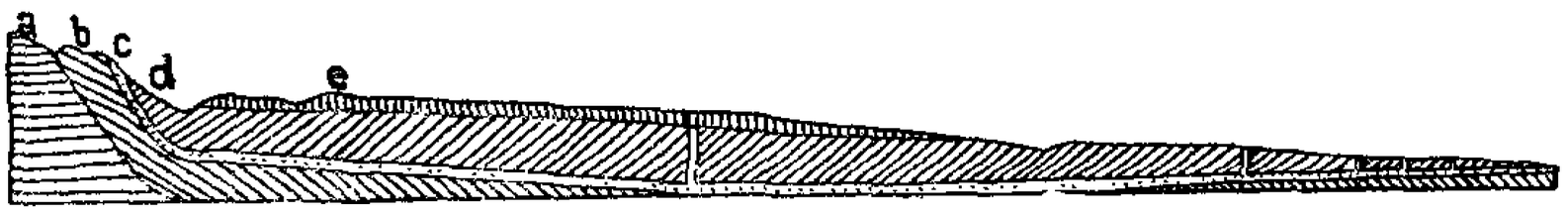
будетъ только F′. Если въ этомъ случаѣ водонепроницаемый прослоекъ C, отдѣляющій водоносные пласты одинъ отъ другого, будетъ разбитъ трещинами (фиг. 137), то вода изъ пласта A будетъ отчасти переходить въ пластъ B, чѣмъ будетъ вызываться пониженіе піезометрическаго уровня F и приближеніе его къ таковому же пласта B. Скважины въ G и H дадутъ самоистекающую воду лишь въ томъ случаѣ, если потеря воды черезъ трещины между A и B будетъ не настолько велика, чтобы уровень F могъ понизиться до піезометрическаго уровня пласта B.



Фиг. 137.

2. Флексуры.

Одной изъ наиболѣе распространенныхъ формъ залеганія горныхъ породъ, обусловливающихъ возможность образованія артезіанской воды, является флексура. Какъ упоминалось уже на стр. 39, флексурой называется такая форма залеганія, при которой группа слоевъ, почти горизонтальныхъ или же наклоненныхъ къ горизонту подъ очень незначительнымъ угломъ, внезапно изгибается такъ, что уголъ паденія становится очень большимъ; вскорѣ, однако, онъ опять уменьшается, и породы опять

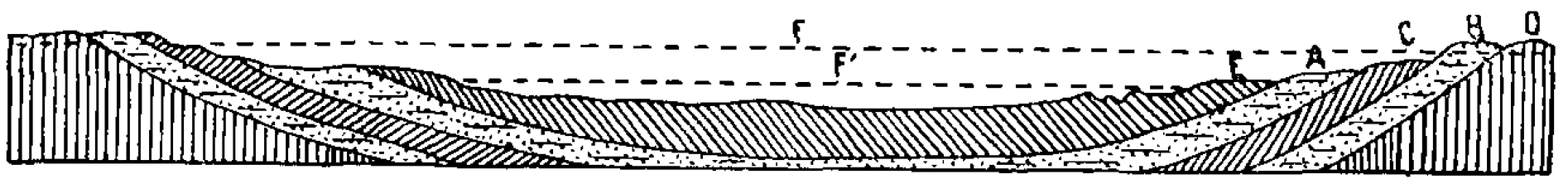


Фиг. 138.

принимаютъ почти ненарушенное залеганіе. Само собою разумѣется, что въ природѣ дѣло обстоитъ далеко не такъ просто; строеніе пластовъ при флексурѣ не остается вполнѣ ненарушеннымъ, какъ изображено на фиг. 138. Въ областяхъ наибольшихъ поднятій, напримѣръ, въ горныхъ мѣстностяхъ, часто сплошность пластовъ нарушается процессами размыва, такъ что нѣкоторые пласты оказываются выступившими на дневную поверхность, какъ представлено на фиг. 138. Если въ подобныхъ случаяхъ наблюдается чередованіе водоупорныхъ и водопроницаемыхъ пластовъ, то на лицо имѣются всѣ условія, необходимыя для образованія артезіанской воды. Напоръ въ болѣе глубокомъ горизонтальномъ крылѣ флексуры тѣмъ больше, чѣмъ круче изгибъ пластовъ и чѣмъ выше расположенъ выходъ водопроницаемаго пласта, въ которомъ скопляются запасы артезіанской воды. Если же пласты

Подобнаго рода условія объясняютъ тотъ фактъ, что изъ двухъ сосѣднихъ скважинъ, находящихся, повидимому, въ совершенно тождественныхъ геологическихъ условіяхъ, одна даетъ воду, а другая — нѣтъ.

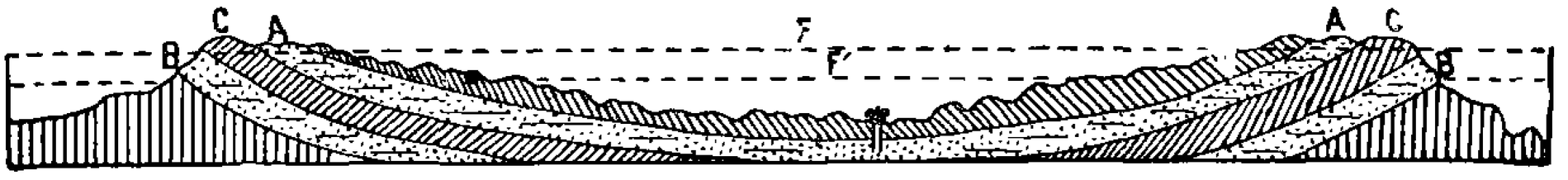
Въ случаѣ, если поверхность водонепроницаемыхъ породъ, перекрывающихъ водоносный пластъ, расположена гипсометрически выше области питанія (фиг. 139), то піезометрическій уровень, изображенный линіей F, большей частью отрицательный. Только въ пунктѣ D буреніемъ будетъ получена самоистекающая вода, тогда какъ, напримѣръ, въ точкѣ m вода остановится значительно ниже поверхности земли.



Фиг. 135.

Если въ ограниченномъ со всѣхъ сторонъ мульдообразномъ бассейнѣ водопроницаемые и водоупорные слои перемежаются, то возможны весьма различныя условія встрѣчи артезіанской воды, нѣкоторыя изъ которыхъ иллюстрируются ниже приведенными рисунками.

Такъ, напримѣръ, если, какъ въ случаѣ, изображенномъ на фиг. 135, мульдообразно изогнутые слои въ средней части мульды

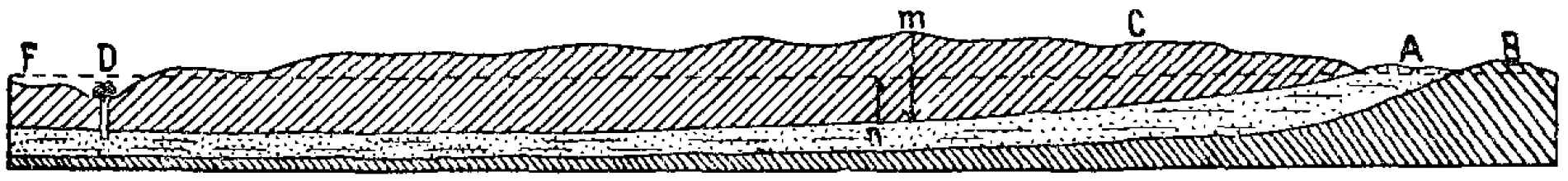


Фиг. 136.

залегаютъ ниже, чѣмъ по краямъ, такъ что, чѣмъ древнѣе пластъ, тѣмъ на высшемъ гипсометрическомъ уровнѣ выходитъ онъ на дневную поверхность, то піезометрическій уровень артезіанской воды изъ пласта A выразится линіей F′,, а пласта B линіей F; такимъ образомъ, артезіанская вода изъ болѣе глубокой скважины, питающейся водою изъ пласта B, будетъ выходить подъ большимъ напоромъ, а слѣдовательно и подниматься выше, чѣмъ изъ болѣе мелкой скважины, доведенной лишь до пласта A. Обратный случай изображенъ на фиг. 136. Такой случай наблюдается тогда, когда края мульды понижены, такъ что болѣе глубоко залегающій пластъ B выходитъ на поверхность гипсометрически ниже, чѣмъ пластъ A. Соотвѣтственно этому, вода изъ скважины, проведенной до пласта A, будетъ обладать напоромъ F, тогда какъ напоръ воды изъ скважины, пробитой до пласта B,

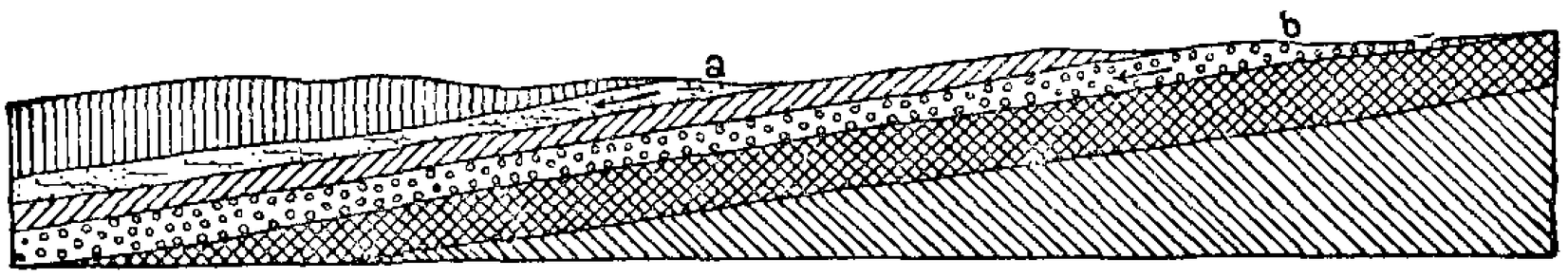
расположены такъ, что выходъ водоноснаго пласта находится ниже уровня водонепроницаемыхъ пластовъ, какъ показано на фиг. 139, то въ этомъ случаѣ вода во многихъ скважинахъ, какъ, напримѣръ, въ m, поднимается не столь высоко, чтобы она могла переливаться на поверхность, а остановится отъ послѣдней на болѣе или менѣе значительномъ разстояніи.

Вода, проникающая въ водоносный пластъ въ мѣстѣ выхода его на поверхность, какъ въ видѣ выпадающихъ здѣсь атмосферныхъ осадковъ, такъ и получающаяся путемъ инфильтраціи изъ движущихся здѣсь поверхностныхъ потоковъ, стекаетъ по изогнутой части пласта въ горизонтально или почти горизонтально



Фиг. 139.

залегающія его части и здѣсь переполняетъ его и въ вертикальномъ, и въ горизонтальномъ направленіяхъ, или же переполняетъ всѣ имѣющіяся въ пластѣ трещины и пустоты; давленіе, подъ которымъ находится здѣсь вода, тѣмъ выше, чѣмъ больше разница высотъ между водосборной площадью и болѣе или менѣе горизонтально залегающими частями пласта. Флексуры большого пространственнаго протяженія исключительно тектоническаго происхожденія, т. е. связаны съ областями интенсивныхъ горообра-



Фпг. 140.

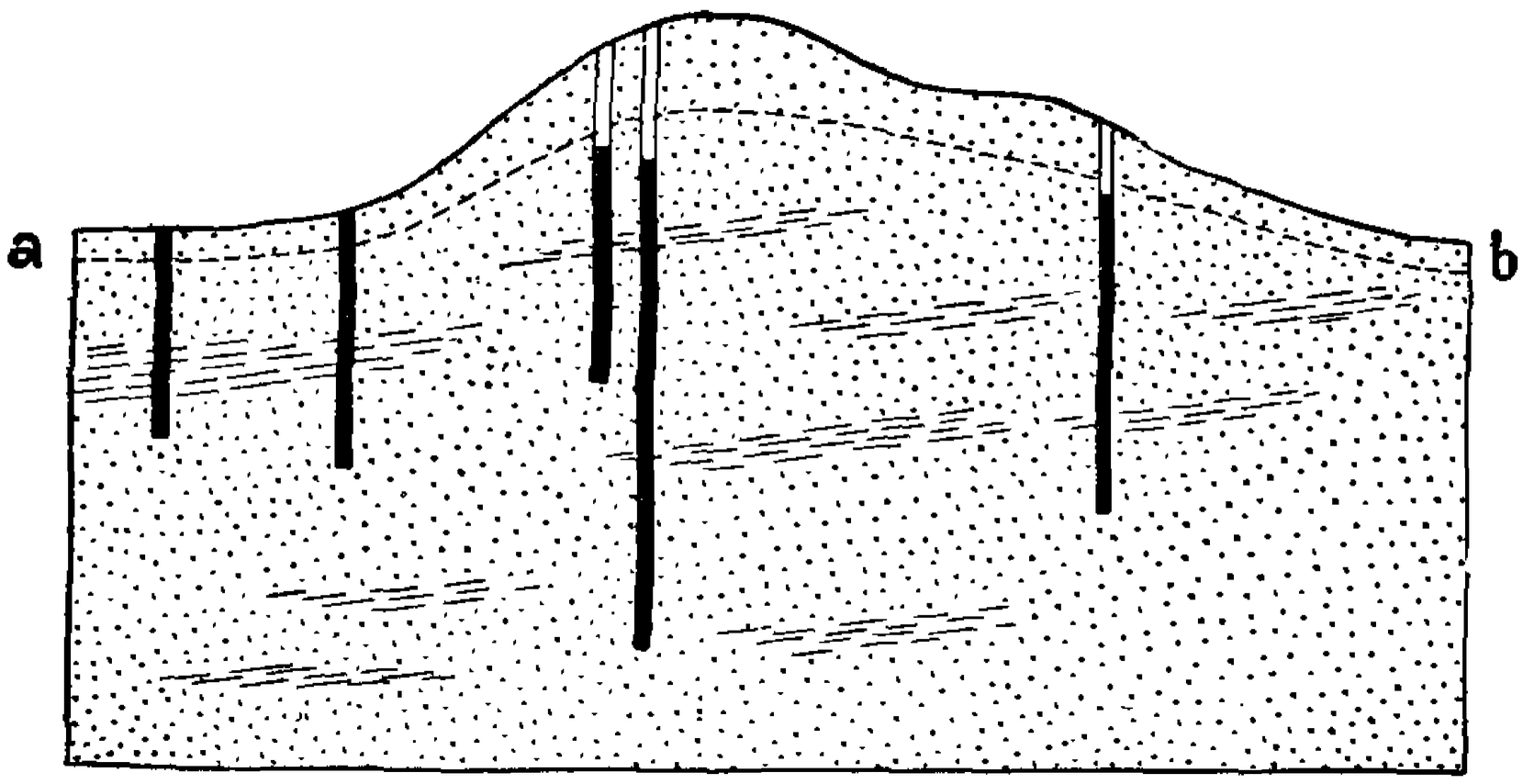
зовательныхъ процессовъ, тогда какъ небольшія флексуры образуются вслѣдствіе складчатой дѣятельности материковаго льда, а также нерѣдки въ напосныхъ породахъ въ районахъ древняго оледенѣнія.

3. Наклонно залегающіе пласты водопроницаемыхъ и водонепроницаемыхъ породъ, чередующіеся между собою.

Для возможности образованія артезіанской воды флексурообразный изгибъ пластовъ является даже излишнимъ, такъ какъ даже самыя простыя условія залеганія чередующихся между собою водопроницаемыхъ и водонепроницаемыхъ пластовъ при-

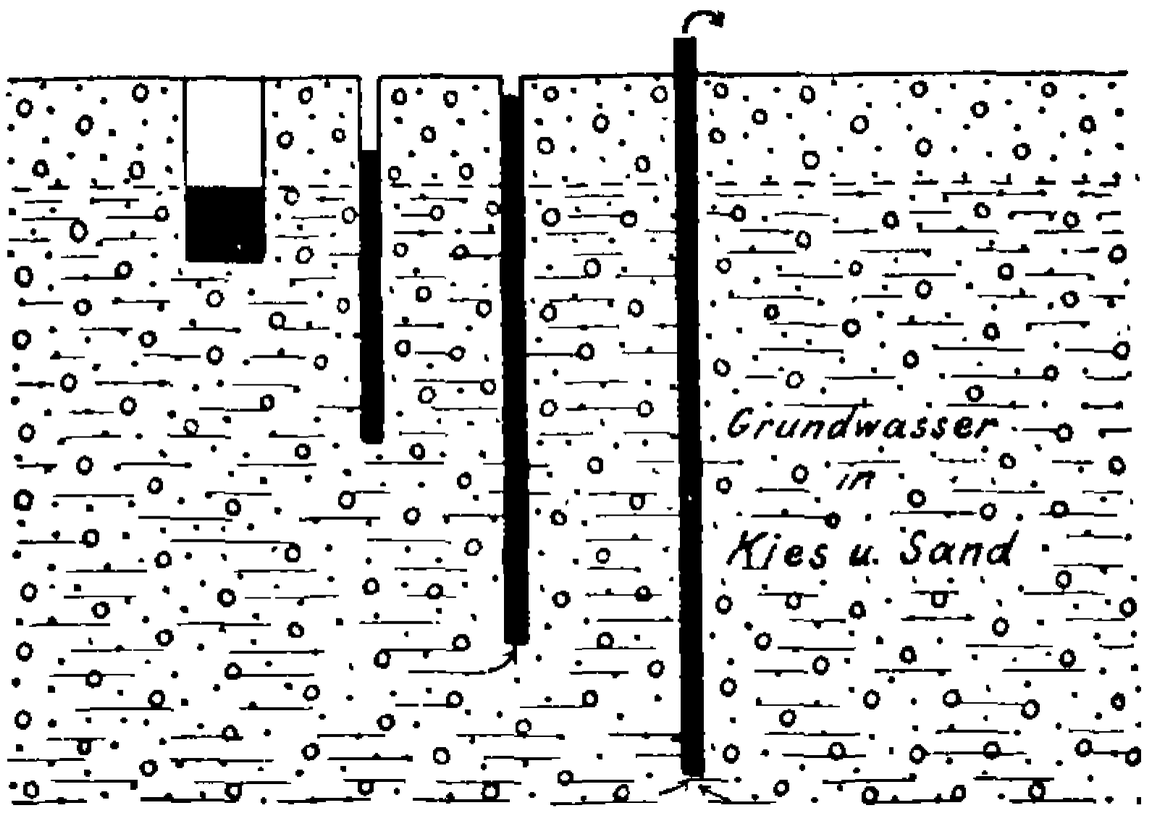
описываетъ подобный случай изъ нижнеэоценовыхъ отложеній въ сѣверозападной части штата Луизіана и въ южной части штата Арканзасъ. Фиг. 142 заимствована изъ его работы.

Мѣстность здѣсь сложена преимущественно песками съ включенными въ нихъ неправильной формы изолированными



Фиг. 142.

прослоями глинъ. Вода можетъ быть получена здѣсь въ любомъ мѣстѣ и подъемъ ея зависитъ не столько отъ высоты уровня грунтовыхъ водъ, сколько отъ топографическаго положенія устья скважины. Такимъ образомъ, въ нѣкоторыхъ скважинахъ піезо-



Фиг. 143.

метрическій уровень воды, обозначенной на фиг. 142 черной краской, располагается ниже уровня грунтовыхъ водъ, а въ нѣкоторыхъ (на чертежѣ слѣва) выше поверхности земли.

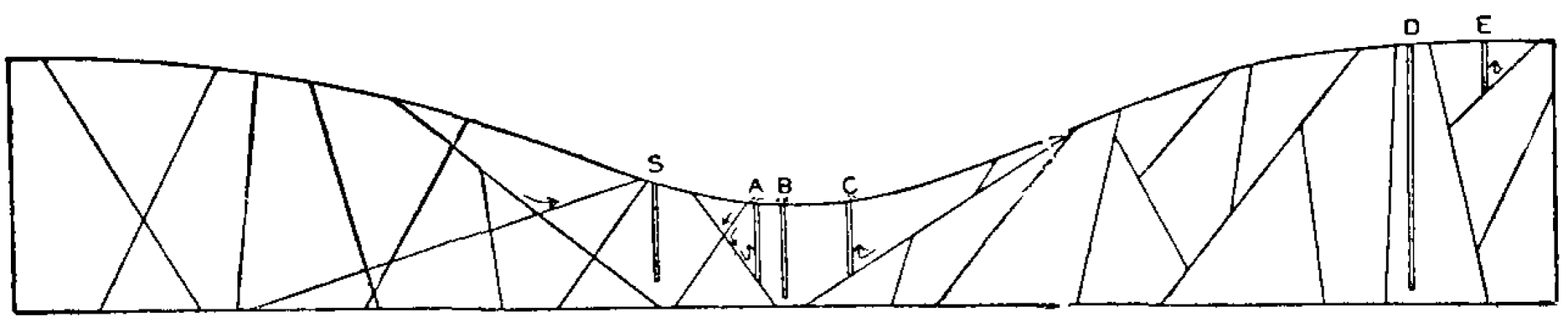
6. Уменьшающаяся кверху водопроницаемость согласно падающихъ слоевъ.

Разница въ водопроницаемости сходныхъ съ петрографической точки зрѣнія пластовъ уже обусловливаетъ возможность образованія артезіанской воды. Въ рѣчныхъ долинахъ съ боль-

шимъ уклономъ величина отдѣльныхъ зеренъ, слагающихъ рѣчныя отложенія, обычно увеличивается въ глубину, соотвѣтственно чему увеличивается водопроницаемость, а съ другой стороны — уменьшается потеря напора отъ тренія. Благодаря этому, въ скважинахъ, проведенныхъ въ такихъ мѣстностяхъ, наблюдается увеличеніе подъема воды въ скважинѣ по мѣрѣ увеличенія глубины послѣдней (фиг. 143)..

7. Трещины и пустоты.

Не менѣе просты условія образованія артезіанской воды въ трещиноватыхъ массивныхъ породахъ, трещины которыхъ наполнены водой. Если въ такой породѣ, напримѣръ, въ трещиноватомъ гранитѣ, пробурить скважину (фиг. 144), которая встрѣтила бы водоносную трещину ниже уровня воды въ послѣдней, то



Фиг. 144.

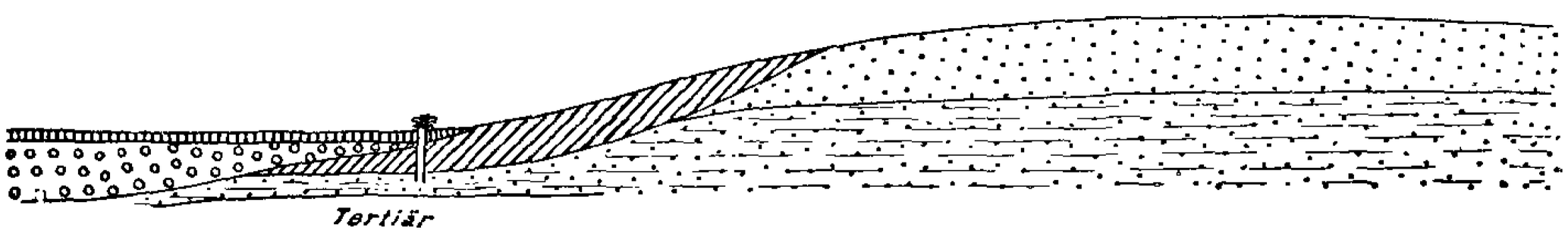
вода въ скважинѣ поднимается или до земной поверхности или же остановится на болѣе или менѣе значительномъ разстояніи отъ нея, въ зависимости отъ превышенія устья скважины надъ уровнемъ воды въ питающей скажину трещинѣ.

ГЛАВА 37.

Происхожденіе артезіанскихъ водъ и образованіе гидростатическаго давленія; термическія условія.

Въ настоящее время является твердо установленнымъ тотъ фактъ, что артезіанская вода происходитъ изъ поверхностныхъ водъ, проникающихъ вглубь земного шара, и что она не является, какъ это раньше принималось, на дневную поверхность изъ невѣдомыхъ глубинъ, выталкиваемая оттуда какими-то таинственными силами. Это доказывается прежде всего тѣмъ, что изъ скважинъ вмѣстѣ съ артезіанской водою нерѣдко выносятся животныя и растенія, живущія на поверхности земли, а во вторыхъ, зависимостью между производительностью артезіанскихъ скважинъ, съ одной стороны, и высотою стоянія уровня грунтовыхъ водъ и метеорологическими факторами — съ другой. Въ очень многихъ скважинахъ наблюдалось, что вода выноситъ съ собою различныхъ животныхъ и растенія. Такъ, напримѣръ, скважина

водятъ къ тѣмъ же результатамъ. Если въ какой либо мѣстности наклонъ поверхности меньше, чѣмъ уголъ паденія слабо наклонныхъ пластовъ, залегающихъ глубже, и если породы, изъ которыхъ сложены эти пласты, обнаруживаютъ нѣкоторую разницу въ водопроницаемости, то на лицо имѣются всѣ условія для образованія артезіанской воды. Въ случаѣ, изображенномъ на фиг. 140, a и b — водопроницаемые пласты, залегающіе среди водонепроницаемыхъ; тогда въ мѣстѣ выхода ихъ на поверхность въ нихъ поступаетъ вода и стекаетъ по наклону пластовъ вглубь, откуда она буреніемъ въ любомъ мѣстѣ можетъ быть выведена на поверхность или же, смотря по разницѣ высотъ, остановится на небольшой глубинѣ подъ поверхностью земли.



Фиг. 141.

4. Налеганіе водонепроницаемыхъ пластовъ.

Дальнѣйшій очень простой случай образованія артезіанской воды представленъ на фиг. 141. Обыкновенная грунтовая вода можетъ пріобрѣсти свойства артезіанской въ томъ случаѣ, если на водопроницаемую породу налегаетъ слой водонепроницаемой породы, соприкасающейся своею нижнею поверхностью съ уровнемъ грунтовыхъ водъ. Подобнаго рода случаи нерѣдки въ четвертичныхъ образованіяхъ, гдѣ водонепроницаемыя моренныя глины и глинистые мергеля играютъ роль подпирающихъ воду пластовъ.

5. Включеніе водонепроницаемыхъ прослоевъ.

Нѣтъ никакой необходимости въ томъ, чтобы водонепроницаемые пласты, подъ которыми вода получаетъ напоръ, благодаря ихъ воздѣйствію, имѣли значительное пространственное протяженіе. Для этой цѣли вполнѣ достаточно присутствіе лишь болѣе или менѣе вытянутыхъ въ длину водонепроницаемыхъ прослоевъ въ общей массѣ водопроницаемыхъ породъ. Гордонъ[1])

1) Gordon, C. H., Geology and underground waters of northeastern Texas. U. S. Geol. Survey, Water Supply Paper № 276. Wash. 1911.

банія производительности вмѣстѣ съ приливомъ и отливомъ. Близъ Фулхэмъ въ устьѣ Темзы скважина глубиною 97 метровъ даетъ во время прилива 363 литра, тогда какъ во время отлива всего 273 литра. Другія скважины, расположенныя еще ближе къ морю, даютъ во время прилива самоистекающую воду, между тѣмъ какъ во время отлива уровень ея устанавливается ниже поверхности земли.

Движеніе артезіанской воды вверхъ, будетъ ли то въ искусственно устроенныхъ скважинахъ или же въ природныхъ источникахъ, совершается подъ вліяніемъ гидростатическаго давленія. Нѣкоторые изслѣдователи, какъ, напримѣръ, Ienчъ по поводу упоминаемой ниже катастрофы въ Шнейдемюле или Торнквистъ въ отношеніи артезіанской воды въ палеозойскихъ отложеніяхъ сѣверо-восточной Пруссіи высказывали взглядъ, что подъемъ воды вверхъ совершается подъ вліяніемъ давленія вышележащихъ водонепроницаемыхъ породъ. Однако, уже Штапфъ показалъ, что подобное, такъ сказать, выдавливаніе воды изъ водоноснаго слоя возможно лишь въ томъ случаѣ, если отдѣльныя зерна породы, слагающей водоносный пластъ, будутъ раздроблены и слѣдовательно займутъ меньшій объемъ. Это, однако, нигдѣ и никогда не наблюдалось, почему единственно допустимымъ является предположеніе о гидростатическомъ давленіи, какъ о дѣйствующей силѣ. Предположеніе Торнквиста о томъ, что напоръ артезіанской воды въ Восточной Пруссіи получается подъ вліяніемъ Уральскихъ или Карпатскихъ горъ, слѣдуетъ признать слишкомъ преувеличеннымъ, ибо для того, чтобы скважины въ Мемелѣ или Пурмалленѣ, устья которыхъ расположены немного выше уровня моря и напоръ воды въ которыхъ не превосходитъ нѣсколькихъ метровъ надъ поверхностью земли, могли давать самоистекающую воду, достаточно подъема уровня грунтовыхъ водъ въ области питанія всего на 50 метровъ. Въ самой восточной Пруссіи значительная часть площади поднята на 100 и даже болѣе, чѣмъ на 200 метровъ надъ уровнемъ моря. Нѣтъ ничего невѣроятнаго въ томъ, что водоносный пластъ самъ поднятъ до надлежащей высоты; возможно, впрочемъ, что, благодаря тектоническимъ процессамъ или глубокой ледниковой эрозіи, онъ сообщается съ водоносными пластами мѣлового возраста или, что вѣроятнѣе, съ пластами дилювіальнаго возраста, такъ что наличность напора здѣсь объясняется самымъ простымъ образомъ.

Ienчъ, далѣе, высказываетъ мнѣніе, что подъемъ артезіанской воды обусловливается микросейсмическими пульсаціями земной коры и что, такимъ образомъ, онъ управляется законами не гидростатики, а гидродинамики; въ пользу правильности та-

въ Tours, глубиною въ 110 м., вытекала изъ обсадныхъ трубъ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ, вынося съ собою массу мелкаго песка, въ которомъ находились стебли растеній и раковины наземныхъ и прѣсноводныхъ моллюсковъ. Среди остатковъ растеній были опредѣлены части *Galium uliginosum*, а изъ моллюсковъ — *Planorbis marginatus*, *Helix rotundata* и *Helix striata*. Дюжарденъ, по внѣшнему виду этихъ остатковъ, заключилъ, что они находились подъ землею въ продолженіе 3—4 мѣсяцевъ. Вѣроятно, во время наводненія они были затянуты въ пластъ водопроницаемой породы и двигались по промежуткамъ между слагавшими ее частицами до тѣхъ поръ, пока не попали въ скважину. Весьма возможно, что лишь очень незначительная часть организмовъ, попавшихъ такимъ образомъ въ породу, вновь возвращается на дневную поверхность; значительная же часть ихъ, вѣроятно, задерживается въ породѣ при движеніи по ней воды. Изъ одной скважины въ Бохумѣ съ глубины 45 метровъ были выброшены мелкія рыбки, длиною 8—10 сантиметровъ, хотя нигдѣ въ окрестности на 10 километровъ не имѣется ни одного воднаго бассейна, въ которомъ водились бы рыбы. Въ особенности извѣстны богатствомъ фауны, состоящей изъ моллюсковъ, рыбъ и прѣсноводныхъ крабовъ, артезіанскія скважины алжирской Сахары; фауна эта хорошо изучена. Изъ этихъ скважинъ вмѣстѣ съ артезіанской водой выносятся маленькіе прѣсноводные краббы (Telphuta), прѣсноводные моллюски и маленькіе карпы (Cyprinіden); всякая ошибка въ этомъ отношеніи устранена тѣмъ, что вокругъ устья скважины устроена мелкоячеистая прочная сѣтка, въ которой задерживаются всѣ выносимые водою организмы.

Вторымъ обстоятельствомъ, доказывающимъ то, что артезіанскія воды образуются изъ атмосферныхъ осадковъ, является зависимость между запасами артезіанской воды и различными факторами на земной поверхности. Такъ, измѣреніями въ 40-хъ годахъ установлено, что производительность скважины Рольмансбрунненъ близъ Herne, изъ которой вода выливается самотекомъ, зависитъ отъ количества выпавшихъ въ различные годы осадковъ. Производительность этой скважины въ минуту была:

въ	1846	году	25,75	куб.	футовъ	при	25,16	дюймахъ осадковъ
„	1847	„	21,8	„	„	„	21,8	„ „
„	1848	„	24,1	„	„	„	29,0	„ „
„	1849	„	20,7	„	„	„	24,7	„ „

Производительность артезіанскихъ скважинъ, расположенныхъ вблизи моря, колеблется въ зависимости отъ прилива и отлива. Скважина въ военномъ госпиталѣ въ Лиллѣ, даже несмотря на значительное удаленіе отъ моря, обнаруживаетъ коле-

ГЛАВА 38.

Измѣренія напора и водонапорныя карты.

Артезіанская вода въ каждой мѣстности находится подъ опредѣленнымъ напоромъ. Напоръ можетъ быть измѣренъ въ каждой скважинѣ и выражается высотою, на которую поднимается вода въ обсадныхъ трубахъ. Если высота подъема находится выше земной поверхности, то обсадныя трубы для измѣренія напора необходимо наращивать до такой высоты, чтобы вода не могла уже переливаться изъ нихъ. Однако, такое наращиваніе не является необходимымъ: возможно измѣрить напоръ въ любой точкѣ скважины при помощи манометра, перечисляя напоръ, выраженный въ атмосферахъ, на высоту подъема воды, считая, что одна атмосфера соотвѣтствуетъ подъему воды на 10 метровъ. Уровень, до котораго поднимается вода въ скважинѣ, называется піезометрическимъ уровнемъ или высотою напора. Если возможно произвести измѣреніе напора во многихъ скважинахъ даннаго артезіанскаго бассейна, питающихся водою изъ одного и того же пласта, то, какъ и для грунтовыхъ водъ, мы можемъ построить горизонтали давленія артезіанскихъ водъ. На фиг. 145 представлена карта, на которой нанесены такія горизонтали для района Лаузицъ между Руландомъ и Эльстерверда. Здѣсь артезіанскія скважины питаются водою изъ отложеній буроугольной формаціи юрской системы, прикрытыхъ сверху водонепроницаемыми породами третичнаго возраста. Большое количество скважинъ, проведенныхъ въ поискахъ бураго угля, дало возможность составить подобную карту для значительнаго района, изображающую въ деталяхъ условія залеганія артезіанской воды въ этой мѣстности. Если горизонтали сближаются, то это показываетъ, что пласты, по которымъ движется вода, плохо проницаемы для нея; наоборотъ, если напоръ на значительномъ пространствѣ остается постояннымъ, это показываетъ, что водоносный пластъ сравнительно легко проницаемъ.

Особенный интересъ представляетъ глубокая депрессія піезометрической поверхности въ югозападной части области, представленной на приложенной картѣ (фиг. 145); эта депрессія совпадаетъ на значительномъ протяженіи съ зоной интенсивнаго нарушенія залеганія породъ буроугольной формаціи. Здѣсь мы имѣемъ доказательство, что подобныя нарушенія залеганія настолько сильно отражаются на всемъ водномъ режимѣ, что по другую сторону линіи нарушенія совершенно не имѣется артезіанской воды. Благодаря такому нарушенію залеганія, напоръ

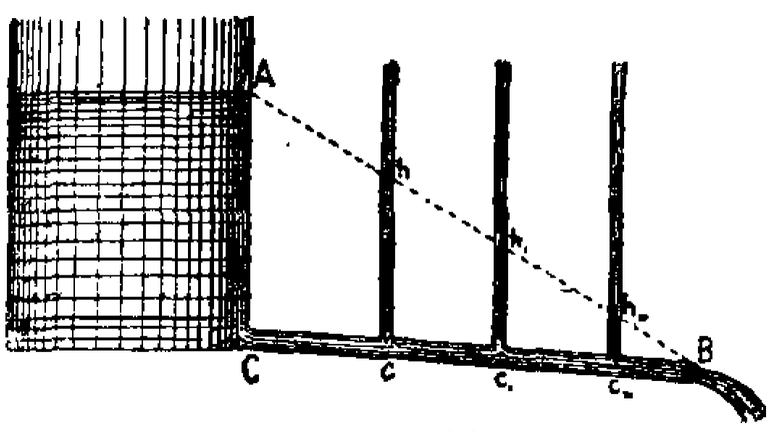
кого взгляда онъ, однако, по моему мнѣнію, не приводитъ ни малѣйшихъ доказательствъ.

Въ простѣйшемъ случаѣ, именно въ случаѣ мульдообразнаго залеганія чередующихся между собою водопроницаемыхъ и водонепроницаемыхъ пластовъ, вода, просачивающаяся въ первые, движется внизъ, слѣдуя силѣ тяжести. Но какъ только такой водоносный пластъ будетъ ограниченъ сверху и снизу водонепроницаемыми породами и вода не можетъ далѣе продолжать свой путь, то начинаетъ появляться напоръ подъ давленіемъ вышележащаго столба воды, и артезіанская вода, подобно жидкостямъ въ сообщающихся сосудахъ, движется вверхъ и внизъ, слѣдуя всѣмъ изгибамъ водоноснаго пласта. Если такая система слоевъ будетъ гдѣ-либо вскрыта эрозіей въ такомъ пунктѣ, который залегаетъ ниже уровня грунтовыхъ водъ въ области питанія, то въ этомъ мѣстѣ появятся восходящіе источники. Если въ болѣе низкихъ частяхъ мульды провести буровыя скважины, то вода въ послѣднихъ поднимется до высоты, соотвѣтствующей имѣющемуся напору. Гораздо чаще наблюдается, однако, такой случай, что вода, заключенная въ наклонныхъ пластахъ, движется по нимъ внизъ до тѣхъ поръ, пока непрерывность пласта не будетъ нарушена сбросомъ, или изліяніями массивныхъ породъ, или же рудными жилами. Въ подобныхъ случаяхъ или сама сбросовая трещина, или же болѣе или менѣе пористая жильная порода, въ которой заключены жилы, являются сообщающимися сосудами, по которымъ вода поднимается вверхъ, избирая болѣе короткій путь, совершаемый, разумѣется, и въ болѣе короткій срокъ, чѣмъ потребно для движенія ея внизъ.

Температура артезіанскихъ водъ зависитъ, какъ само собою понятно, отъ глубины, на которую опускается вода, образующая въ данной мѣстности запасы артезіанской воды. Температура будетъ тѣмъ выше, чѣмъ глубже проникнетъ питающая вода и обусловливается увеличеніемъ температуры земного шара съ глубиною, соотвѣтственно величинѣ геотермическаго градіента (см. стр. 129). Даже въ скважинахъ, глубина которыхъ не превосходитъ нѣсколькихъ сотъ метровъ, наблюдались температуры, значительно превосходящія температуру грунтовой воды. Такъ, напримѣръ, температура артезіанской воды, изливающейся изъ Гренельской скважины, равна 27,6° С.; температура воды, изливающейся изъ скважины въ Rehme съ глубины 700 метровъ, равна 33,6° С. Еще болѣе значительныя температуры наблюдаются въ тѣхъ случаяхъ, когда артезіанская вода изъ большихъ глубинъ сравнительно быстро поднимается до земной поверхности. Примѣры подобнаго рода будутъ приведены ниже.

врѣзывающейся въ землю, буреніе при извѣстныхъ условіяхъ можетъ дать обильную самоистекающую воду, тогда какъ вода въ скважинѣ, заложенной на плато, остановится глубоко подъ поверхностью (см. фиг. 139). Высота подъема артезіанской воды надъ поверхностью земли, конечно, весьма различна въ разныхъ мѣстностяхъ и въ особо благопріятныхъ случаяхъ, какъ мы увидимъ ниже, при описаніи условій залеганія артезіанской воды въ штатахъ Небраска и Дакота въ Сѣверной Америкѣ, достигаетъ 200 метровъ.

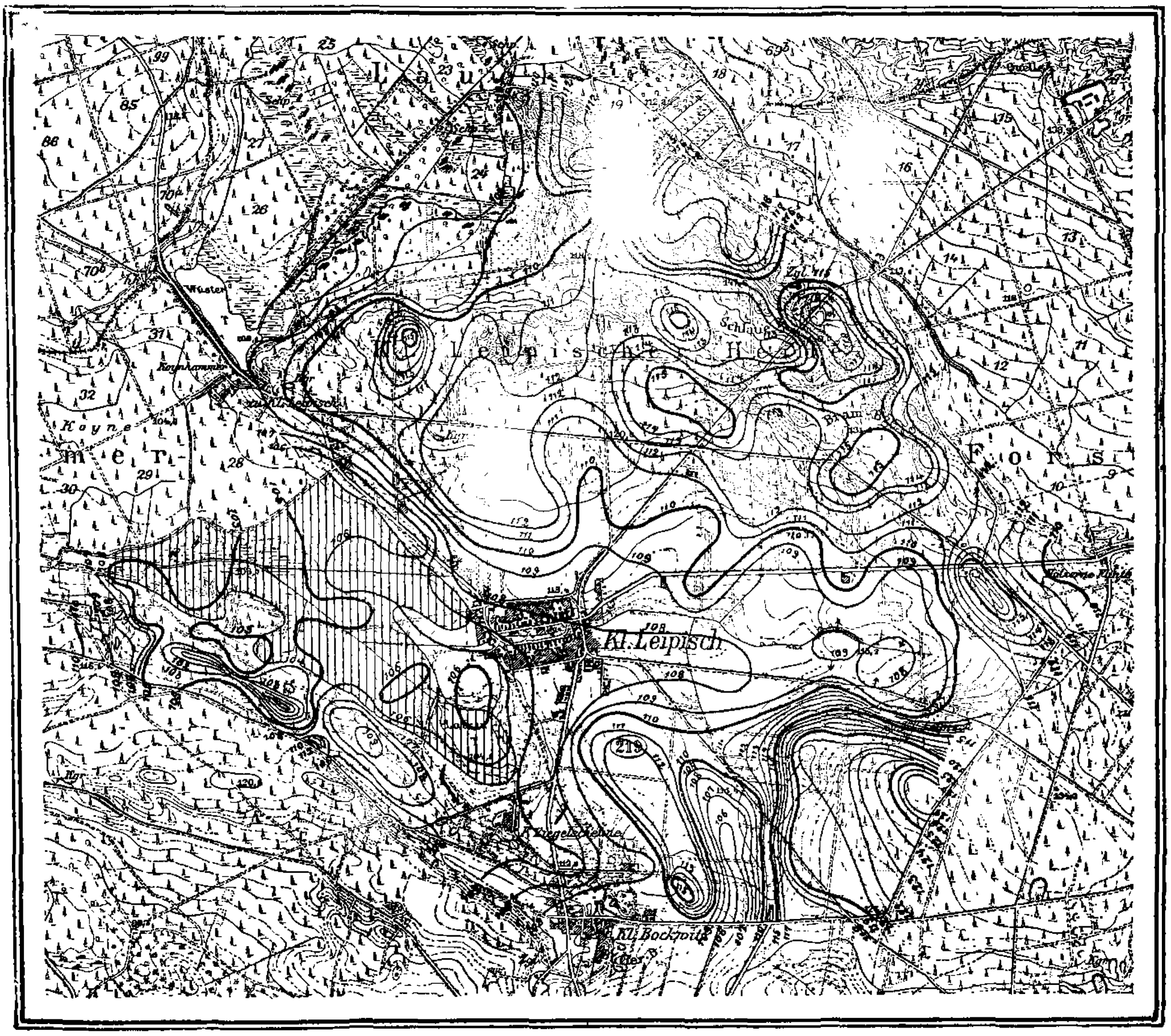
Простой законъ гидростатики, выражающій условія равновѣсія воды въ сообщающихся сосудахъ, не примѣнимъ въ тѣхъ случаяхъ, когда пласты, по которымъ движется артезіанская вода, не образуютъ замкнутой со всѣхъ сторонъ мульды, но когда нисходящая вѣтвь водоноснаго пласта гдѣ-либо перерѣзана процессами размыва, такъ что вода вытекаетъ изъ него въ видѣ источниковъ. Въ подобныхъ мѣстахъ вода вытекаетъ въ теченіе продолжительнаго времени, но взамѣнъ ушедшей поступаютъ новыя количества изъ области напора и, наконецъ, изъ области питанія, такъ что въ такихъ случаяхъ имѣется уже не резервуаръ со стоящей спокойно водою, но потокъ воды, находящейся въ движеніи. Законы, которымъ слѣдуетъ подъемъ воды въ буровыхъ скважинахъ при условіи движущейся воды, прекрасно воспроизводится на опытѣ при помощи прибора, изображеннаго на фиг. 146. Сосудъ A снабженъ въ нижней части отверстіемъ C съ трубкою, которая на другомъ концѣ B закрывается краномъ. Къ отводной трубкѣ B—C придѣланы три трубки той же высоты, что и сосудъ A. До тѣхъ поръ, пока кранъ въ концѣ трубки B—C закрытъ, вода во всѣхъ трехъ вертикальныхъ трубкахъ стоитъ на томъ же уровнѣ, что и въ сосудѣ A. Но съ открытіемъ крана B уровень воды въ нихъ понижается, причемъ пониженіе это тѣмъ сильнѣе, чѣмъ ближе трубка расположена къ B. Если соединить линіей эти пониженные уровни воды, то окажется, что они лежатъ почти на прямой линіи, соединяющей уровень воды въ A съ мѣстомъ истеченія B. Другими словами: давленіе въ каждой отдѣльной трубкѣ пропорціонально разстоянію пунктовъ c, c,, c,, — отъ B. Ясно, что сосудъ A въ этомъ опытѣ представляетъ не что иное, какъ область питанія артезіанскаго бассейна, C — область напора и B — область стока, а трубки c, c,, c,, — буровыя скважины. Произведенный опытъ непосредственно убѣждаетъ насъ въ томъ, что высота подъема воды въ скважинахъ для различныхъ ча-



Фиг. 146.

какъ бы совершенно пропадаетъ и артезіанская вода обращается въ обыкновенную грунтовую.

Піезометрическая поверхность залегаетъ ниже земной поверхности, если артезіанская вода не достигаетъ послѣдней и, наоборотъ, первая лежитъ выше послѣдней, если артезіанская вода выливается изъ скважины самотекомъ. Первую называютъ отрицательной, вторую положительной частью піезометрической

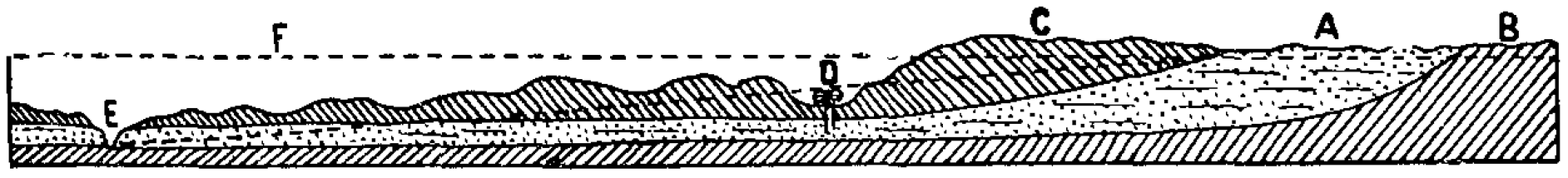


Фиг. 145. Горизонтали давленія артезіанскихъ водъ въ бассейнѣ Kl. Leipisch. Вертикальная штриховка обозначаетъ районъ съ положительнымъ піезометрическимъ уровнемъ артезіанскихъ водъ. Масштабъ 1 : 50.000.

поверхности. По линіи, гдѣ онѣ соприкасаются, артезіанская вода поднимется какъ разъ до поверхности земли. Если рельефъ поверхности изображенъ при помощи горизонталей, отнесенныхъ къ нулевой горизонтали, проведенной черезъ подобные пункты, какъ линіи одинаковаго напора, то путемъ непосредственнаго разсмотрѣнія карты можно точно опредѣлить районы положительной и отрицательной частей піезометрической поверхности. Изъ только что сказаннаго ясно, что въ долинѣ, сильно

стей артезіанскаго бассейна измѣняется въ очень широкихъ предѣлахъ, если только вода изъ водоноснаго пласта выходитъ гдѣлибо на поверхность въ видѣ источниковъ. Другимъ слѣдствіемъ этого же опыта является заключеніе, что буреніе скважинъ съ самоистекающей водою возможно лишь въ сравнительно рѣдкихъ случаяхъ. Такъ, напримѣръ, въ случаѣ, представленномъ на фиг. 147, A — область питанія, E — область естественнаго истеченія артезіанской воды; при этихъ условіяхъ піезометрическій уровень ея выразится не линіей F, какъ было бы въ случаѣ отсутствія стока, но линіей EA. Изъ этого чертежа ясно видно, что поверхность напора остается отрицательной и становится положительной лишь на небольшомъ протяженіи близъ D; только въ этомъ послѣднемъ пунктѣ и можно получить самоистекающую артезіанскую воду.

Линія, соединяющая уровни воды въ трубкахъ c, $c_{,}$, $c_{,,}$ — прямая; если вообразить, что трубка B—C замѣнена невысокимъ кольцомъ вокругъ сосуда A, то при этомъ условіи получится



Фиг. 147.

поверхность напора, имѣющая видъ конуса. Въ природѣ, конечно, условія движенія артезіанскихъ водъ гораздо сложнѣе. Прежде всего разница между природными условіями и условіями вышеприведеннаго опыта заключается въ томъ, что вода въ природѣ течетъ не по руслу, ограниченному правильными берегами, но по пласту, мощность котораго мѣняется, уголъ наклона котораго къ горизонту то увеличивается, то уменьшается; иногда же на значительномъ протяженіи пластъ залегаетъ горизонтально. Въ особенности же большое различіе обусловливается наличностью въ природныхъ условіяхъ внутренняго тренія движущейся воды о частицы породы, изъ которой сложенъ пластъ, такъ какъ вода по пласту совершаетъ чрезвычайно извилистый путь черезъ безчисленныя поры, протяжки и пустоты въ породѣ. Въ одномъ мѣстѣ водоносный пластъ сложенъ изъ грубозернистой породы и легко пропускаетъ воду, наоборотъ, въ другомъ — промежутки дѣлаются очень малыми и происходитъ своего рода подземный подпоръ воды. Наконецъ, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ имѣются пустоты въ видѣ трубокъ или рукавовъ, по которымъ вода протекаетъ въ условіяхъ, близкихъ къ вышеописанному опыту. Изъ всего этого вполнѣ понятно, что напорныя линіи и плоскости въ каждомъ данномъ бассейнѣ представляютъ причудливыя и

запутанныя очертанія, но при наличности большого числа скважинъ въ этой запутанности не трудно разобраться, до извѣстной степени точно, и нанести полученные результаты на карту или, вообще, изобразить ихъ такъ или иначе.

ГЛАВА 39.

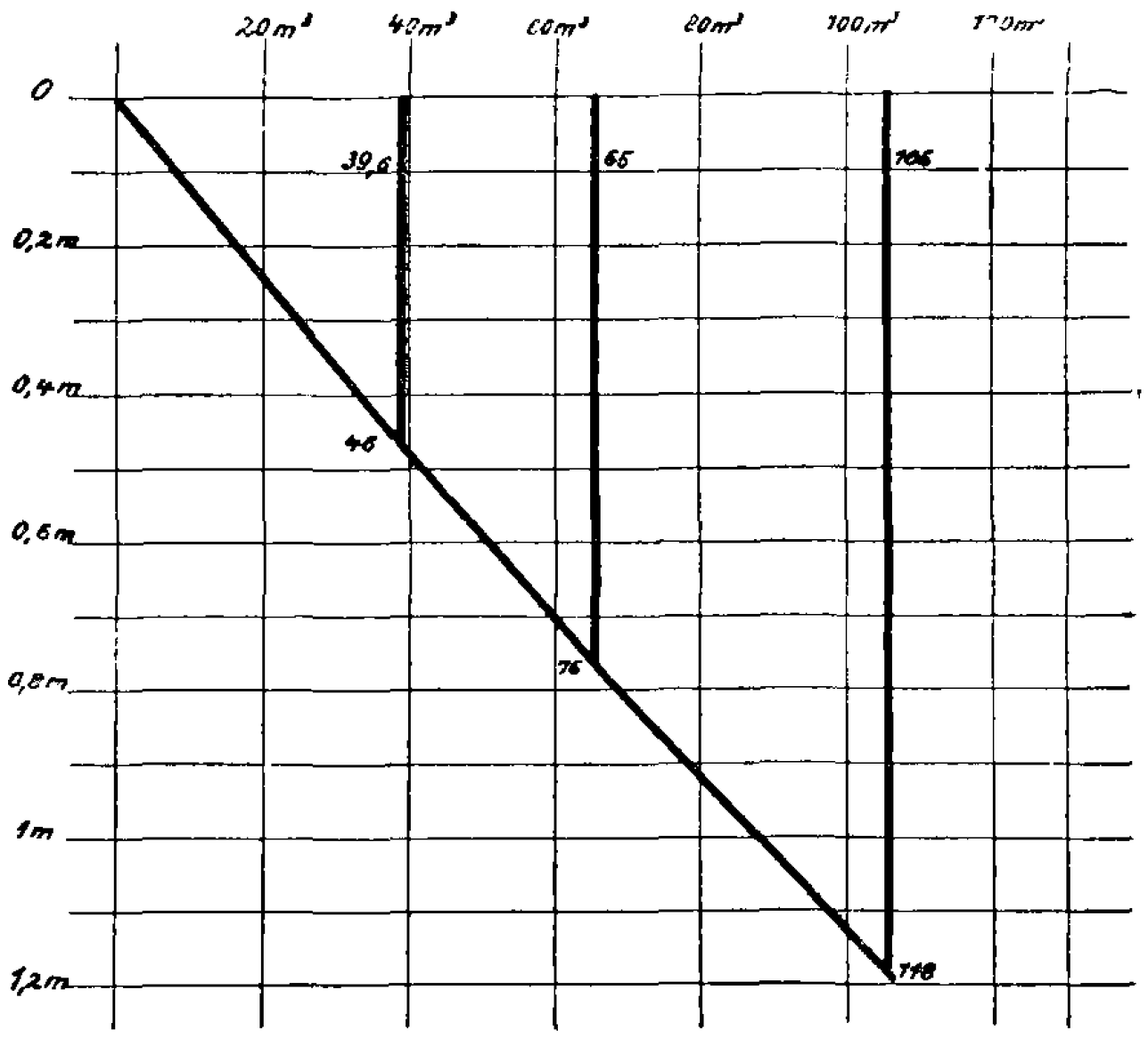
Производительность или дебитъ артезіанскихъ скважинъ.

Если изъ скважины или изъ источника, питающихся артезіанской водою, произвести откачиваніе послѣдней, то уровень воды въ нихъ понижается такъ же, какъ и у грунтовыхъ водъ, но законы этого пониженія для артезіанскихъ водъ существенно иные; производительность артезіанской скважины остается постоянной, если выкачивается одно и то же количество воды, и, наоборотъ, падаетъ или повышается вмѣстѣ съ измѣненіемъ количества выкачиваемой воды. Уровень артезіанской воды понижается чрезвычайно быстро, въ большинствѣ случаевъ черезъ нѣсколько секундъ или самое большее черезъ нѣсколько минутъ, во всякомъ случаѣ быстрѣе, чѣмъ у обыкновенныхъ грунтовыхъ водъ. Точно также, по окончаніи откачки, вода быстро устремляется вверхъ и иногда, подъ напоромъ снизу, въ теченіе нѣсколькихъ мгновеній достигаетъ своего первоначальнаго уровня. Не трудно установить отношеніе между величиной пониженія уровня и количествомъ выкачиваемой воды. Для этой цѣли производятъ откачку насосомъ, выкачивая опредѣленное количество воды въ минуту, до тѣхъ поръ, пока не установится постоянный уровень воды въ скважинѣ, и измѣряютъ величину пониженія его. Послѣ этого начинаютъ болѣе сильную откачку, забирая большее количество воды, и снова измѣряютъ пониженіе уровня, и такъ далѣе нѣсколько разъ; такимъ образомъ, получается рядъ числовыхъ значеній для отношенія между количествомъ забираемой воды и пониженіемъ ея уровня. Нанеся количества выкачиваемой воды по оси абсциссъ, а соотвѣтствующія величины пониженія уровня по оси ординатъ, получимъ кривую, чрезвычайно близко приближающуюся къ прямой линіи, что было теоретически установлено изслѣдованіями Дрю[1]). Эта закономѣрность, впрочемъ, имѣетъ мѣсто не для всей глубины скважины, но лишь для верхней ея части, которая тѣмъ больше, чѣмъ больше діаметръ скважины и чѣмъ легче проницаемъ для воды водоносный пластъ. Изъ каждой скважины въ наиболѣе благопріятномъ случаѣ можно получить столько воды, сколько ея про-

1) Société des Ingénieurs Civils, Séance du 1. Février et 7. Mars 1862.

ходитъ, при данномъ давленіи, черезъ фильтръ, а такъ какъ поверхности фильтровъ, при одинаковой длинѣ ихъ, относятся, какъ діаметры скважинъ, то увеличеніе производительности скважины вмѣстѣ съ увеличеніемъ ея діаметра вполнѣ понятно.

Ниже я приведу примѣръ опредѣленія дебита одной артезіанской скважины желѣзнодорожнаго водопровода станціи Вольмирштедтъ близъ Магдебурга и изслѣдованной мною, совмѣстно съ Нимановъ, въ декабрѣ 1909 года. Водопроводъ этотъ питается водою изъ артезіанскаго бассейна долины р. Оре, описаннаго далѣе; скважины расположены вдоль желѣзнодорожной линіи, перпендикулярно къ рѣкѣ, въ направленіи теченія артезіанской



Фиг. 148.

воды. Вода изъ одной скважины, проведенной въ разстояніи 13,3 км. отъ Вольмирштедта, откачивается локомобилемъ; вода протекаетъ черезъ мѣрный ящикъ и количества ея измѣрялись въ отверстіи шириною въ 30 сантиметровъ. Число метровъ воды въ секунду, соотвѣтствующее 1 сантиметру по высотѣ въ этомъ отверстіи, было вычислено по таблицамъ Тиле. Вліяніе, которое откачка воды изъ этой скважины производитъ на сосѣднія, было опредѣлено въ контрольныхъ колодцахъ на 13,4, 13,6 и 13,9 клм.

Откачка была начата 6 XII 09 въ 10 ч. утра и продолжалась до 5 ч. утра 8 XII 09. Количества откачиваемой воды колебались отъ 105 до 115 куб. метровъ въ часъ, соотвѣтствующее пониженіе уровня — отъ 1,16 до 1,28 метра. Въ скважинѣ, расположенной на 100 метровъ далѣе, пониженіе равнялось 5 санти-

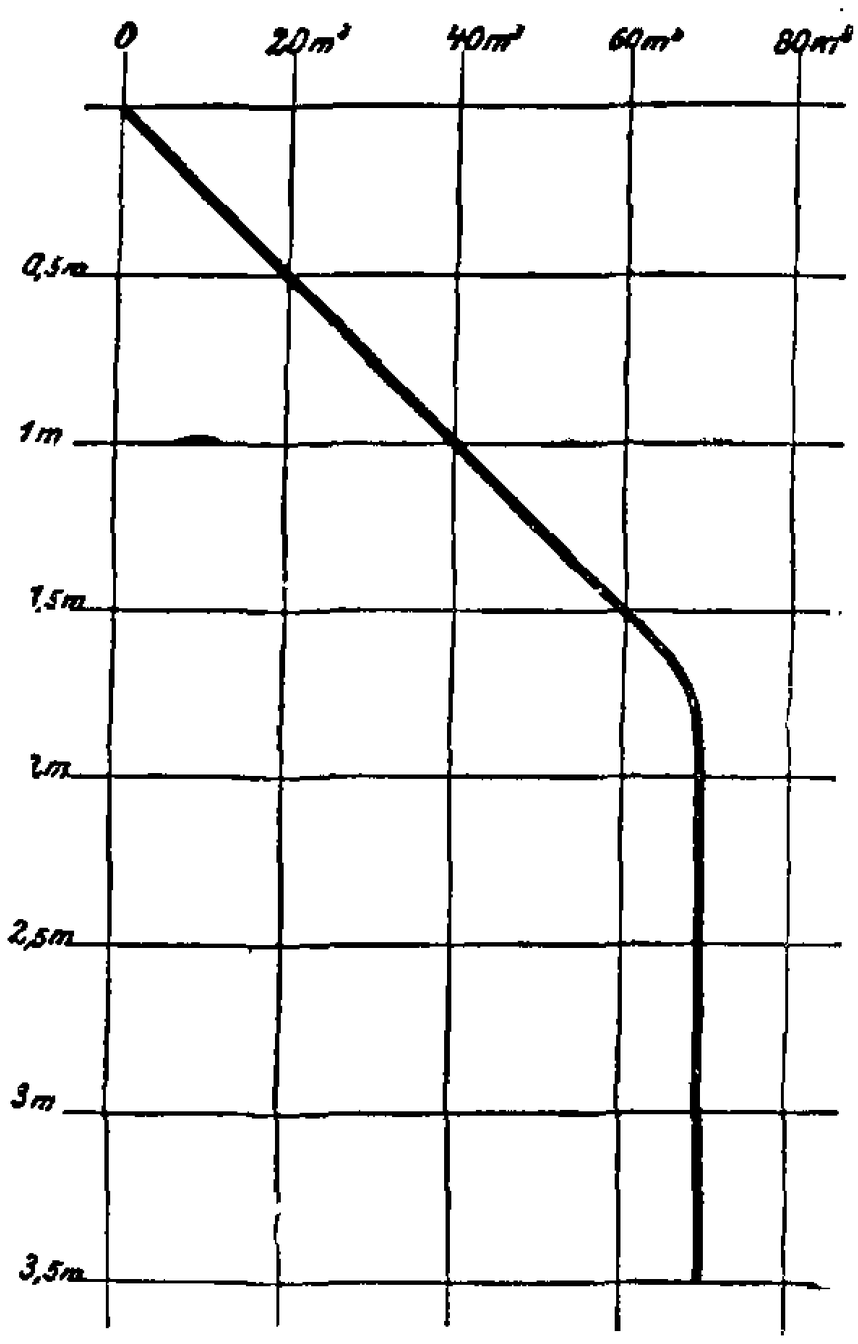
метрамъ, въ скважинѣ, находящейся еще на 25 метровъ далѣе, не наблюдалось никакого измѣненія уровня и тѣмъ болѣе, конечно, въ скважинахъ на 13,6 и 13,9 километрахъ.

Постоянный пониженный уровень установился черезъ нѣсколько секундъ послѣ начала дѣйствія наноса. Какъ только работа насоса прекратилась, уровень воды уже черезъ 10 секундъ установился на первоначальной высотѣ.

7 декабря я приказалъ закрыть клапанъ напорной трубы локомобиля настолько, чтобы отверстіе у дна мѣрнаго ящика равнялось $7\,^1/_2$ сант., что соотвѣтствовало требовавшемуся количеству воды 39,6 куб. метровъ въ часъ. При этомъ пониженіе уровня въ фильтрѣ равнялось 46 см. Затѣмъ количество поднимаемой насосомъ воды было увеличено, причемъ получились слѣдующія цифры:

при отверстіи $10\,^1/_2$ см., соотвѣтственно 65 куб. м. въ часъ, пониженіе равно 76 см.,

при отверстіи $14\,^1/_2$ см., соотвѣтственно 105 куб. м. въ часъ, пониженіе равно 118 см.



Фиг. 149.

Нанеся количества подаваемой воды въ куб. м. въ часъ по оси абсциссъ, а соотвѣтствующія пониженія по оси ординатъ, была получена кривая фиг. 148, которая почти не отличается отъ прямой линіи, требующейся согласно теоріи.

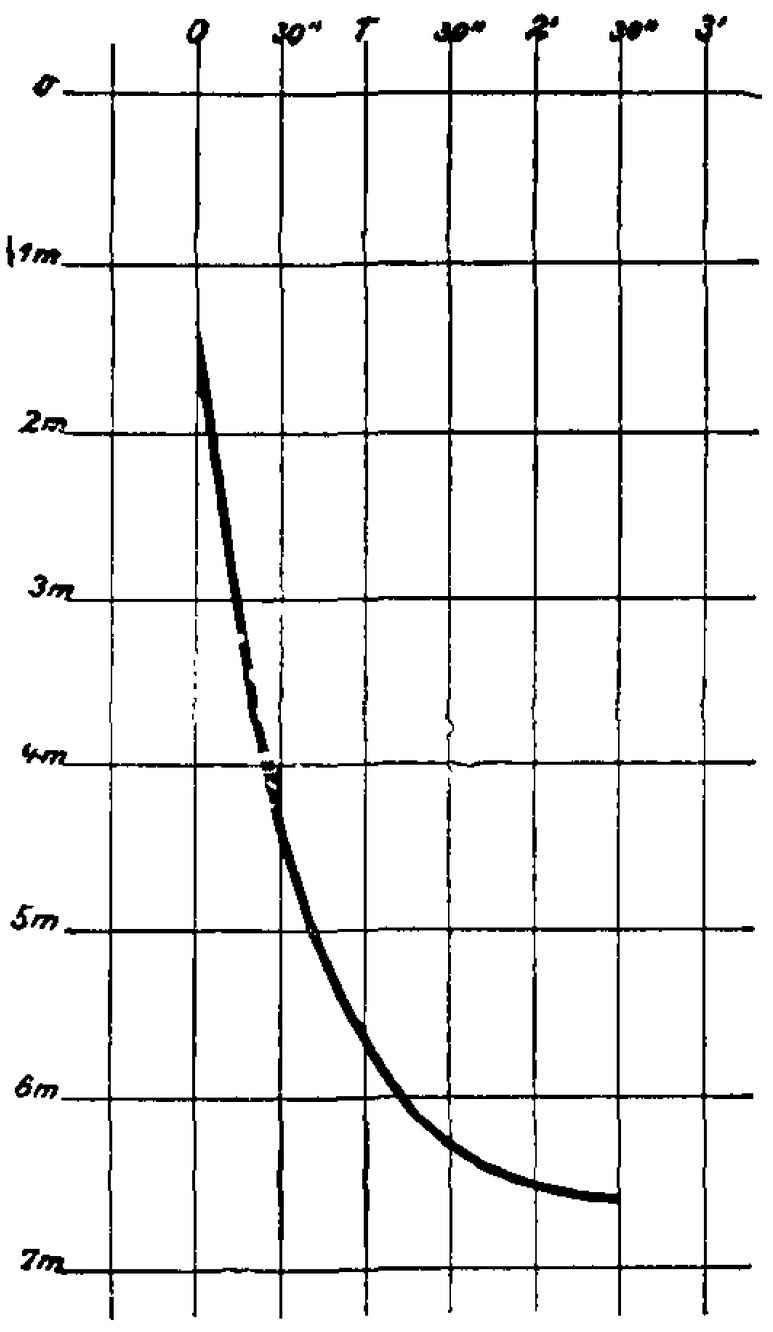
Разумѣется, пониженіе уровня, пропорціональное количеству выкачиваемой воды, достигнетъ предѣльной величины, когда будетъ выкачиваться изъ скважины количество воды, равное ея производительности; наступленіе этого момента зависитъ отъ діаметра скважины, отъ степени проницаемости водоноснаго пласта и отъ величины работающей поверхности фильтра. Практически можно установить это пониженіе, увеличивая количество откачиваемой воды до тѣхъ поръ, пока оно не достигнетъ наибольшаго значенія; съ этого момента уровень воды начнетъ быстро понижаться, но количество подаваемой воды уже не будетъ увеличиваться. Кривая пониженія уровня въ скважинѣ, въ которой откачивается количество воды, большее производительности скважины, изображена на фиг. 149.

черезъ 2,0 мин. до 2,65 метр. черезъ 10,5 мин. до 1,67 метр.
„ 3,0 „ „ 2,22 „ „ 21,5 „ „ 1,45 „

Эти цифры изображены въ видѣ кривой (фиг. 150), имѣющей большое сходство съ формой депрессіонной воронки.

Гораздо быстрѣе происходитъ пониженіе уровня въ томъ же колодцѣ при возобновленіи откачки. При началѣ откачки вода стояла на 1,45 м. отъ поверхности,

черезъ 10″ на глубинѣ 2,75 м. черезъ 1′20″ на глубинѣ 6,08 м.
„ 20″ „ „ 3,55 „ „ 1′40″ „ „ 6,37 „
„ 40″ „ „ 4,80 „ „ 2′ „ „ 6,48 „
„ 1′ „ „ 5,60 „ „ 2′20″ „ „ 6,58 „

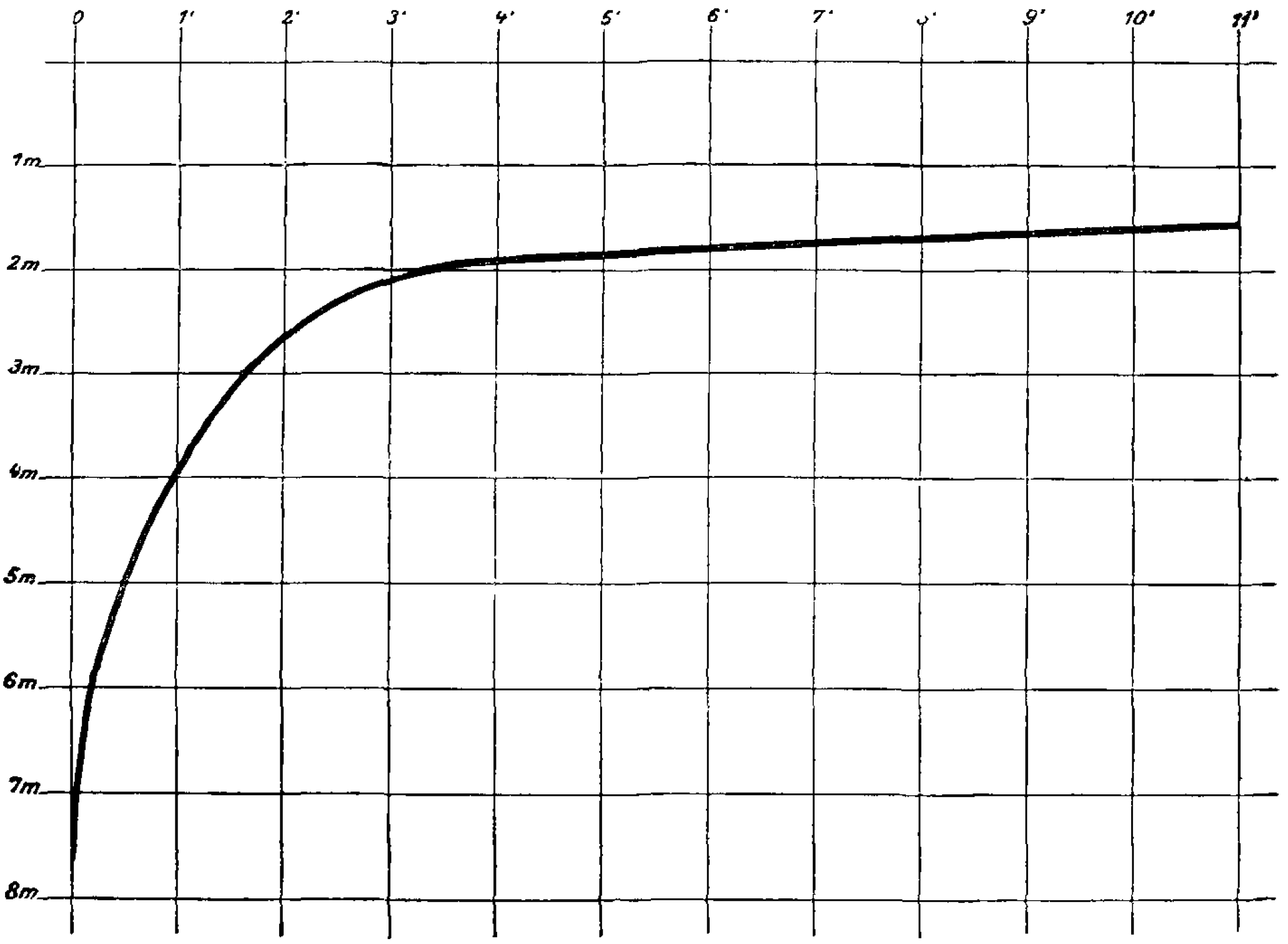


Фиг. 151.

Это пониженіе изображено кривой на фиг. 151. Обѣ приведенныя кривыя параболическія, между тѣмъ какъ въ случаѣ артезіанскихъ колодцевъ онѣ выражаются почти прямыми линіями. Эта разница зависитъ, конечно, отъ того, что вода въ артезіанской скважинѣ движется подобно водѣ въ напорной сѣти водопровода, тогда какъ движеніе грунтовой воды подобно движенію ея въ песчаномъ фильтрѣ.

Разница между артезіанской и грунтовой водою легче всего можетъ быть понята, если сравнить дѣйствіе искусственной откачки въ обоихъ случаяхъ. Въ главѣ 32 уже говорилось, что при откачкѣ воды изъ грунтоваго колодца вокругъ него образуется воронкообразное пониженіе уровня (депрессіонная воронка). Совершенно иное происходитъ въ артезіанскомъ бассейнѣ. Здѣсь, взамѣнъ расходуемой, изъ области питанія съ громадной быстротой притекаютъ новыя количества воды, и абсолютно неизбѣжное пониженіе уровня наблюдается не только вблизи отъ пункта расхода воды, но распространяется равномѣрно по всей площади питанія даннаго бассейна, такъ что, если только расходъ сдѣлается больше питанія, т. е. того количества воды, которое естественнымъ путемъ поступаетъ въ водоносный пластъ въ области питанія, то пониженіе уровня въ послѣдней изъ относительнаго сдѣлается абсолютнымъ. Въ одинъ прекрасный день можетъ случиться, что область питанія окажется истощенной, благодаря чему прекратится дѣйствіе водопроводовъ, питающихся артезіан-

Изъ опредѣленной наибольшей производительности скважины можно вычислить скорость, съ которой вода поступаетъ въ фильтръ. Для этой цѣли необходимо опредѣлить рабочую поверхность фильтра, т. е. сумму площадей всѣхъ отверстій въ немъ въ кв. дециметрахъ и раздѣлить на полученное число производительность скважины, выраженную въ метрахъ въ секунду. Поступая такимъ образомъ, получимъ въ нашемъ примѣрѣ для 30 секундометровъ = 110 куб. метр. въ часъ скорость 0,086 дециметровъ въ секунду, а для 55 сек. метровъ = 200 куб. метр. въ



Фиг. 150.

часъ — 0,157 дециметровъ въ секунду. Это соотвѣтствуетъ скоростямъ 31 и 56,5 метровъ въ часъ.

Разница между артезіанской и грунтовой водой въ особенности рѣзко бросается въ глаза, если прослѣдить движеніе воды въ началѣ откачки. Въ артезіанской скважинѣ новый, пониженный уровень устанавливается почти моментально. Въ одномъ колодцѣ, питающемся грунтовой водой, въ которомъ вода была понижена откачкой до глубины 7,05 метра, уровень поднялся

черезъ	0,5	мин.	до	4,80	метр.	черезъ	4,5	мин.	до	1,90	метр.
„	1,0	„	„	4,00	„	„	6,5	„	„	1,78	„
„	1,5	„	„	3,25	„	„	8,0	„	„	1,72	„

ской водой. Поэтому-то многіе гидротехники такъ отрицательно относятся къ обоснованію водоснабженія большихъ городовъ на артезіанской водѣ. Въ дальнѣйшемъ будетъ указано, что при раціональномъ пользованіи артезіанской водой опасность вовсе не такъ велика.

Изъ всего сказаннаго выше ясно, что при проектированіи артезіанскаго водоснабженія нужно основываться на слѣдующихъ положеніяхъ и произвести слѣдующія изысканія:

При помощи, по крайней мѣрѣ, трехъ, не расположенныхъ на одной прямой, скважинъ опредѣляется направленіе теченія артезіанской воды черезъ измѣреніе величинъ напора по линіи, проведенной въ плоскости напора, по которой происходитъ теченіе артезіанской воды. Въ направленіи этой линіи закладываются артезіанскія скважины, служащія для проектируемаго водоснабженія, ибо очевидно, что такое расположеніе имѣетъ точно такое же значеніе, какъ расположеніе обычныхъ колодцевъ перпендикулярно къ направленію движенія грунтовыхъ водъ. По выборѣ на установленной линіи подходящихъ мѣстъ, каковыя наиболѣе цѣлесообразно назначить въ самыхъ низменныхъ пунктахъ, проводятъ пробную скважину, закрѣпленную обсадными трубами съ отверстіями на уровнѣ водоноснаго горизонта, и вокругъ нея нѣсколько наблюдательныхъ скважинъ; производя откачку насосомъ, измѣряютъ пониженіе уровня въ послѣднихъ. По величинѣ пониженія уровня опредѣляютъ, каково должно быть разстояніе между скважинами, изъ которыхъ предполагается эксплоатировать воду. Въ то же время опредѣляютъ, насколько можно увеличить количество воды, поднимаемое насосомъ изъ каждой скважины, т. е. до какой величины пониженія уровня будетъ еще увеличиваться количество воды, подаваемое скважиной. Полученные при этихъ изслѣдованіяхъ результаты дадутъ возможность опредѣлить число необходимымъ скважинъ. Число скважинъ необходимо выбирать такъ, чтобы количество воды, забираемое насосомъ изъ каждой скважины, составляло не болѣе половины ея полной производительности.

Весьма важно также при предварительныхъ изысканіяхъ установить положеніе и размѣры области питанія. Во многихъ случаяхъ, въ особенности въ горныхъ мѣстностяхъ съ очень сложнымъ геологическимъ строеніемъ, рѣшеніе этой задачи сопряжено съ значительными затрудненіями и даже не всегда возможно. Однако, нерѣдко, при помощи наблюденій въ колодцахъ и скважинахъ, удается достаточно точно установить и положеніе, и величину области питанія. Въ такомъ случаѣ является полная возможность изъ соотношеній величинъ поверхностнаго стока,

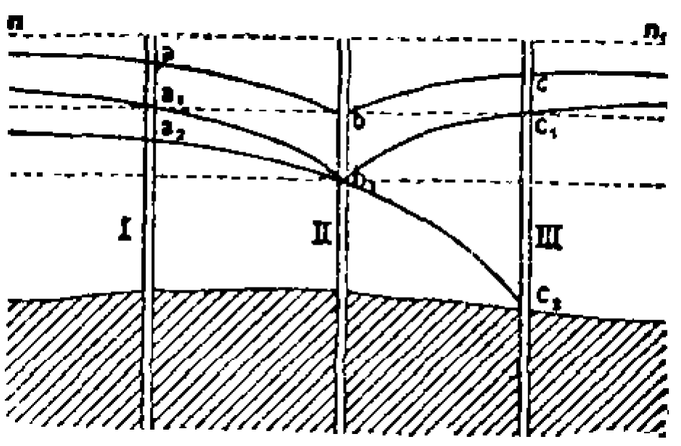
испаренія и количества выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ опредѣлить ежегодное увеличеніе запаса грунтовыхъ водъ, т. е. ежегодный притокъ воды въ водоносный пластъ. Эта величина должна быть положена въ основу составленія баланса будущаго воднаго хозяйства, такъ какъ по ней возможно опредѣлить максимальный допустимый расходъ воды изъ скважинъ. При правильной постановкѣ дѣла нельзя удовлетвориться только что указаннымъ, но необходимо еще провести рядъ смотровыхъ скважинъ для контроля надъ режимомъ грунтовыхъ водъ въ области питанія, чтобы, смотря по повышенію или пониженію ихъ уровня, соотвѣтственно увеличивать или уменьшать количество эксплоатируемой воды.

Точно также слѣдуетъ наблюдать и за областью стока, чтобы, по возможности, меньшее количество воды вытекало изъ водоноснаго пласта и чтобы возможно полнѣе использовать весь годовой притокъ воды въ пластъ.

Существенно иначе обстоитъ дѣло въ томъ случаѣ, если требуется произвести осушеніе рудника или открытыхъ горныхъ выработокъ въ артезіанскомъ бассейнѣ. Такая задача нерѣдко представляется, напримѣръ, въ буроугольныхъ копяхъ, гдѣ она сопряжена часто съ серьезными затрудненіями. Если подъ пластомъ угля залегаетъ водонепроницаемый пластъ, а водоносный находится лишь ниже его, то, при соблюденіи извѣстныхъ мѣръ предосторожности, разработка можетъ производиться внѣ зависимости отъ артезіанской воды. При этомъ требуется, однако, большая осторожность, такъ какъ вода, находящаяся подъ значительнымъ иногда напоромъ, можетъ выгнуть и изломать водонепроницаемый пластъ, несмотря на то, что мощность его нерѣдко достигаетъ нѣсколькихъ метровъ, послѣ того, какъ будутъ удалены породы, залегающія на немъ, т. е. бурый уголь; рудникъ въ такомъ случаѣ безвозвратно погибаетъ. Если же водонепроницаемый пластъ, уединяющій артезіанскія воды, залегаетъ выше полезнаго ископаемаго, то разработка послѣдняго дѣлается возможной лишь по пониженіи уровня воды до лежачаго бока руднаго пласта. Это достигается тѣмъ, что на возможно большой площади вскрываютъ верхній водонепроницаемый пластъ, благодаря чему артезіанская напорная вода превращается въ обыкновенную грунтовую безъ напора, и затѣмъ энергичной откачкой создаютъ рядъ депрессіонныхъ воронокъ, пересѣкающихся ниже руднаго пласта. Для опредѣленія количества потребныхъ для этого скважинъ поступаютъ точно такъ же, какъ и при изысканіяхъ для водоснабженія, т. е. въ сѣти спеціальныхъ развѣдочныхъ скважинъ опредѣляютъ величину пониженія уровня воды при откачкѣ;

при помощи полученныхъ результатовъ вычеркивается внѣшній видъ депрессіонной воронки и изъ чертежа получаютъ непосредственно ту глубину, на которой эти воронки будутъ пересѣкаться. Быстрѣе всего осушеніе идетъ, если возможно, при открытыхъ работахъ, углубить колодезь большого діаметра до водоноснаго пласта и энергично вести откачку. При этомъ избѣгается то, что, вслѣдствіе очень сильной откачки, насосъ можетъ выносить большія массы песку, слагающаго водоносный пластъ, благодаря чему ниже рудныхъ залежей могутъ образоваться громадныя пустоты, грозящія опасностью выработкамъ.

Небольшимъ приборомъ, изображеннымъ на фиг. 146, можно также пользоваться для изученія взаимнаго вліянія одна на другую двухъ или болѣе скважинъ, питающихся водою изъ одного пласта. Что такое вліяніе дѣйствительно имѣетъ мѣсто и притомъ проявляется между скважинами, удаленными одна отъ другой на довольно значительное разстояніе, уже давно очень хорошо извѣстно. Въ 1842 въ Гренелѣ близъ Парижа была проведена артезіанская скважина глубиною болѣе 500 метровъ; производительность этой скважины какъ въ засушливые, такъ и въ мокрые года равнялась постоянно 907 куб. метровъ въ сутки при постоянной же высотѣ трубъ, изъ которыхъ изливалась вода, равной 72 м. надъ уровнемъ моря. Въ 1861 г. на разстояніи 3 километровъ отъ этой скважины была проведена другая въ Пасси до того же самаго водоноснаго пласта, что и первая; 24 сентября скважина въ Пасси дошла до этого пласта. На другой день послѣ этого скважина въ Гренелѣ дала всего 806 куб. метровъ, 26 сентября — 778, 27 сентября — 720, 3 октября — 634, 1 ноября — 648, 3 ноября — 662 куб. м. Съ тѣхъ поръ производительность скважины въ Гренелѣ всегда находится въ зависимости отъ скважины въ Пасси; когда послѣдняя закрыта, то производительность первой достигаетъ своей прежней величины; если же расходъ воды изъ скважины въ Пасси великъ, то уровень воды въ Гренелѣ немедленно понижается. Взаимное вліяніе проявляется, однако, не только между скважинами, дающими самоистекающую воду, но также и между скважинами, уровень воды въ которыхъ стоитъ ниже поверхности земли, въ зависимости отъ характера пользованія водою изъ нихъ. Если провести три скважины, питающіяся водою изъ одного и того же водоноснаго пласта, то вода во всѣхъ трехъ скважинахъ остановится на одномъ и томъ же



Фиг. 152.

Взаимное вліяніе скважинъ другъ на друга.

уровнѣ n n_1 (фиг. 152). Снабдивъ трубы этихъ скважинъ кранами, расположенными на различной высотѣ одинъ надъ другимъ, можно понизить уровень воды не только въ той скважинѣ, изъ которой происходитъ истеченіе, но и въ сосѣднихъ. Если, напримѣръ, въ средней скважинѣ вода вытекаетъ на высотѣ b, то въ сосѣднихъ уровень воды понизится до высоты a и c. Наоборотъ, открытіе крановъ въ I и III скважинахъ соотвѣтственно на высотѣ a_2 и c_1, повлечетъ за собою пониженіе уровня въ скважинѣ II до такой степени, что она перестанетъ давать самоистекающую воду до тѣхъ поръ, пока не будетъ открытъ кранъ b_1. Открытіемъ крана c_2 въ III скважинѣ можно прекратить истеченіе воды изъ скважинъ I и II. Такое взаимное вліяніе скважинъ одна на другую, проявляющееся въ природѣ иногда на очень значительномъ разстояніи, имѣетъ огромное значеніе для владѣльцевъ артезіанскихъ скважинъ, такъ какъ непосредственное использованіе артезіанской воды, т. е. безъ помощи насосовъ, другими словами, истеченіе воды на поверхность можетъ прекратиться, если только понизить уровень воды въ скважинѣ, расположенной гипсометрически ниже; изъ за этого получаются иногда значительные убытки. Возьмемъ для примѣра городъ, расположенный въ довольно возвышенной мѣстности. Очевидно, что тѣ скважины, которыя расположены въ наиболѣе пониженныхъ частяхъ его обладаютъ бо́льшимъ напоромъ и, благодаря этому, расходъ воды изъ нихъ можетъ повліять на производительность сосѣднихъ скважинъ, а въ наиболѣе высоко расположенныхъ мѣстахъ — даже прекратить истеченіе воды, и послѣдняя въ нихъ остановится на нѣкоторой глубинѣ подъ поверхностью земли, такъ что ее придется уже выкачивать насосами.

Въ Америкѣ во многихъ мѣстностяхъ, напримѣръ, въ Чикаго, безпорядочное расходованіе артезіанской воды владѣльцами скважинъ повлекло за собою прекращеніе притока изъ скважинъ, дававшихъ ранѣе самоистекающую воду, и уровень стоянія воды понизился настолько, что ее приходится поднимать насосами съ большой глубины, но при этомъ никогда не удается получить столько воды, сколько ея получалось ранѣе при свободномъ истеченіи.

Слѣдствіемъ взаимодѣйствія между скважинами является то, что увеличеніе производительности для какой-либо мѣстности, путемъ увеличенія числа скважинъ, возможно въ очень незначительныхъ предѣлахъ. Въ этомъ отношеніи наблюдается слѣдующее. Изъ крана, помѣщеннаго на обсадной трубѣ скважины ниже того уровня, до котораго вода поднимается собственнымъ напоромъ, можно получить лишь опредѣленное количество воды

въ минуту. При увеличеніи діаметра скважины такимъ образомъ, чтобы площадь поперечнаго сѣченія ея увеличилась вдвое, количество истекающей воды повысится, но не вдвое. Если невдалекѣ отъ первой скважины провести другую, то сумма притоковъ воды изъ обѣихъ будетъ равна притоку изъ такой скважины, площадь поперечнаго сѣченія которой равнялась бы суммѣ площадей сѣченій двухъ первыхъ. При проведеніи новыхъ скважинъ наступитъ, наконецъ, черезъ болѣе или менѣе значительный промежутокъ времени, такой моментъ, когда сумма ихъ производительностей достигнетъ максимальнаго значенія, послѣ чего за углубленіемъ всякой новой скважины послѣдуетъ уменьшеніе притока въ ранѣе существовавшихъ и притомъ какъ разъ на величину притока воды изъ новой. Изъ этого ясно то важное въ экономическомъ отношеніи правило, что проведеніе новыхъ скважинъ для увеличенія въ данномъ районѣ притока артезіанской воды послѣ того, какъ онъ достигъ своего максимума, повлечетъ только напрасные расходы, но производительность отъ этого не повысится. Такое же взаимное вліяніе проявляется также между источниками и скважинами, проведенными вблизи нихъ и питающимися водою изъ того же пласта, что и источникъ. Въ этомъ отношеніи имѣются интересныя наблюденія въ городѣ С.-Антонія въ штатѣ Техасъ, гдѣ артезіанская вода образуетъ богатѣйшіе источники. Здѣсь былъ заложенъ рядъ скважинъ до того же пласта артезіанской воды, изъ котораго питаются источники, и былъ полученъ богатый притокъ воды; пока водѣ изъ скважинъ позволяютъ свободно вытекать, количество воды, даваемой источниками, чувствительно уменьшается; увеличеніе же дебита источниковъ наблюдается по закрытіи кранами скважинъ и прекращеніи истеченія воды изъ нихъ.

ГЛАВА 40.

Описаніе отдѣльныхъ артезіанскихъ бассейновъ.

1. Мульдообразное залеганіе породъ.

Прекраснымъ примѣромъ образованія артезіанской воды, вслѣдствіе мульдообразнаго залеганія породъ, является Парижскій бассейнъ. Подъ этимъ названіемъ подразумѣвается мощная свита слоевъ, начинающаяся отложеніями юрскаго возраста, заканчивающаяся вверху нижне-третичными и образующая, по условіямъ залеганія, прекрасно выраженную мульду, ограниченную по краямъ горами, сложенными изъ болѣе древнихъ породъ; эти горообразовательные процессы повлекли за собою рѣзкое нару-

шеніе условій залеганія по окраинамъ бассейна. Естественными границами бассейна *являются* съ сѣверо-востока Арденны, на юго-востокѣ Вогезы; затѣмъ на небольшомъ протяженіи юрскіе слои парижскаго бассейна соединяются съ юрскими же отложеніями Швейцарской Юры; далѣе границей бассейна съ юга является массивъ центральнаго французскаго плато, а на юго-западѣ — складчатая система палеозойскихъ и кристаллическихъ породъ, слагающихъ поверхность Бретани и Нормандіи, отдѣленная отъ центральнаго плато небольшимъ пониженіемъ близъ Пуатье. Однако, площадь Парижскаго бассейна гораздо больше, чѣмъ ограниченное такимъ образомъ пространство, такъ какъ къ нему же относится часть Южной Англіи, отдѣленная отъ материка проливомъ Ла-Маншъ, представляющимъ лишь незначительное чисто мѣстнаго характера пониженіе внутри бассейна; при незначительномъ повышеніи дна его онъ исчезъ-бы, и Великобританскіе острова соединились-бы съ континентомъ. Палеозойскій массивъ, ограничивающій Парижскій бассейнъ съ сѣверо-запада, продолжается ниже морского уровня черезъ Нормандскіе острова въ Корнуэльсъ, такъ что этотъ полуостровъ, вмѣстѣ съ Уэльсомъ, ограничиваетъ колоссальный заливъ Парижскаго бассейна съ сѣверо-запада. Въ тѣсной связи съ Парижскимъ бассейномъ стоитъ Лондонскій, *отдѣляющійся* отъ перваго лишь подземнымъ островомъ Арденнскихъ горъ, тянущихся въ сѣверо-западномъ направленіи; этотъ островъ проявляется близъ Булони выходомъ на поверхность юрскихъ отложеній, а въ Англіи — выходами мѣловыхъ породъ въ горахъ близъ Гастингса. Если отъ окраинъ Парижскаго бассейна, изъ любого пункта, двигаться внутрь къ центральному пункту его, гдѣ расположенъ Парижъ, то постепенно будутъ встрѣчаться все болѣе новыя отложенія, а именно, первыми будутъ встрѣчены юрскія отложенія на окраинахъ, далѣе — нижне- и верхне-мѣловыя, эоценовыя и, наконецъ, въ самомъ центрѣ бассейна — олигоценовыя. Въ этой громадной бухтѣ, очертанія которой сильно измѣнялись въ теченіе различныхъ геологическихъ періодовъ, находятся самые разнообразные, съ петрографической точки зрѣнія, осадки, образовавшіеся за счетъ размыва горъ, составляющихъ берега бухты, такъ что здѣсь чередуются глины, известняки, мергеля, песчаники и пески; такъ какъ толща этихъ осадковъ впослѣдствіи сравнительно мало подверглась дѣйствію позднѣйшихъ тектоническихъ явленій, то здѣсь налицо имѣются исключительно благопріятныя условія для образованія артезіанскихъ водъ, скопляющихся въ пластахъ, изогнутыхъ въ формѣ идеальной мульды. Такъ какъ на окраинахъ бассейна пласты подняты

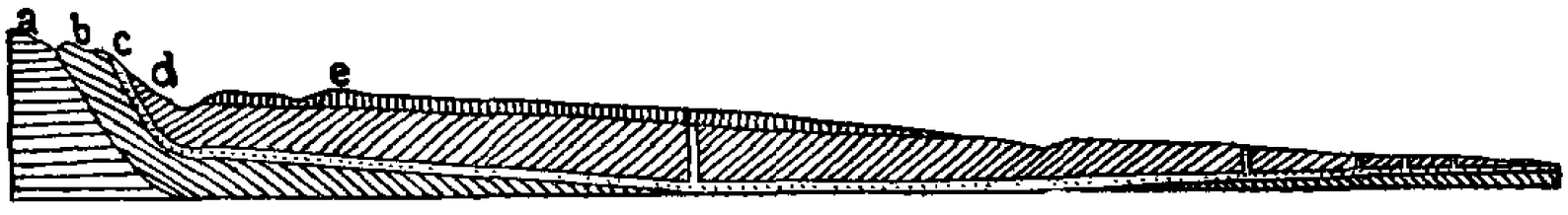
сравнительно высоко и падаютъ по направленію къ центру, то получается значительная разница высотъ, благодаря чему вода, проникающая въ пластъ, получаетъ значительный гидростатическій напоръ и выходитъ въ центральныхъ частяхъ бассейна на поверхность по заложеніи буровой скважины. Мы уже неоднократно упоминали о знаменитыхъ скважинахъ въ Гренелѣ и Пасси, изъ которыхъ первая, проведенная до глубины 540 метровъ, даетъ воду съ температурою 26° С. Но далеко не всѣ скважины Парижскаго бассейна необходимо опускать на столь большую глубину для полученія самоистекающей воды, такъ какъ здѣсь залегаетъ нѣсколько водоносныхъ пластовъ одинъ надъ другимъ, что̀ является весьма характернымъ для Парижскаго бассейна; въ каждомъ болѣе глубокомъ горизонтѣ напоръ больше, чѣмъ въ предыдущемъ сверху, что зависитъ отъ высоты области питанія для каждаго пласта; поэтому одна и та же скважина встрѣчаетъ нѣсколько водоносныхъ горизонтовъ, изъ которыхъ въ верхнемъ вода находится подъ столь ничтожнымъ напоромъ, что не достигаетъ дневной поверхности, между тѣмъ какъ вода изъ болѣе глубокихъ горизонтовъ поднимается значительно выше ея. Каждая скважина, вода въ которой не доходитъ до поверхности, можетъ поглотить любое количество воды, которое будетъ введено въ нее, и отвести его внизъ по пласту, что, впрочемъ, вполнѣ согласуется съ законами гидростатики. Вслѣдствіе этого, такія скважины, носящія названіе поглощающихъ (по французски „boittouts“), часто примѣняются для осушенія болотистыхъ пространствъ и для отвода сточныхъ водъ. Въ окрестностяхъ Парижа въ одной мѣстности имѣется три водоносныхъ горизонта. Здѣсь проведена скважина съ тремя различными обсадными трубами такимъ образомъ, что черезъ трубы самаго большого діаметра отводятся сточныя воды въ верхній водоносный пластъ; внутри этихъ трубъ опущены болѣе узкія до болѣе глубокихъ горизонтовъ, причемъ изъ средняго пласта получается вода не пригодная для питья, но годная для промышленныхъ цѣлей, и, наконецъ, изъ третьяго самаго глубокаго водоноснаго пласта получается прекрасная питьевая вода. Такимъ образомъ, вода, получаемая изъ внутреннихъ трубъ, употребляется для питья; вода, поднимающаяся по кольцеобразному промежутку между внутренними и средними трубами, потребляется, по мѣрѣ надобности, для промышленныхъ цѣлей; весь же избытокъ послѣдней самымъ простымъ образомъ удаляется черезъ кольцеобразное пространство между наружными и средними трубами въ верхній водоносный пластъ и безслѣдно отводится по послѣднему вглубь.

2. Флексуры.

Превосходнымъ примѣромъ образованія артезіанской воды въ флексурообразно изогнутыхъ пластахъ служитъ артезіанскій бассейнъ штатовъ Дакота и Небраска, являющійся, въ то же время, однимъ изъ величайшихъ въ мірѣ. Орошаемая Миссиссиппи и Миссури громадная равнина между Апалахскими и Скалистыми горами представляетъ столовую страну, на которой находятся выходы всѣхъ системъ, начиная отъ кембрія и кончая третичными отложеніями, покрывающими пространства по нѣсколько тысячъ квадратныхъ миль. То обстоятельство, что эти мощныя свиты пластовъ, которые, разумѣется, покрыты, по большей части, ледниковыми наносами, имѣютъ слабое паденіе съ одной стороны отъ Канады на сѣверѣ до Мексиканскаго залива на югѣ, съ другой стороны — отъ Скалистыхъ горъ къ востоку, является причиной образованія имѣющихъ широкое пространственное протяженіе водоносныхъ горизонтовъ, вода въ которые поступаетъ въ приподнятыхъ частяхъ ихъ въ Скалистыхъ горахъ. Такой артезіанскій бассейнъ, имѣющій громадную площадь, находится въ штатахъ Сѣверной и Южной Дакоты и примыкаетъ на западѣ къ горамъ Big Horn и Black Hills, составляющимъ самые восточные отроги Скалистыхъ горъ.

Геологическое строеніе обоихъ штатовъ отличается сравнительной простотой и сохраняется почти безъ измѣненія на большомъ разстояніи. Вблизи Миссури земная поверхность прикрыта отложеніями гравія, песковъ и глинъ, мощностью отъ 40 до 100 футовъ, обязанными своимъ происхожденіемъ громаднымъ ледникамъ ледниковой эпохи. Эти отложенія прикрываютъ коренныя породы столь равномѣрно, что ниже лежащіе пласты доступны изученію лишь въ сравнительно немногочисленныхъ пунктахъ, преимущественно на востокѣ и сѣверо-востокѣ, гдѣ они выходятъ на поверхность; главнымъ же источникомъ для изученія геологическаго строенія этой мѣстности являются многочисленныя буровыя скважины. При изученіи разрѣзовъ этихъ послѣднихъ было обнаружено, что подъ отложеніями четвертичнаго возраста залегаютъ глины и глинистые сланцы мѣлового періода, мощностью болѣе 1000 футовъ, достигающіе особеннаго развитія въ Южной Дакотѣ. Къ югу, въ области бассейна Бѣлой рѣки (White River) и по всей Небраскѣ между новѣйшими поверхностными образованіями и мѣловыми отложеніями вклинивается толща жирныхъ или песчанистыхъ глинъ третичнаго возраста, которыя выходятъ на поверхность на большомъ пространствѣ, напримѣръ, въ Bad Lands. Мощность этихъ отложе-

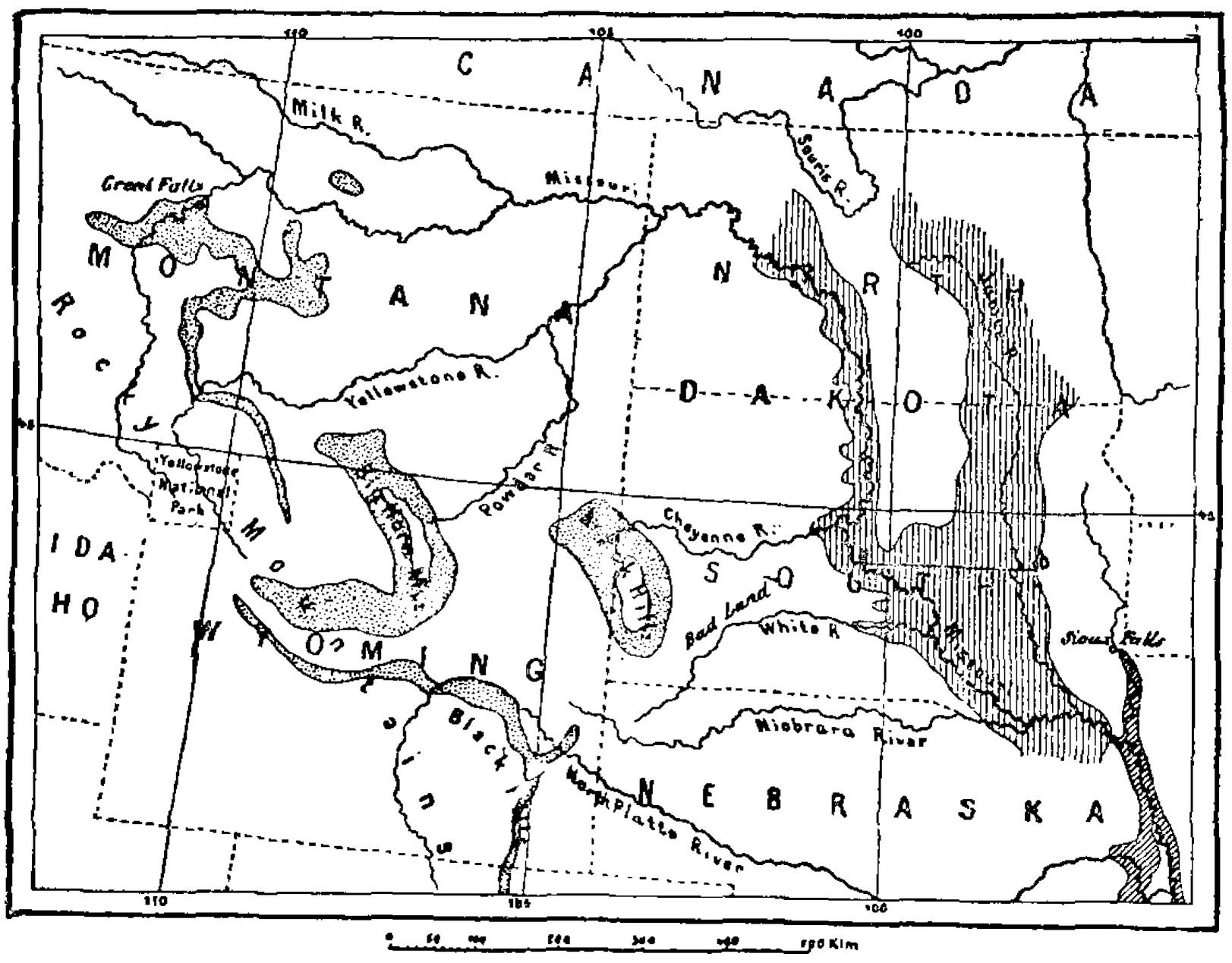
пласты флексурообразно изгибаются и выходятъ на поверхность въ видѣ болѣе или менѣе широкихъ извилистыхъ полосъ, расположенныхъ на высотѣ отъ 3200 до 7000 футовъ, въ то время какъ высота равнинной мѣстности штатовъ обѣихъ Дакотъ не превосходитъ 2000 футовъ надъ уровнемъ моря. На фиг. 154 представленъ въ схематическомъ видѣ разрѣзъ мѣстности между Sioux Falls на крайней восточной оконечности бассейна и флексурой при переходѣ въ горную область Скалистаго хребта, простирающійся на $4^1/_2$ градуса по долготѣ, т. е. на общую длину приблизительно въ 500 километровъ. На вышеприведенной карточкѣ (фиг. 153) Дакотскаго бассейна, площадь, покрытая точками, обозначаетъ тотъ районъ, гдѣ водопроницаемые пласты Дакотскаго песчаника выходятъ на поверхность на западѣ, въ области Скалистыхъ горъ, а косой штриховой — выходы тѣхъ же породъ на востокѣ, по Миссури въ Sioux Falls. Въ областяхъ только что названныхъ выходовъ, находящихся, въ противоположность равнинной части мѣстности, въ районахъ съ большимъ



Фиг. 154.

количествомъ выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ, послѣдніе проникаютъ вглубь и, слѣдуя паденію пластовъ Дакотскаго песчаника къ востоку, питаютъ многочисленныя артезіанскія скважины Дакоты, Небраски и сосѣднихъ штатовъ. Атмосферные осадки, выпадающіе на обширной площади выходовъ Дакотскаго песчаника, лишь въ незначительной части своей стекаютъ по поверхности; большая же часть ихъ по пластамъ песчаника и песковъ, впитывающихъ воду подобно губкѣ, просачивается вглубь. Питаніе этихъ пластовъ происходитъ не только за счетъ осадковъ, выпадающихъ въ видѣ дождя или снѣга, но также и за счетъ рѣкъ, стекающихъ въ большомъ количествѣ со склоновъ Скалистыхъ горъ и впадающихъ въ Миссури; эти рѣки, протекая въ области выходовъ Дакотскаго песчаника на поверхность, отдаютъ ему значительную часть своей воды, такъ что потеря воды въ нихъ, вслѣдствіе этого, настолько велика, что можетъ быть констатирована даже на глазъ, при сравненіи уменьшившагося расхода воды въ рѣкѣ по выходѣ ея изъ области развитія этихъ жадно впитывающихъ влагу породъ съ расходомъ ея до вступленія въ эту область. Въ районѣ сильнаго изогнутія пластовъ, вслѣдствіе крутого паденія ихъ, вода быстро проникаетъ въ глубину и тамъ медленно движется на разстояніи 500—600 кило-

женій въ пунктахъ ихъ наибольшаго развитія достигаетъ 300 до 400 футовъ. Къ сѣверу отъ рѣки Cheyenne и отсюда на сѣверъ и на востокъ въ Сѣверной Дакотѣ мѣловыя отложенія перекрыты верхнетретичными песками и песчаниками, которые у американскихъ геологовъ получили названіе слоевъ Laramie. Въ южной части Южной Дакоты въ низахъ глинистой мѣловой толщи залегаетъ такъ называемый известнякъ Niobrara, мощностью около 300 футовъ. Ниже мѣловыхъ отложеній слѣдуетъ простирающійся на громадное протяженіе пластъ песка и песчаника, не отличающійся большой мощностью и заключающій въ себѣ не-

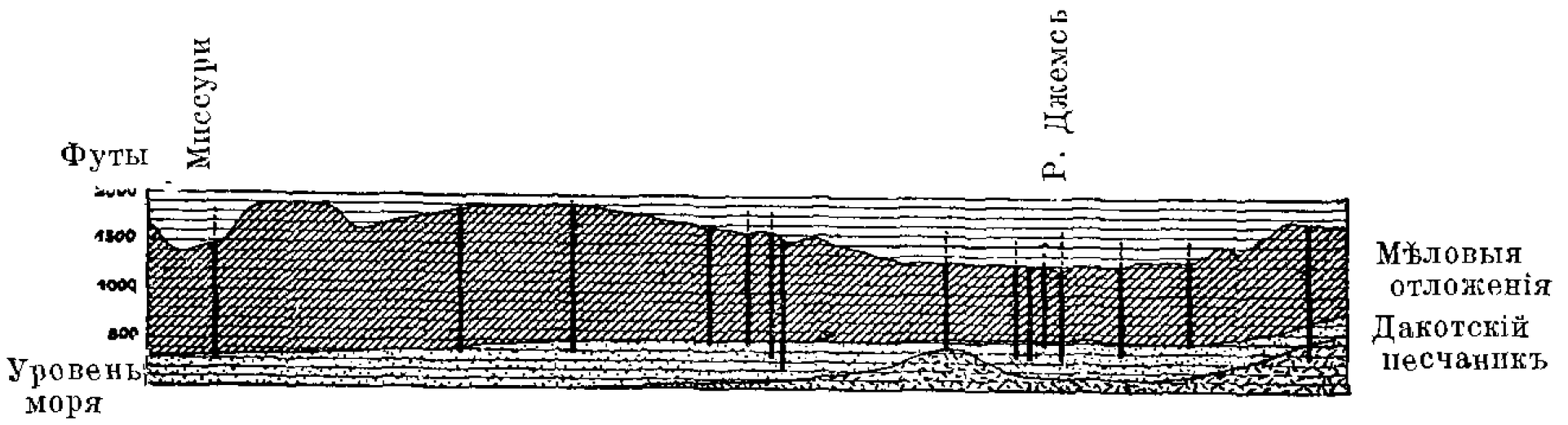


Фиг. 153. Карта выходовъ на поверхность Дакотскаго песчаника въ Скалистыхъ горахъ (площади покрытыя точками) и часть артезіанскаго бассейна Дакоты съ положительнымъ піезометрическимъ уровнемъ (вертикальная штриховка).

правильные тонкіе прослои глины и желѣзняковъ. Этотъ чрезвычайно важный пластъ, являющійся, вслѣдствіе своей легкой проницаемости для воды, великолѣпнымъ водоноснымъ пластомъ, носитъ названіе Дакотской системы, а песчаникъ — Дакотскаго песчаника. На востокѣ на границѣ штатовъ Южная Дакота и Айова, вблизи долины Миссури, Дакотскій песчаникъ, вмѣстѣ съ подчиненными ему мощными образованіями кварцита, обнажается на поверхности и даетъ начало многочисленнымъ источникамъ.

Отсюда вплоть до подножія Скалистыхъ горъ указанные пласты слагаютъ слабо возвышающуюся по направленію къ горамъ равнину: уголъ подъема ихъ рѣзко увеличивается при переходѣ въ горный хребетъ въ штатахъ Уйомингъ и Монтана, гдѣ

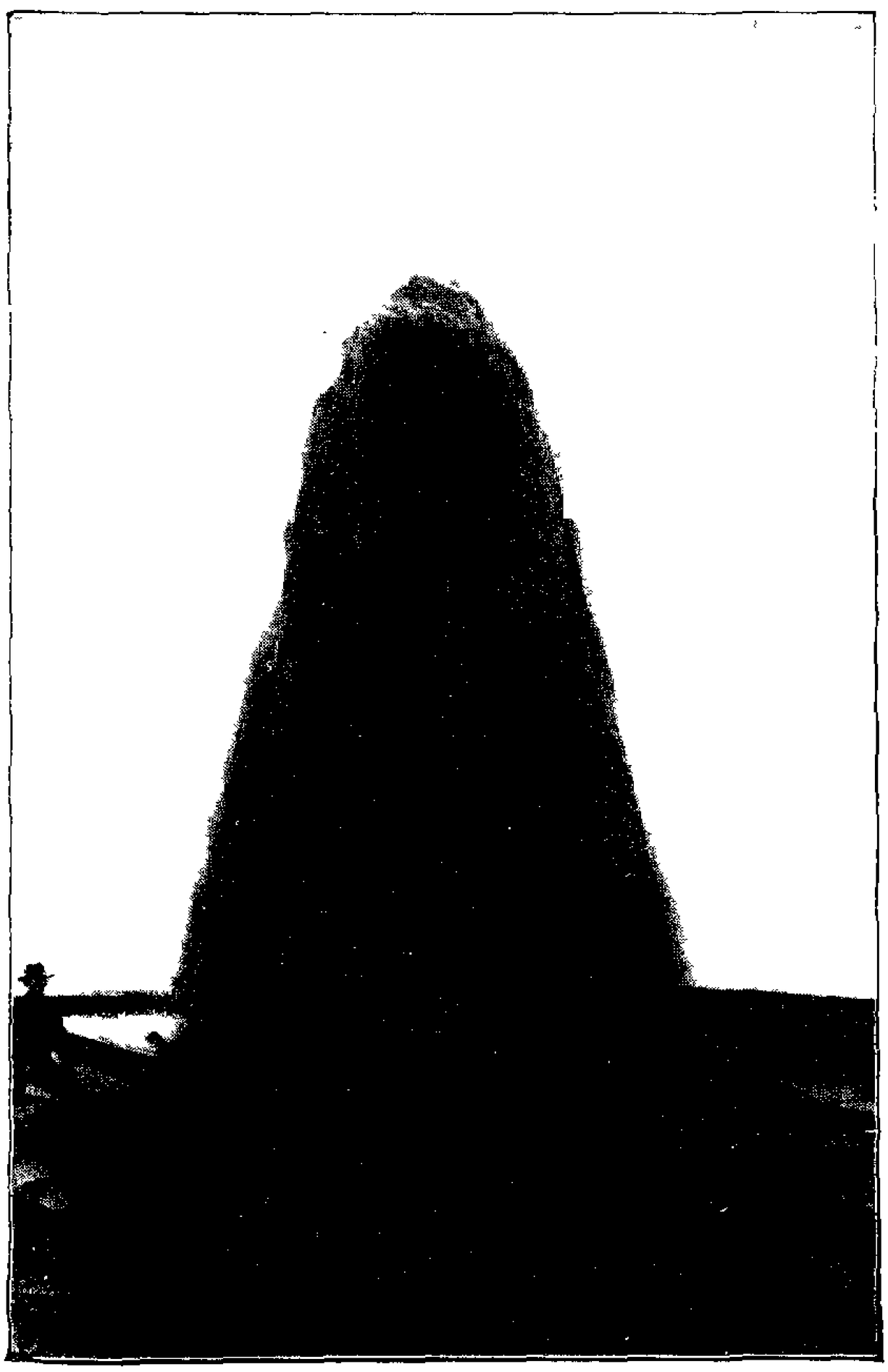
метровъ, пока на востокѣ не выйдетъ снова на поверхность въ видѣ богатыхъ ключей и источниковъ. Эти условія залеганія пластовъ и обусловливаемый ими режимъ подземныхъ водъ въ точности соотвѣтствуетъ тому, какой можно демонстрировать въ аппаратѣ, изображенномъ на фиг. 146, съ помощью котораго мы вывели законъ подъема артезіанской воды въ трубахъ въ различныхъ пунктахъ. Плоскость, проведенная отъ горизонта выхода источниковъ по Миссури на границѣ штата Айова, приблизительно на высотѣ 1100 футовъ надъ уровнемъ моря, до области питанія Дакотскаго песчаника въ горахъ Big Horn и Black Hills, представитъ піезометрическую поверхность артезіанскихъ водъ Дакотскаго бассейна, т. е. покажетъ ту высоту, до которой поднималась бы вода въ скважинахъ этого бассейна, если бы свойства водоносныхъ пластовъ оставались постоянными на всемъ ихъ протяженіи. Но такъ какъ, вслѣдствіе разницы въ крупности зеренъ песка въ разныхъ частяхъ пласта, вслѣдствіе измѣняющейся мощ-



Фиг. 155. Поперечный профиль по линіи a—b на фиг. 153.

ности его и, наконецъ, вслѣдствіе присутствія включеній глинистыхъ прослоевъ въ немъ, получается значительная развица въ условіяхъ движенія воды по пласту, то указанная выше плоскость не будетъ плоскостью въ полномъ смыслѣ слова, но представитъ изогнутую въ разныхъ направленіяхъ поверхность; расположеніе этой поверхности, опредѣленной при помощи проведенныхъ многочисленныхъ скважинъ, по отношенію къ поверхности земли, даетъ возможность всегда рѣшить точно вопросъ, гдѣ будетъ встрѣчена скважиной самоистекающая вода и гдѣ, наоборотъ, она остановится на болѣе или менѣе значительномъ разстояніи отъ земной поверхности. Такимъ образомъ легко выясняются области съ положительнымъ піезометрическимъ уровнемъ артезіанской воды и области съ отрицательнымъ уровнемъ, гдѣ приходится воду выкачивать насосами. Число артезіанскихъ скважинъ въ обѣихъ Дакотахъ настолько велико, что границы района съ положительнымъ піезометрическимъ уровнемъ артезіанскихъ водъ очерчены съ достаточной точностью. Этотъ районъ обозначенъ на карточкѣ (фиг. 153) вертикальной штриховкой; изъ кар-

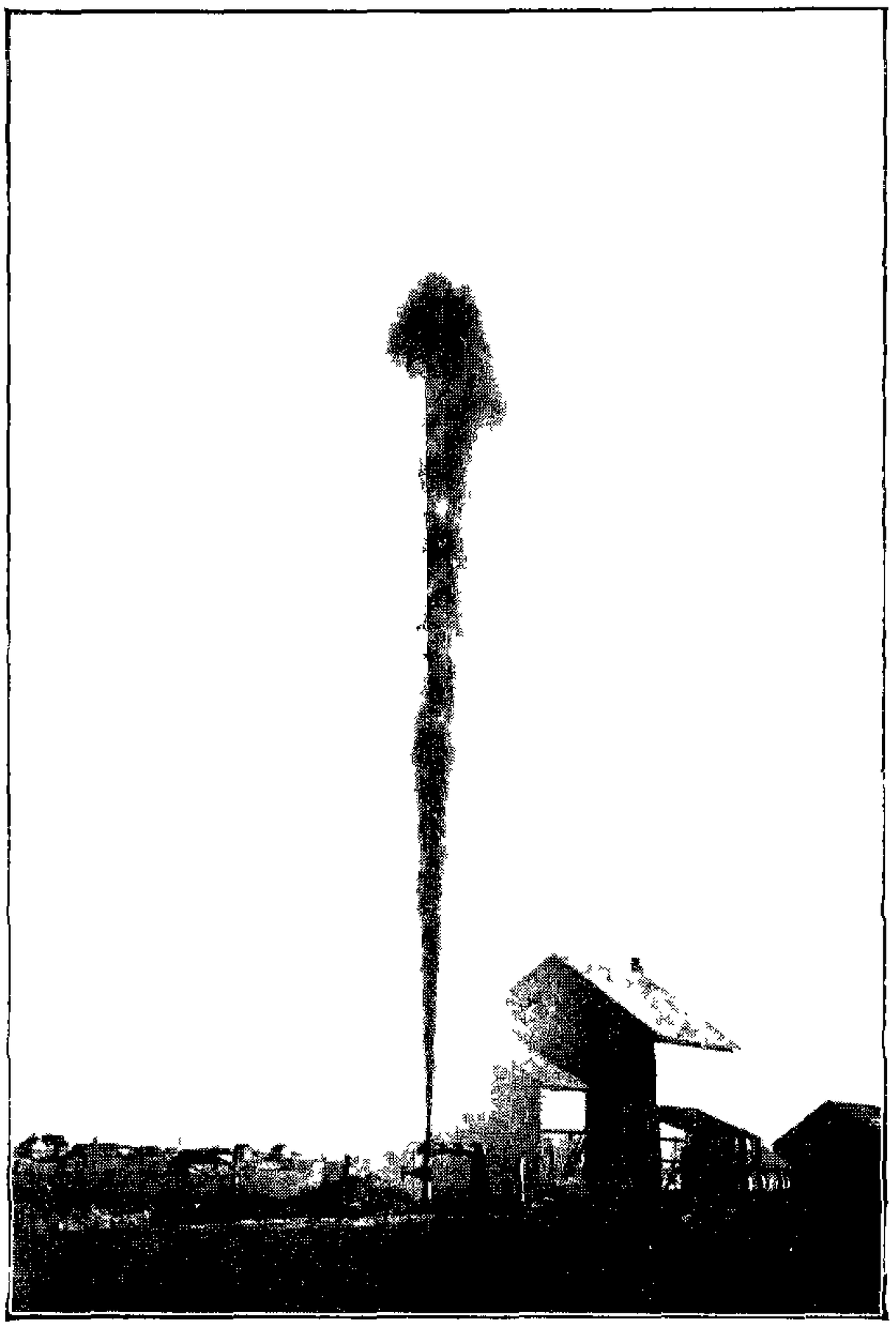
точки видно, что опъ тянется въ видѣ узкой полосы вдоль долины р. Миссури, а затѣмъ въ видѣ широкой полосы меридіональнаго направленія въ разстояніи 80—120 километровъ отъ первой, начинаясь у сліянія Миссури и Ніобрары и простираясь вдоль долины р. Джемсъ на сѣверъ. Напоръ, подъ вліяніемъ котораго вода въ этой области изливается изъ отдѣлныхъ скважинъ, и высота подъема струи ея надъ поверхностью зависятъ



Фиг. 156. Артезіанская скважина съ десятидюймовыми обсадными трубами.

отъ высоты устья скважины, такъ что, чѣмъ ниже оно расположено, тѣмъ выше будетъ фонтанъ. На карточкѣ фиг. 153 показана линія a—b, вдоль которой сдѣланъ разрѣзъ (фиг. 155) на основаніи многочисленныхъ скважинъ, расположенныхъ по этой линіи. Вертикальныя разстоянія на этомъ разрѣзѣ показаны горизонтальными линіями, проведенными черезъ каждые 100 футовъ по высотѣ; длина же профиля равна 250 километровъ. Вертикальными линіями показаны скважины, на основаніи которыхъ

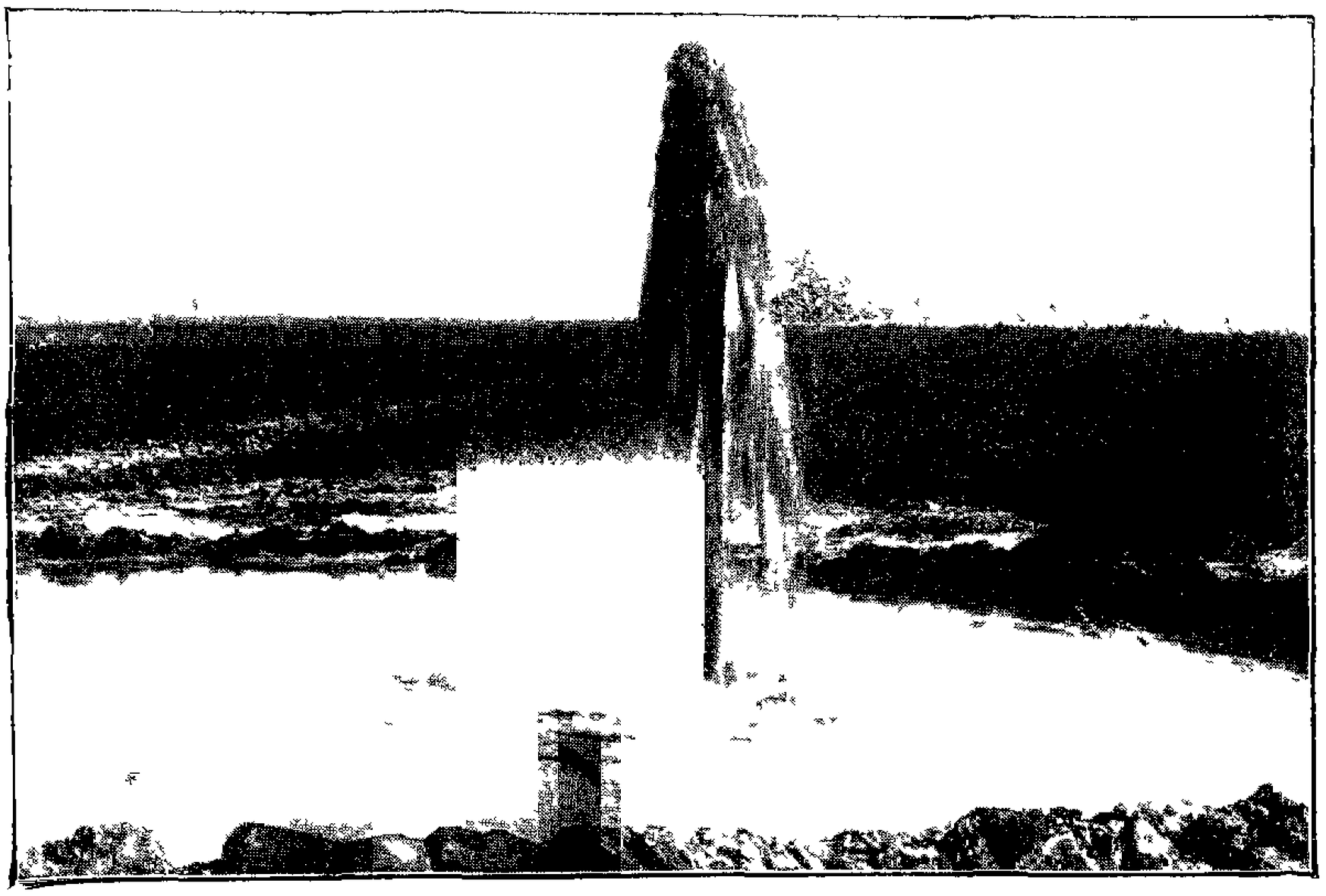
составленъ самый разрѣзъ, а пунктирное продолженіе ихъ для нѣкоторыхъ скважинъ указываетъ высоту подъема воды въ нихъ надъ поверхностью земли. Разрѣзъ поучителенъ въ томъ отношеніи, что на немъ одновременно нанесены скважины съ положительнымъ и отрицательнымъ піезометрическимъ уровнями. Изъ разрѣза видно, что слѣва, въ возвышенной западной части бассейна, скважины даютъ воду, едва доходящую до поверхности,



Фиг. 157.

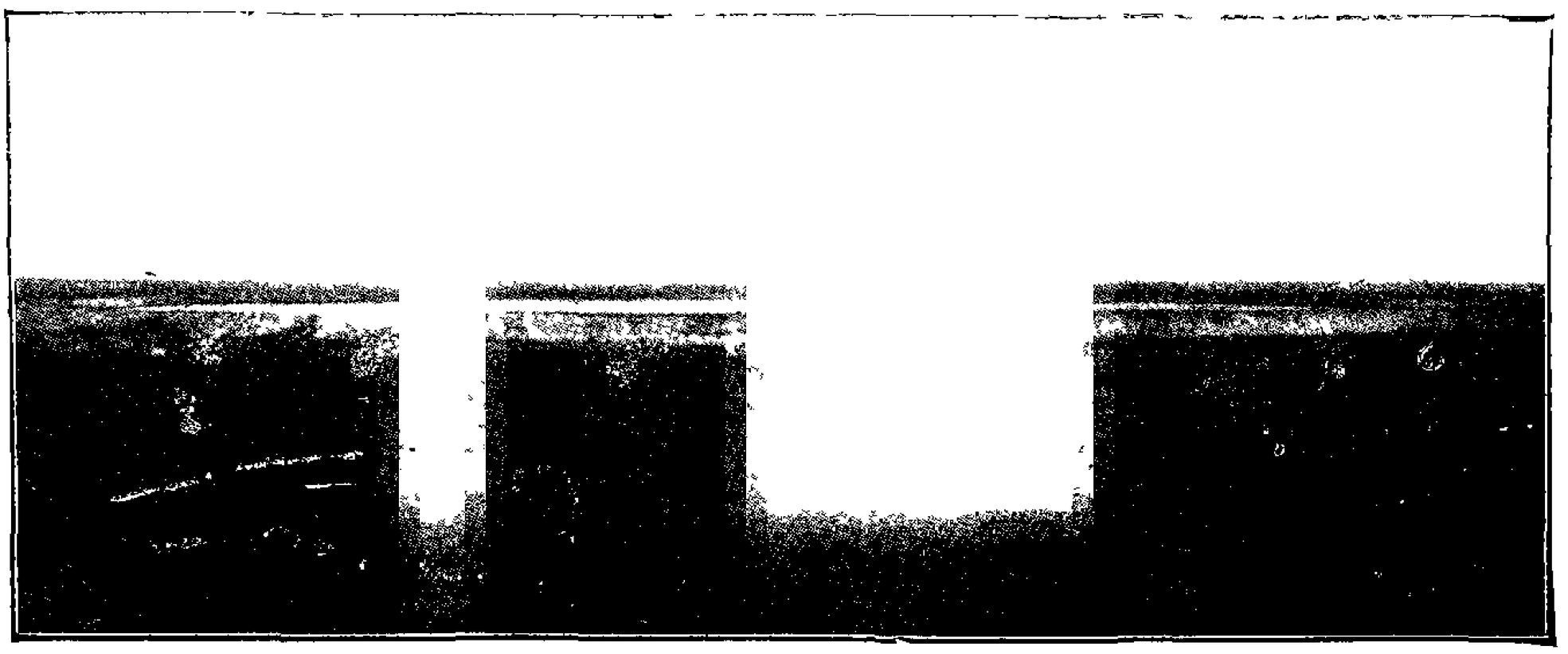
тогда какъ въ средней мульдообразной части его скважины даютъ воду подъ громаднымъ напоромъ въ 300—500 футовъ надъ поверхностью. Разумѣется, высота фонтана, полученнаго изъ проведенныхъ здѣсь скважинъ, не достигаетъ такой величины, но, если путемъ наращиванія новыхъ трубъ увеличить высоту обсадныхъ трубъ скважины, то вода поднимется въ нихъ именно до указанной высоты. Высота фонтана зависитъ отъ діаметра обсадныхъ трубъ, а именно трубы меньшаго діаметра даютъ болѣе тонкую, но въ то же время несравненно болѣе высоко подни-

мающуюся водяную струю, чѣмъ трубы большаго діаметра. На фиг. 156 и 157 представлены фотографіи, дающія болѣе наглядное представленіе, чѣмъ какія бы то ни было описанія, о громад-



Фиг. 158

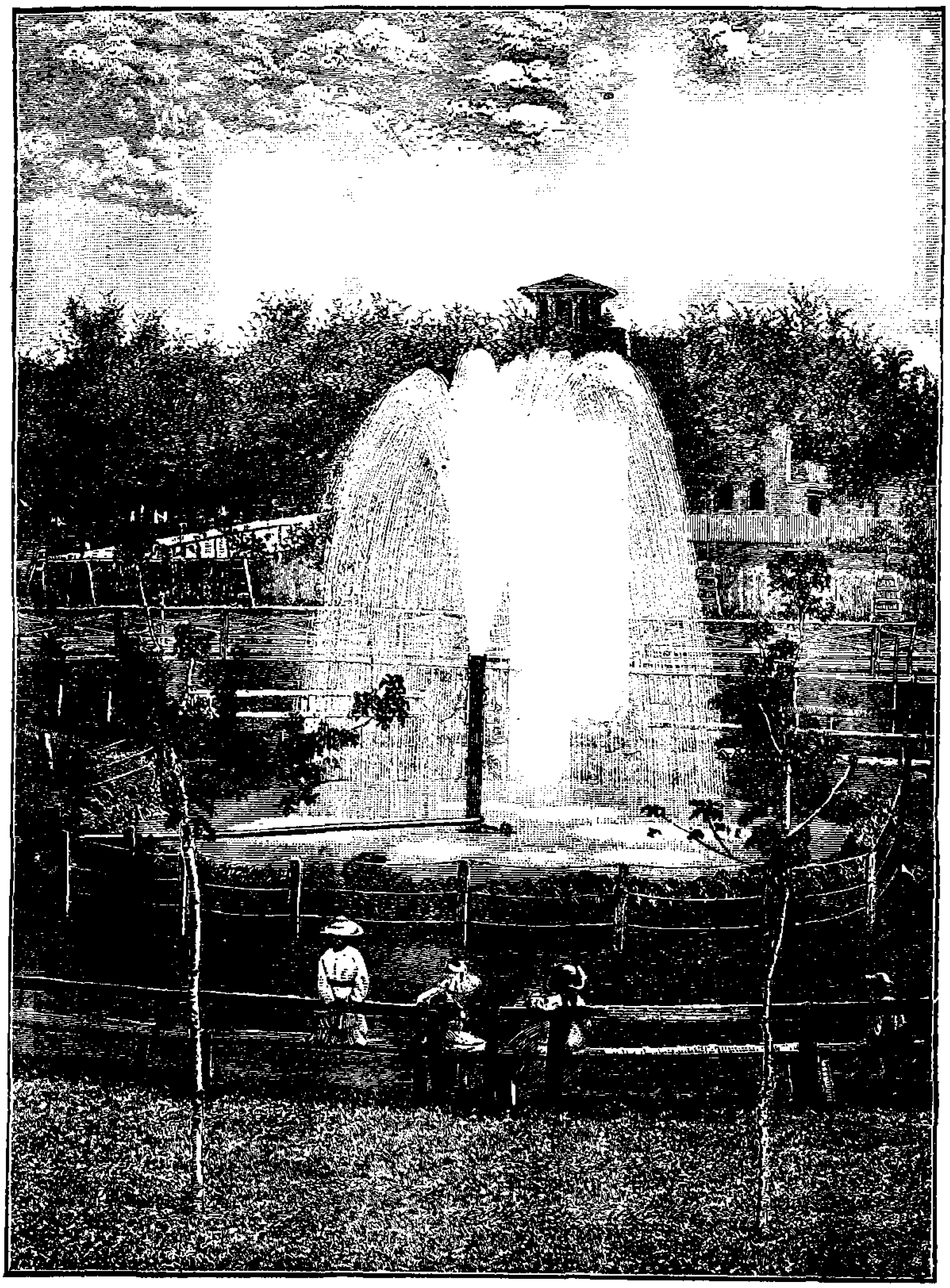
номъ напорѣ артезіанскихъ водъ въ Дакотскомъ артезіанскомъ бассейнѣ. Во многихъ мѣстахъ, особенно въ Южной Дакотѣ, вокругъ скважинъ устраиваютъ кольцеобразныя плотины и въ



Фиг. 159.

образовавшіеся такимъ образомъ громадные пруды собираютъ артезіанскую воду. Вода изъ прудовъ по оросительнымъ каналамъ проводится на нуждающіеся въ орошеніи участки и тамъ, при помощи оросительныхъ канавъ, распредѣляется въ потребныхъ

направленіяхъ. На фиг. 158 и 159 представлены такіе запасы артезіанской воды для орошенія. Въ другихъ мѣстахъ фонтаны артезіанской воды служатъ для украшенія площадей и общественныхъ садовъ, украшенія, обходящагося очень недорого (фиг. 160).

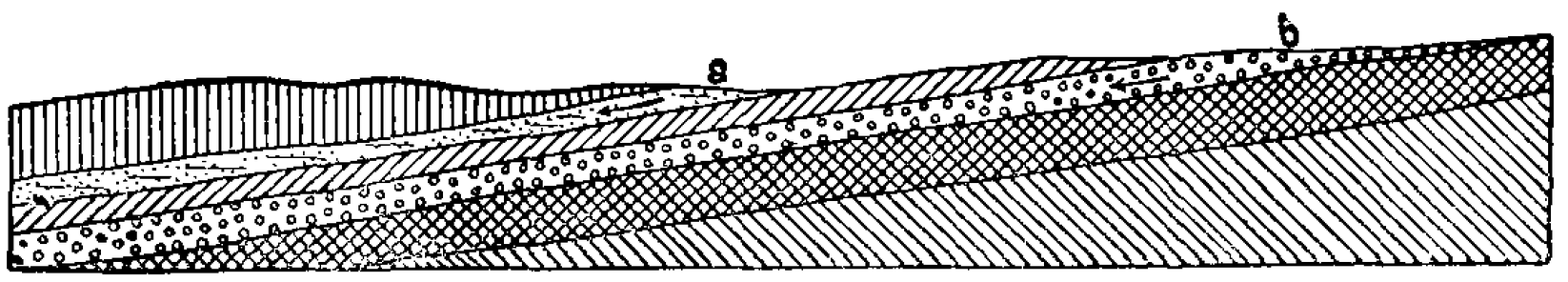


Фиг. 160.

3. Наклонное напластованіе.

Образованіе артезіанскихъ водъ въ наклонныхъ пластахъ можно прекрасно изучить по примѣру, заимствованному опять таки изъ Соединенныхъ Штатовъ Сѣверной Америки, гдѣ имѣется обширный артезіанскій бассейнъ такого рода. Находится онъ къ

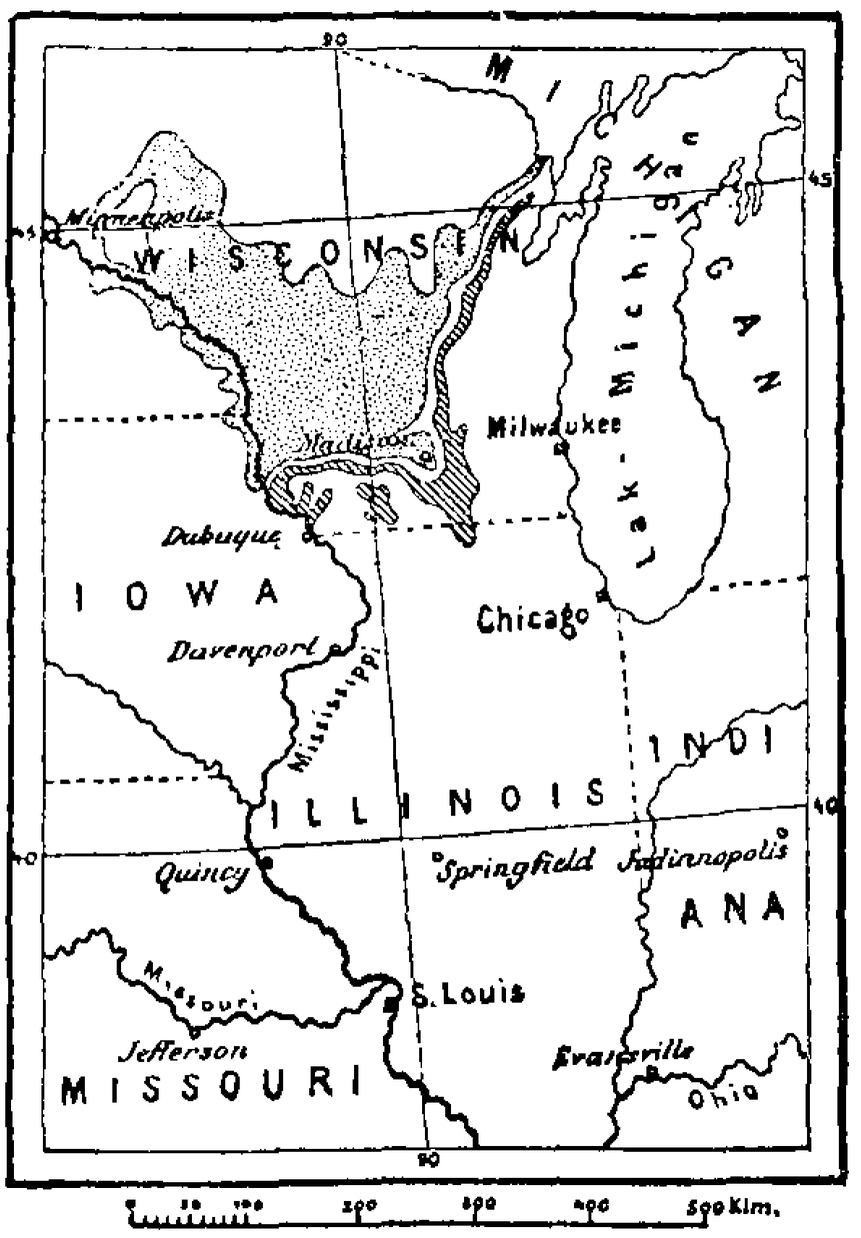
югу отъ области Великихъ озеръ, въ штатахъ Уисконсинъ и Иллинойсъ, откуда водоносные пласты тянутся еще далѣе на югъ. Свита пластовъ, слагающихъ здѣсь мѣстность, принадлежитъ палеозойской группѣ; начинается она снизу кембрійскими отложеніями, далѣе слѣдуетъ чрезвычайно мощная толща породъ силурійскаго возраста, девонскія отложенія занимаютъ, наоборотъ, подчиненное положеніе и, наконецъ, вся свита заканчивается весьма широко и мощно развитой толщей породъ каменноугольной системы. Вся эта серія породъ падаетъ довольно равномѣрно съ сѣвера на югъ; уклонъ пластовъ круче уклона земной поверхности, такъ что болѣе древнія отложенія, по мѣрѣ удаленія на югъ, все болѣе и болѣе глубоко уходятъ подъ землю, перекрываясь болѣе молодыми. Выходы древнѣйшей изъ палеозойскихъ системъ — кембрійской (отложенія послѣдней ледниковой эпохи, покрывающія сверху всю описываемую площадь, вездѣ игнорируются при дальнѣйшемъ описаніи, какъ не имѣющія существеннаго значенія), ограничиваются территоріей штата Уисконсинъ,



Фиг. 161.

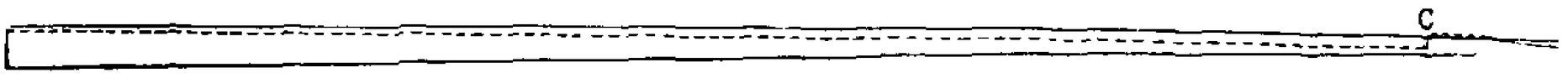
далѣе до Оттавы, въ видѣ широкой полосы, слѣдуютъ выходы всѣхъ подраздѣленій силурійской системы, между тѣмъ какъ кембрійскія отложенія уходятъ вглубь, и, наконецъ, большая часть Иллинойса вплоть до Огайо сложена каменноугольными отложеніями, перекрытыми сверху четвертичными образованіями. Схематическій разрѣзъ, проведенный въ направленіи съ сѣвера на югъ черезъ эту область (фиг. 161), наглядно иллюстрируетъ только-что сказанное. Роль Дакотскаго песчаника въ западныхъ штатахъ играютъ здѣсь два различныхъ горизонта песчаниковъ, изъ которыхъ одинъ, болѣе мощный, обозначенный буквою b на фиг. 161, называется Потсдамскимъ и относится къ кембрійскимъ отложеніямъ, другой, менѣе мощный, a — песчаникъ Св.-Петра нижнесилурійскаго возраста. Распространеніе выходовъ этихъ песчаниковъ на поверхность безъ дальнѣйшихъ объясненій понятно изъ карточки фиг. 162, на которой ясно видно, сколь значительную область питанія имѣетъ этотъ артезіанскій бассейнъ. Изъ области питанія вода движется, слѣдуя паденію пластовъ, къ юго-востоку и югу; здѣсь такъ же, какъ и въ только что описанномъ Дакотскомъ бассейнѣ, режимъ каждой отдѣльной

скважины зависитъ отъ высоты заложенія устья ея, такъ что изъ нѣкоторыхъ скважинъ получается самоистекающая вода, а въ другихъ она останавливается на опредѣленномъ уровнѣ ниже дневной поверхности, въ зависимости отъ вышеприведеннаго условія. Болѣе важнымъ изъ водоносныхъ пластовъ является Потсдамскій песчаникъ, который во многихъ мѣстахъ впитываетъ воду въ количествѣ отъ 20 до 40% своего объема; въ другихъ же мѣстахъ количество впитываемой имъ воды падаетъ до нѣсколькихъ процентовъ. Значительно менѣе важнымъ является песчаникъ Св. Петра, мощность котораго достигаетъ лишь 60 метровъ, а водопроводящая способность сильно ослабляется включеніями многочисленныхъ глинистыхъ прослойковъ. Но, съ другой стороны, этотъ послѣдній залегаетъ ближе къ поверхности, такъ что полученіе изъ него артезіанской воды связано съ меньшими затратами. Глубина скважинъ въ этомъ бассейнѣ колеблется въ весьма широкихъ предѣлахъ, между 40 и 3100 футами. Наибольшее число болѣе мелкихъ скважинъ находится вдоль долины р. Иллинойса, гдѣ песчаникъ Св. Петра залегаетъ на глубинѣ 150 до 400 футовъ. Города Оттава и Марсель имѣютъ, каждый, болѣе чѣмъ по 200 скважинъ. Средняя глубина ихъ достигаетъ 1000—1500 футовъ; издержки по проведенію ихъ, въ размѣрѣ около 3000 долларовъ за каждую, въ огромномъ большинствѣ случаевъ, быстро окупаются, благодаря значительнымъ количествамъ получаемой изъ нихъ воды. Высота, до которой можетъ подниматься вода подъ вліяніемъ естественнаго напора, и здѣсь зависитъ отъ цѣлаго ряда условій, какъ природныхъ, такъ и кроющихся въ самомъ способѣ буровыхъ работъ; въ особенно благопріятныхъ условіяхъ находятся, напримѣръ, окрестности Монмёса, гдѣ получена вода съ напоромъ, достаточнымъ для подъема ея на 700 футовъ выше поверхности земли. Такъ какъ въ данномъ артезіанскомъ бассейнѣ находятся крупные промышленные центры, вродѣ Чикаго, то здѣсь явилась возможность произвести прекрасно обставленныя наблюденія надъ взаимнымъ вліяніемъ скважинъ, располо-



Фиг. 162. Высота кембрійскихъ и силурійскихъ песчаниковъ въ Уисконсинѣ (покрытая точками площадь — кембрійскій, заштрихованная — силурійскій песчаникъ).

женныхъ одна недалеко отъ другой. Такъ какъ на заводахъ и фабрикахъ Чикаго ежедневно потребляется свыше 1.000.000 галлоновъ [1]) артезіанской воды и такъ какъ самотекомъ такого количества ея изъ скважинъ не получалось, то уже давно прибѣгли здѣсь къ постановкѣ насосовъ для выкачиванія изъ скважинъ недостающей воды; результатомъ этого является то, что-лишь только начинается откачка воды изъ одной скважины, какъ уровень воды понижается во всѣхъ остальныхъ, такъ что для увеличенія количества подаваемой насосами воды приходится понижать пріемный клапанъ насоса. Въ настоящее время скважины Чикаго, дававшія ранѣе самоистекающую воду, всѣ обслуживаются насосами, и переливаніе воды изъ нихъ выше поверхности земли наблюдается лишь въ теченіе нѣсколькихъ часовъ по понедѣльникамъ утромъ, вслѣдствіе того, что насосы цѣлыя сутки по воскресеньямъ не работаютъ; вскорѣ послѣ начала работъ въ понедѣльникъ истеченіе воды снова прекращается. Насколько ничтожно паденіе пластовъ отъ центра Уисконсина къ



Фиг. 163. Уровень артезіанскихъ водъ въ Уисконсинѣ (вертикальный масштабъ равенъ горизонтальному).

берегу озера Мишигэнъ и насколько профили, приведенныя на фиг. 154 и 161 искажены, показываетъ фиг. 163, на которой представленъ разрѣзъ черезъ описываемую мѣстность при сохраненіи равенства между вертикальнымъ и горизонтальнымъ масштабами. Пунктирной линіей обозначенъ артезіанскій горизонтъ, питающій скважину C.

Южное продолженіе этой свиты пластовъ близъ Мексиканскаго залива даетъ возможность познакомиться съ областью стока. Широкая прибрежная низменность, имѣющая въ южномъ Техасѣ до 30 миль въ поперечникѣ, отдѣляется отъ плоскогорья, тянущагося до Канады, не складчатыми или, вообще, тектоническаго происхожденія горами, но обѣ области раздѣлены глубокой впадиной на подобіе того, какъ Швабскій Альбъ отдѣляется отъ сосѣдней низменности. Эта впадина образовалась вслѣдствіе сброса, по которому мѣловые слои, слагающіе плоскогорье, опустились вглубь. Слабо падающіе къ югу мѣловые пласты плоскогорья служатъ областью питанія для воды, которая по плоскостямъ напластованія движется въ глубину въ южномъ направленіи и по трещинѣ сброса выходитъ на поверхность въ видѣ колоссальныхъ источниковъ, но, кромѣ того, получается и изъ буровыхъ сква-

1) 1 галлонъ = 0,31 ведра.

жинъ, напримѣръ въ Санъ-Антоніо и Нью-Броунфельсъ. Артезіанскія скважины этой мѣстности являются самыми богатыми водою въ мірѣ, такъ какъ изъ небольшого числа ихъ, проведенныхъ для водоснабженія города Санъ-Антоніо, получается въ сутки до 25.000 куб. метровъ воды (17 куб. метровъ въ минуту). Здѣсь можно наблюдать вліяніе расходованія воды изъ артезіанскихъ скважинъ на дебитъ источника. Скважины здѣсь, какъ и во многихъ другихъ штатахъ, снабжены запорными кранами; когда послѣдніе бываютъ открыты въ теченіе продолжительнаго времени, производительность сосѣднихъ источниковъ падаетъ, и



Фиг. 164. Источникъ Санъ-Маркосъ близъ Санъ-Антоніо въ Техасѣ.

наоборотъ. О колоссальныхъ количествахъ воды, даваемой этими источниками и о величинѣ ихъ даетъ ясное представленіе фиг. 164, на которой изображенъ источникъ Санъ-Маркосъ близъ Санъ-Антоніо съ дебитомъ въ 57 милліоновъ галлоновъ или 260.000 куб. метровъ воды въ сутки. Свыше милліона куб. метровъ въ сутки даетъ источникъ Comel, питающійся водою изъ той же сбросовой трещины. Въ настоящее время дебитъ этихъ источниковъ значительно уменьшился, такъ какъ большія количества питавшей ихъ ранѣе воды расходуются скважинами.

4. Налеганіе водонепроницаемыхъ слоевъ.

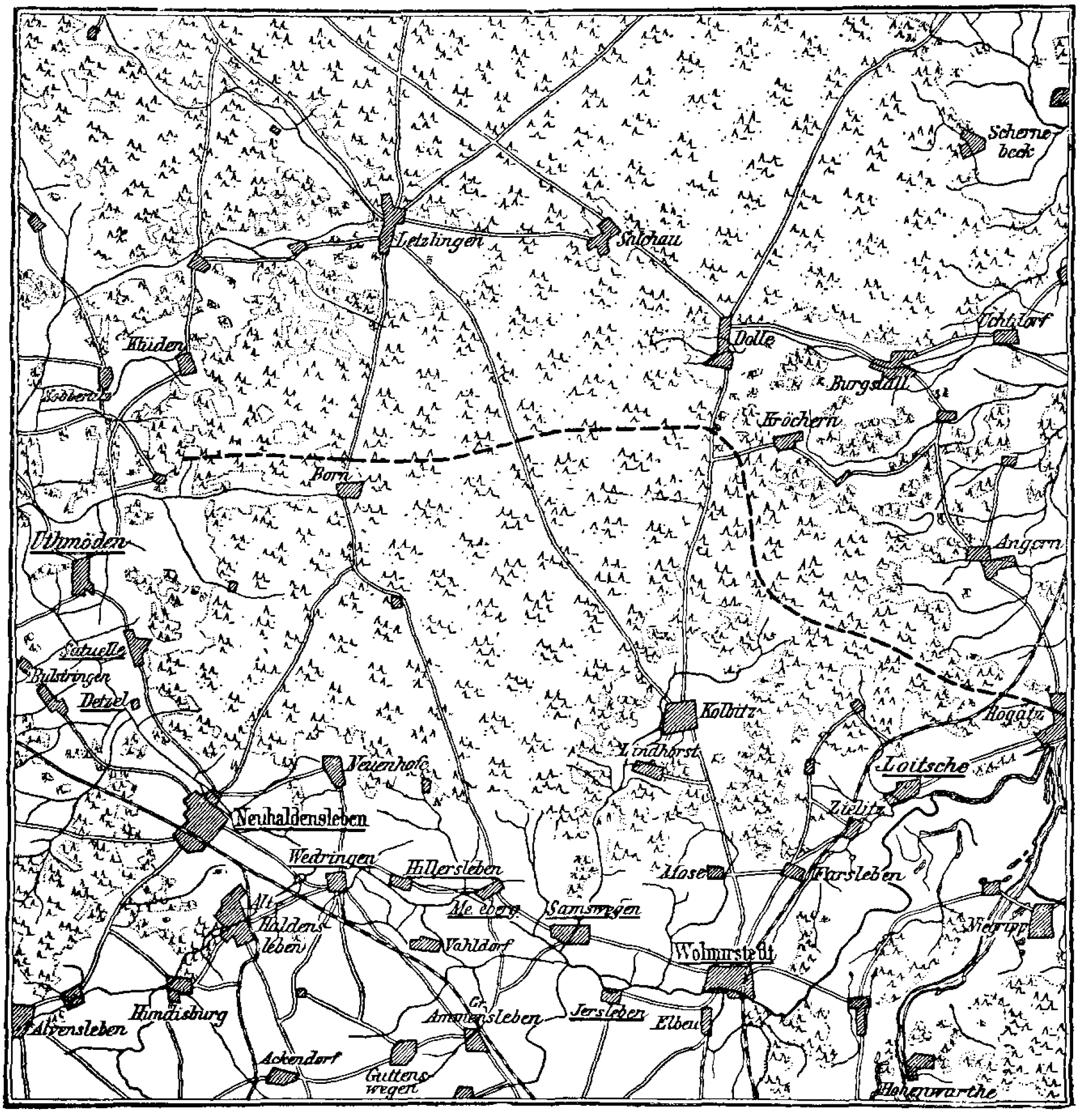
Благодаря налеганію слоевъ водонепроницаемыхъ породъ на водопроницаемые, содержащіе воду, въ Сѣверной Германіи обра-

дѣляется на двѣ, такъ что образуются два горизонта артезіанской воды, впрочемъ, не отличающіеся одинъ отъ другого величиною напора. На югѣ эта морена оканчивается въ области долинъ Эльбы и Оре; вода здѣсь теряетъ свой артезіанскій характеръ и сливается съ грунтовыми водами обѣихъ названныхъ долинъ. Благодаря налеганію валунныхъ мергелей, грунтовая вода получаетъ напоръ и переходитъ въ артезіанскую, какъ это иллюстрируется приведенной выше фиг. 141. Вслѣдствіе этого, вода поднимается въ скважинахъ и мѣстами изливается изъ нихъ на поверхность, мѣстами же нѣсколько не доходитъ до послѣдней. Артезіанская вода здѣсь обнаружена до сихъ поръ во всѣхъ пунктахъ, названія коихъ на картѣ подчеркнуты, т. е. по линіи, примѣрно, въ 40 километровъ. На артезіанской водѣ основано водоснабженіе многихъ селеній, центральное водоснабженіе города Нейгальденслебена, а также водоснабженіе желѣзнодорожной станціи въ Магдебургѣ. Запасы артезіанской воды очень велики, такъ какъ выдающаяся по своей производительности скважина въ Вольмирштедтѣ оказываетъ лишь самое ничтожное вліяніе на скважину, находящуюся отъ нея въ разстояніи всего 100 метровъ: при откачкѣ воды изъ первой скважины уровень воды во второй понижается всего на нѣсколько сантиметровъ. Съ другой стороны, горизонтъ воды въ скважинахъ города Нейгальденслебена сильно понизился послѣ устройства скважины для большой фабрики дрожжей; откачкой воды изъ этой послѣдней скважины былъ совсѣмъ прекращенъ притокъ воды въ нѣкоторыхъ сосѣднихъ скважинахъ, а въ другихъ — понижены производительность и напоръ воды. Артезіанскій бассейнъ долины Оре представляетъ прекрасный примѣръ раздѣленія его на области питанія, напора и стока.

Большой извѣстностью пользуется скважина въ Шнейдемюле, благодаря катастрофѣ, связанной съ ея проведеніемъ. Артезіанская вода здѣсь вытекала съ глубины приблизительно 90 метровъ изъ столь мелкозернистаго песчанаго слоя, что зерна песка механически увлекались ею и въ большомъ количествѣ выносились на дневную поверхность. Вслѣдствіе этого, около дна скважины подъ землею образовались пустоты, вызвавшія провалы поверхности въ глубину до 1 метра, слѣдствіемъ чего явилось разрушеніе многихъ построекъ. Здѣсь артезіанская вода образовалась изъ грунтовой, стекающей съ Балтійской гряды и на южной окраинѣ этой послѣдней, перекрытой водонепроницаемыми породами, а именно дилювіальными мергелистыми глинами, вслѣдствіе чего и получился напоръ, характерный для артезіанскихъ водъ.

зовался цѣлый рядъ водоносныхъ горизонтовъ, изъ которыхъ, въ видѣ примѣра, будутъ описаны три.

Къ сѣверу отъ Магдебурга, между Дрёмлингомъ и Эльбою, возвышается лѣсистое плоскогорье южнаго Альтмарка (см. фиг. 165). Оно сложено изъ песковъ мощностью 30—40 метровъ, которые, не будучи перекрыты никакими водонепроницаемыми породами, пред-



Поверхностный водораздѣлъ.

Селенія, въ которыхъ имѣются артезіанскія скважины.

Фиг. 165.

ставляютъ прекрасную область питанія для грунтовыхъ водъ. Вода проникаетъ вглубь до горизонта грунтовыхъ водъ на глубинѣ 20—30 метровъ и движется затѣмъ въ южномъ направленіи къ долинѣ Оре. Въ 2—4 километрахъ отсюда начинается основная морена, налегающая на указанные выше пески; мощность ея вскорѣ возрастаетъ и достигаетъ 25 метровъ; мѣстами она раз-

или даже совсѣмъ не измѣняется. Такое обстоятельство является причиною очень крупныхъ затрудненій при подземной разработкѣ пластовъ бураго угля въ Познани, залегающихъ непосредственно подъ гончарной глиной и надъ пескомъ, содержащимъ артезіанскую воду.

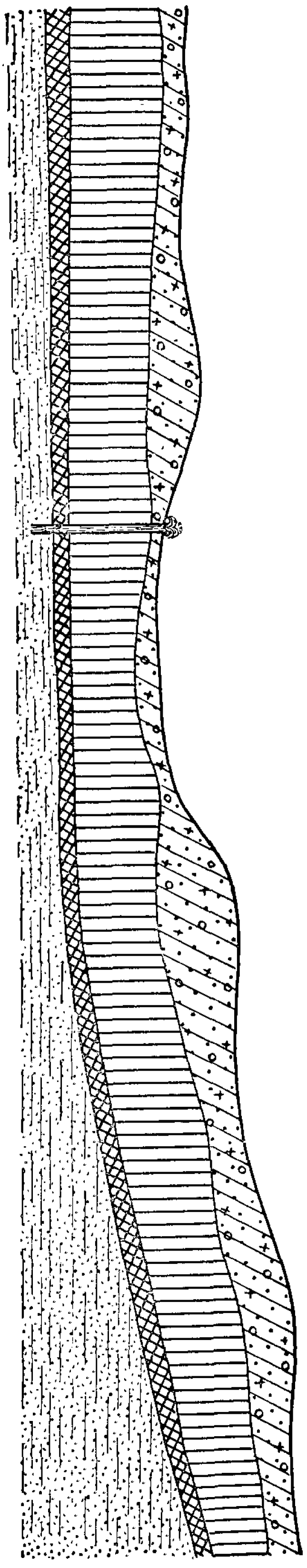
Изгибы вверхъ и внизъ водоносныхъ пластовъ, залегающихъ между водонепроницаемыми глинами, подъ вліяніемъ материковаго льда, т. е. небольшія флексуры, образованныя ледниками, часто наблюдаются въ Сѣверной Германіи. Прекрасный примѣръ подобнаго явленія приводитъ О. Линстовъ изъ окрестностей Дюбена [1]). Здѣсь міоценовыя глины и пласты бѣлаго крупнозернистаго кварцеваго песка и кварцеваго же гравія, чередующіеся между собою, дислоцированы ледникомъ, но такимъ образомъ, что сплошность пластовъ не нарушена. Вслѣдстіе этого, пласты водоноснаго песка и гравія третичной системы, залегающіе между водонепроницаемыми глинами, обнажаются на большой, сравнительно, высотѣ надъ уровнемъ моря въ цѣпи холмовъ къ сѣверу отъ рѣки Мульды, между Дюбеномъ и Претчемъ; здѣсь они напитываются водою, частью благодаря проникновенію въ нихъ атмосферныхъ осадковъ; эта вода получается въ видѣ артезіанской въ ниже лежащихъ районахъ долины Мульды. Артезіанская вода содержится здѣсь въ двухъ пластахъ гравія, залеганіе которыхъ настолько нарушено, что болѣе глубоко залегающій пластъ (50—60 м. ниже поверхности земли) обнажается на большемъ уровнѣ, чѣмъ выше залегающій (30—40 метровъ ниже дневной поверхности) и, вслѣдствіе этого, напоръ воды въ немъ больше и послѣдняя, слѣдовательно, поднимается выше надъ поверхностью (до 10 метровъ).

Очень сходны съ этими условія нахожденія артезіанской воды въ лагунныхъ отложеніяхъ Венеціи (фиг. 167). Здѣсь во многихъ пунктахъ буреніемъ получена самоистекающая прѣсная артезіанская вода, содержащаяся во многихъ песчаныхъ пластахъ, заключенныхъ среди непроницаемыхъ осадковъ. Вѣроятно, эти пласты изгибаются къ сѣверу по направленію къ Альпамъ, благодаря чему вода въ нихъ и получаетъ напоръ.

Совершенно своеобразной формой артезіанской воды въ залегающихъ очень неглубоко подъ земною поверхностью пластахъ являются такъ называемые „fontanili“ Сѣверной Ломбардіи. Подъ этимъ названіемъ подразумѣваются очень мелкіе колодцы, иногда

---

1) O. v. Linstow, Die Tertiärbildungen auf dem Gräfenhainichen-Schmiedeberger Plateau (Dübener Heide). „Jahrb. d. K. Preuss. Geol. Landesanst.“ für 1908, 19, II, 2, S. 297—298.

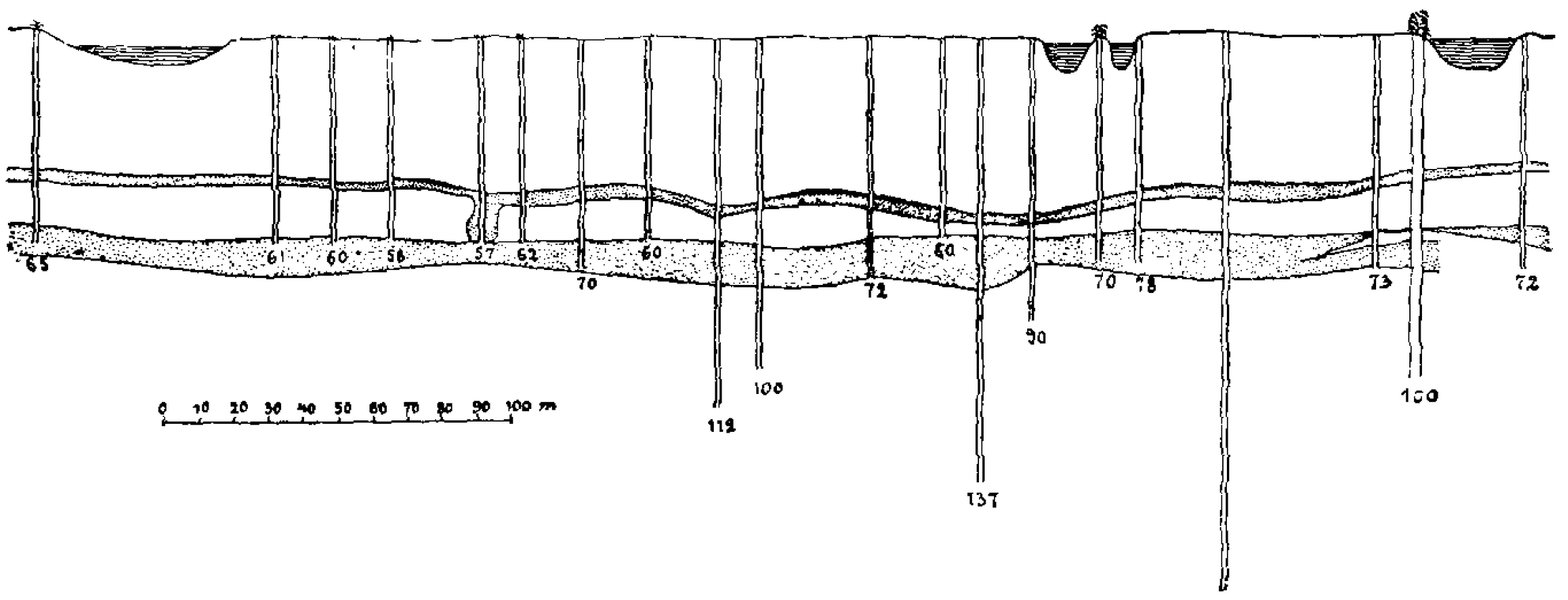


Фиг. 166.

Лежащая къ югу отсюда часть Познани также отличается богатствомъ артезіанскими водами; здѣсь онѣ встрѣчены въ мощной толщѣ песка міоценоваго возраста, на площади въ нѣсколько сотъ квадратныхъ километровъ. Сверху эти пески перекрыты верхнеміоценовой или, быть можетъ, даже пліоценовой Познанской гончарной глиной (фиг. 166), мощность которой достигаетъ 100 метровъ. Глина эта выклинивается по направленію къ западу и къ сѣверу въ болѣе высоко расположенныхъ мѣстностяхъ, являющихся областью питанія, изъ которой вода притекаетъ въ болѣе низко лежащія части Познанскаго міоцена въ видѣ обыкновенной грунтовой воды. Здѣсь она перекрывается гончарной глиной и пріобрѣтаетъ свойства артезіанской.

Водоносный пластъ здѣсь состоитъ частью изъ крупнозернистаго хрящеватаго песка, напримѣръ, близъ Глогау, такъ что въ подобныхъ пунктахъ получается артезіанская вода въ большомъ изобиліи. Въ другихъ же частяхъ зерна песка, слагающаго водоносный пластъ, настолько мелки, что порода дѣлается трудно проницаемой для воды; слѣдствіемъ этого является то, что, если въ какой либо шахтѣ откачкой понизить уровень воды, то непосредственно послѣ этого напоръ ея измѣняется очень мало

состоящіе изъ вкопанной въ землю бочки, изъ которыхъ вода выливается на поверхность земли; эта вода служитъ для орошенія и, благодаря ея высокой температурѣ, трава произрастаетъ даже въ зимнее время. Эти колодцы встрѣчаются въ той зонѣ равнины Ломбардіи, которая простирается параллельно долинѣ р. По отъ Новары до Эча и далѣе на востокъ, почти на 100 километровъ, до Венеціи. Въ строеніи этой зоны принимаютъ участіе четвертичныя глины и слои гравія, падающіе круче, чѣмъ земная поверхность. Тамъ, гдѣ слои водоноснаго гравія находятся на глубинѣ 2—3 метровъ отъ поверхности и прикрыты сверху глинами, образуется напорная вода, которая подъ вліяніемъ напора поднимается въ колодцахъ, сдѣланныхъ изъ бочки, и выливается на поверхность. Дебитъ такихъ колодцевъ достигаетъ, въ среднемъ, 120 метровъ въ секунду; весь же дебитъ всѣхъ колодцевъ этой зоны, согласно Добрэ, равняется 120 куб. метрамъ въ секунду.



Фиг. 167 (по Добрэ).

6. Происхожденіе источниковъ.

ГЛАВА 41.

Введеніе. Классификація источниковъ.

Какъ указывалось уже въ главѣ 12, именемъ источниковъ и ключей (линія и горизонтъ ключевыхъ водъ и т. д.) обозначаются естественные выходы подземныхъ водъ на дневную поверхность. Благодаря крупнымъ различіямъ въ водопроводящей способности различныхъ породъ (трещиноватость, частичная проницаемость), а еще болѣе благодаря поразительному разнообразію въ условіяхъ залеганія водоносныхъ породъ, разнообразіе типовъ источниковъ также очень велико. Изученіе ихъ позволяетъ вывести весьма поучительныя слѣдствія относительно законовъ движенія воды въ почвѣ.

Согласно любезному устному сообщенію Альберта Гейма, послѣдній раздѣляетъ источники на слѣдующія группы:

A. Источники въ наносахъ:
   1. Типичные источники въ наносахъ (наносы, залегающіе на наносныхъ же образованіяхъ).
   2. Источники въ наносахъ, залегающихъ на коренныхъ породахъ.

B. Источники въ коренныхъ породахъ:
   1. Пластовые источники.
   2. Трещинные источники.

Такъ какъ иногда очень трудно провести разницу между „наносомъ“ и „коренною породой“, то я предпочитаю въ основу классификаціи источниковъ положить физическія свойства ихъ и поэтому считаю наиболѣе правильнымъ слѣдующее дѣленіе:

A. Нисходящіе источники.

B. Восходящіе источники.

Въ первыхъ вода движется отъ области питанія къ мѣсту выхода сверху внизъ, обычно въ видѣ обыкновенной грунтовой воды. Наоборотъ, вторые, восходящіе источники, образуются водою, движущейся снизу вверхъ подъ дѣйствіемъ гидростатическаго давленія или же вслѣдствіе поднятія ея подъ вліяніемъ газовъ и т. п. По условіямъ залеганія водоносныхъ слоевъ въ мѣстѣ выхода источниковъ, послѣдніе можно подраздѣлить на группы слѣдующимъ образомъ:

1. Источники, образовавшіеся вслѣдствіе пережима водоноснаго пласта.
2. Источники въ мѣстѣ естественнаго окончанія водоноснаго пласта.
3. Пластовые источники въ мѣстахъ эрозіоннаго обнаженія водоноснаго пласта.
4. Переливающіеся источники.
5. Плотинные или подпорные источники.
6. Трещинные источники.
7. Сбросовые источники.

Къ этой же группѣ можно отнести перемежающіеся источники.

Восходящіе источники можно подраздѣлить слѣдующимъ образомъ:

1. Восходящіе источники, обязанные своимъ происхожденіемъ гидростатическому давленію:
   a. пластовые источники,
   b. сбросовые источники.
2. Восходящіе источники, вода въ которыхъ движется подъ дѣйствіемъ напора газовъ:

a. водяныхъ паровъ,
b. углекислоты,
c. углеводородовъ.

Въ этой классификаціи горячіе или термальные источники, а также и минеральные не выдѣляются въ отдѣльные типы по той простой причинѣ, что оба эти вида источниковъ могутъ встрѣтиться въ каждомъ типѣ и образуютъ лишь отличающіеся болѣе высокой температурой или болѣе высокимъ содержаніемъ въ растворенномъ видѣ различныхъ твердыхъ и газообразныхъ веществъ подтипы обыкновенныхъ источниковъ, связанные съ послѣдними безчисленными переходами. Поэтому то разсмотрѣніе минеральныхъ и термальныхъ источниковъ и не составляетъ отдѣльной части книги, за исключеніемъ лишь части 7-й, гдѣ сообщаются свѣдѣнія о химическомъ составѣ воды; но описанію ихъ посвящена лишь одна глава.

ГЛАВА 42.

Нисходящіе источники.

1. Источники, образовавшіеся вслѣдствіе съуженія профиля водоноснаго пласта.

Съуженіе живого сѣченія подземнаго водяного потока можетъ произойти отъ слѣдующихъ причинъ:

1. вслѣдствіе уменьшенія площади сѣченія пласта, т. е. вслѣдствіе уменьшенія ширины его или мощности, или же вслѣдствіе того и другого вмѣстѣ;

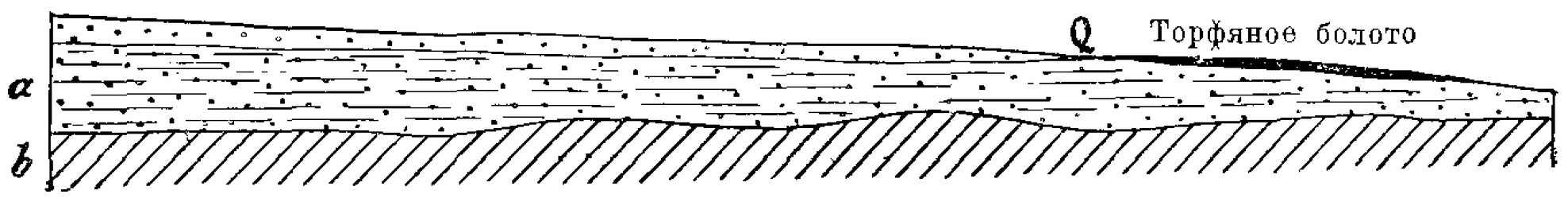
2. вслѣдствіе уменьшенія водопроводящей способности породы, слагающей водоносный пластъ, что можетъ быть вызвано уменьшеніемъ размѣра зеренъ песка и связаннымъ съ этимъ уменьшеніемъ объема поръ въ породѣ; для породъ неравномѣрнопроницаемыхъ то же вызывается уменьшеніемъ числа трещинъ, служащихъ для движенія воды, или же съуженіемъ ихъ;

3. вслѣдствіе уменьшенія угла паденія водоноснаго пласта, если, конечно, какъ вполнѣ понятно, такое уменьшеніе не связано съ увеличеніемъ площади поперечнаго сѣченія пласта для пропуска того же количества воды, что́ и ранѣе.

Если въ водоносномъ пластѣ произошло одно или нѣсколько измѣненій, указанныхъ выше и дѣйствующихъ въ одну сторону, то естественнымъ послѣдствіемъ этого является то, что вода въ пластѣ не можетъ далѣе двигаться подъ землею и часть ея должна отыскивать себѣ новый путь къ поверхности земли. Прекраснымъ примѣромъ образованія ключей подобнаго рода являются ключи Верхнебаварскаго плоскогорья. Примыкающія

къ поясу конечныхъ моренъ Альпійскаго хребта мощныя отложенія валуновъ, гравія и песка, тянущіяся отъ подножія Альпъ до долины Дуная въ видѣ слабо падющей къ сѣверу толщи, имѣющей много метровъ моіцности и подстилающейся водонепроницаемыми третичными глинами, претерпѣваютъ уменьшеніе мощности, а также и размѣровъ слагающихъ ихъ зеренъ породъ, по направленію съ юга на сѣверъ. Слѣдствіемъ этого является то, что огромныя массы воды, движущіяся изъ Альпійской области къ сѣверу, постепенно переполняютъ пески и гравій все болѣе и болѣе и, наконецъ, выходятъ на поверхность, какъ это представлено на фиг. 168. Линія такихъ выходовъ прослѣживается на Баварскомъ плоскогорьѣ на много миль и прекрасно обозначается на поверхности образованіемъ значительныхъ болотъ (такъ называемыхъ „Moose“), отличающихся обиліемъ воды вдоль названной линіи и ниже ея по направленію движенія воды.

Другимъ прекраснымъ примѣромъ подобнаго же рода является юго-восточная Исландія. Къ площади материковаго льда и

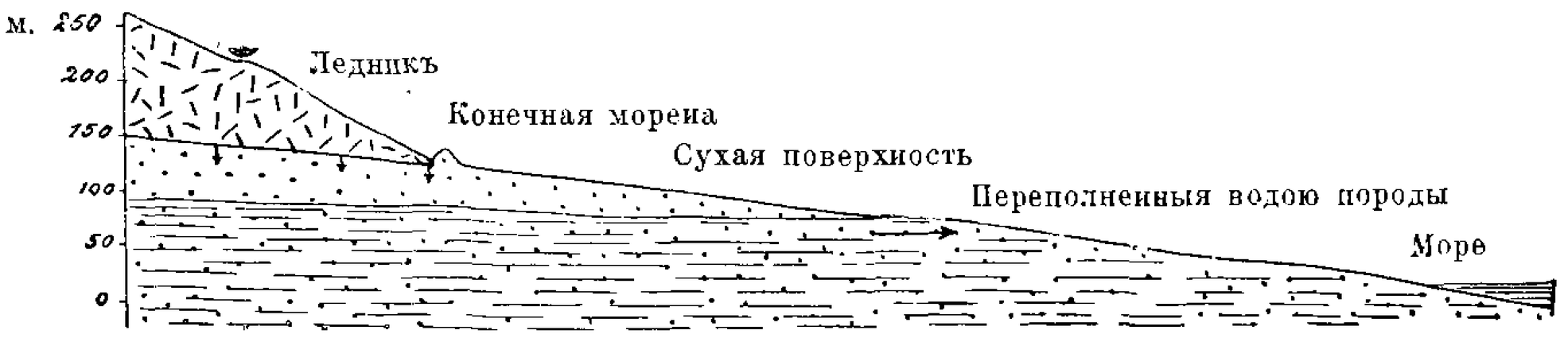


Фиг. 168.

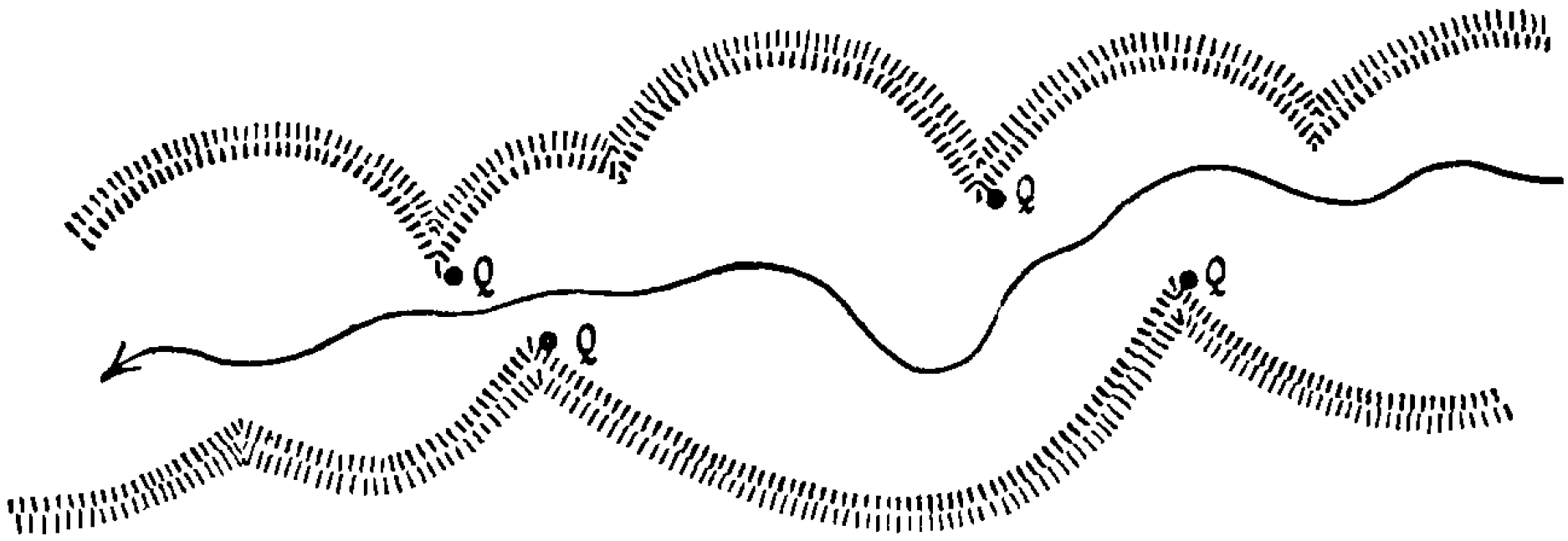
образующихся изъ него громадныхъ глетчеровъ въ области Ватна-Іёкулль примыкаетъ здѣсь полоса песчаныхъ и галечныхъ отложеній, шириною 10—50 километровъ между концомъ глетчера и моремъ; песокъ и галька отложены ледниками. Эти породы возвышаются надъ уровнемъ моря отъ 20 до 200 метровъ къ концу глетчера; онѣ прекрасно изображены на недавно вышедшей въ свѣтъ топографической картѣ юго-восточной Исландіи, изданной Датскимъ генеральнымъ штабомъ въ масштабѣ 1:50.000. На этой картѣ (фиг. 169) прекрасно видно, что воды отъ таянія глетчернаго льда не выходятъ на поверхность у конца ледника, но проникаютъ въ массу песчаныхъ наносовъ, такъ что площади послѣднихъ, непосредственно примыкающія къ леднику, лишены поверхностныхъ водъ, которыя появляются на нихъ гораздо ниже по направленію къ морю; еще ближе къ морю на поверхности этой площади, сложенной пористыми породами, повсюду имѣются значительные выходы подземной воды, переполняющей всю толщу песковъ и гальки. Разрѣзъ на фиг. 170 объясняетъ происхожденіе этихъ выходовъ.

Еще однимъ примѣромъ образованія ключей вслѣдствіе уменьшенія сѣченія водоноснаго пласта я обязанъ любезности проф.

Альберта Геймa. Если въ какой-либо долинѣ, дно которой сложено изъ болѣе или менѣе водопроницаемыхъ и содержащихъ подземную воду породъ, наблюдаются поочередныя съуженія и расширенія ея, то очевидно, что въ съуженныхъ частяхъ площадь сѣченія водоносныхъ породъ уменьшается и вода, не находя себѣ въ нихъ достаточно мѣста подъ землею, выходитъ на поверхность въ видѣ источниковъ. Прекраснымъ примѣромъ такого рода является долина Тёссъ близъ Цюриха, выработанная въ молассовыхъ отложеніяхъ; эта долина находится во второй стадіи развитія; развитые по склонамъ ея серпентины своими выступами



Фиг. 170.



Фиг. 171 (по А. Гейму).

въ нѣкоторыхъ мѣстахъ съуживаютъ ея сѣченіе и въ каждомъ такомъ выступѣ выходятъ на поверхность источники, обозначенные на фиг. 171 буквою Q.

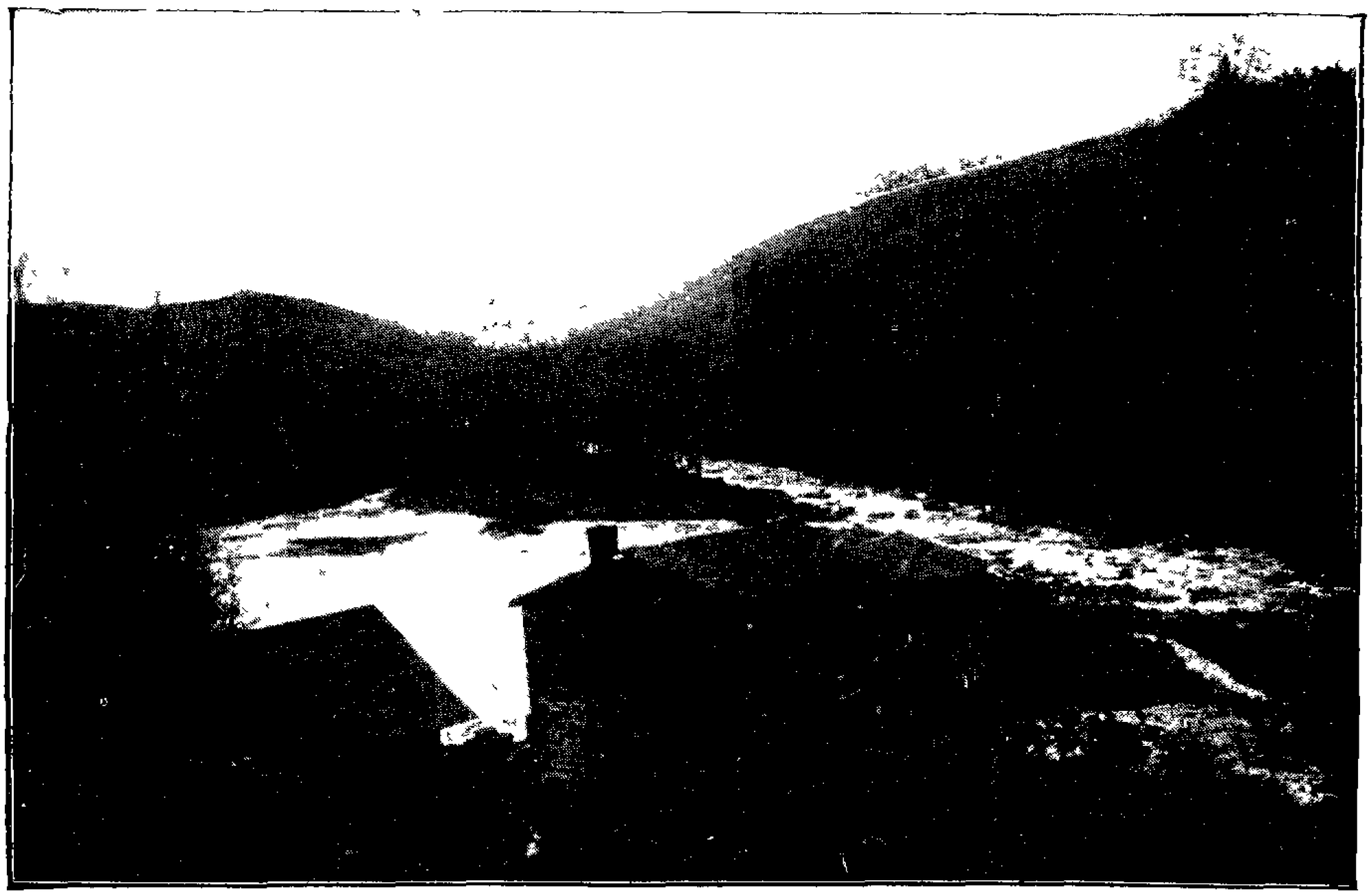
ГЛАВА 43.

Нисходящіе источники.

2. Источники, выходящіе въ мѣстѣ естественнаго окончанія водоноснаго слоя.

Если пласты водопроницаемыхъ и водоносныхъ породъ, слагающихъ поверхность въ данномъ мѣстѣ, подстилающіеся водонепроницаемыми породами, какимъ-либо естественнымъ образомъ заканчиваются, то въ этомъ пунктѣ вода, двигавшаяся по нимъ ранѣе, образуетъ источники. Прекраснымъ примѣромъ подобнаго рода источниковъ являются источники, образованные грунтовыми

водами такихъ отложеній, которыя, вслѣдствіе самаго способа ихъ происхожденія, обусловливаютъ движеніе ихъ въ заранѣе существующихъ углубленіяхъ и долинахъ, каковы, напримѣръ, ледниковые и лавовые потоки. Въ долинѣ, по которой движется ледникъ, текутъ не только воды, получившіяся отъ таянія глетчернаго льда, но также и всѣ тѣ воды, которыя выходятъ по склонамъ долины, заполненной ледникомъ, въ видѣ источниковъ, и которыя, если бы не было ледника, образовали бы рѣку. Всѣ



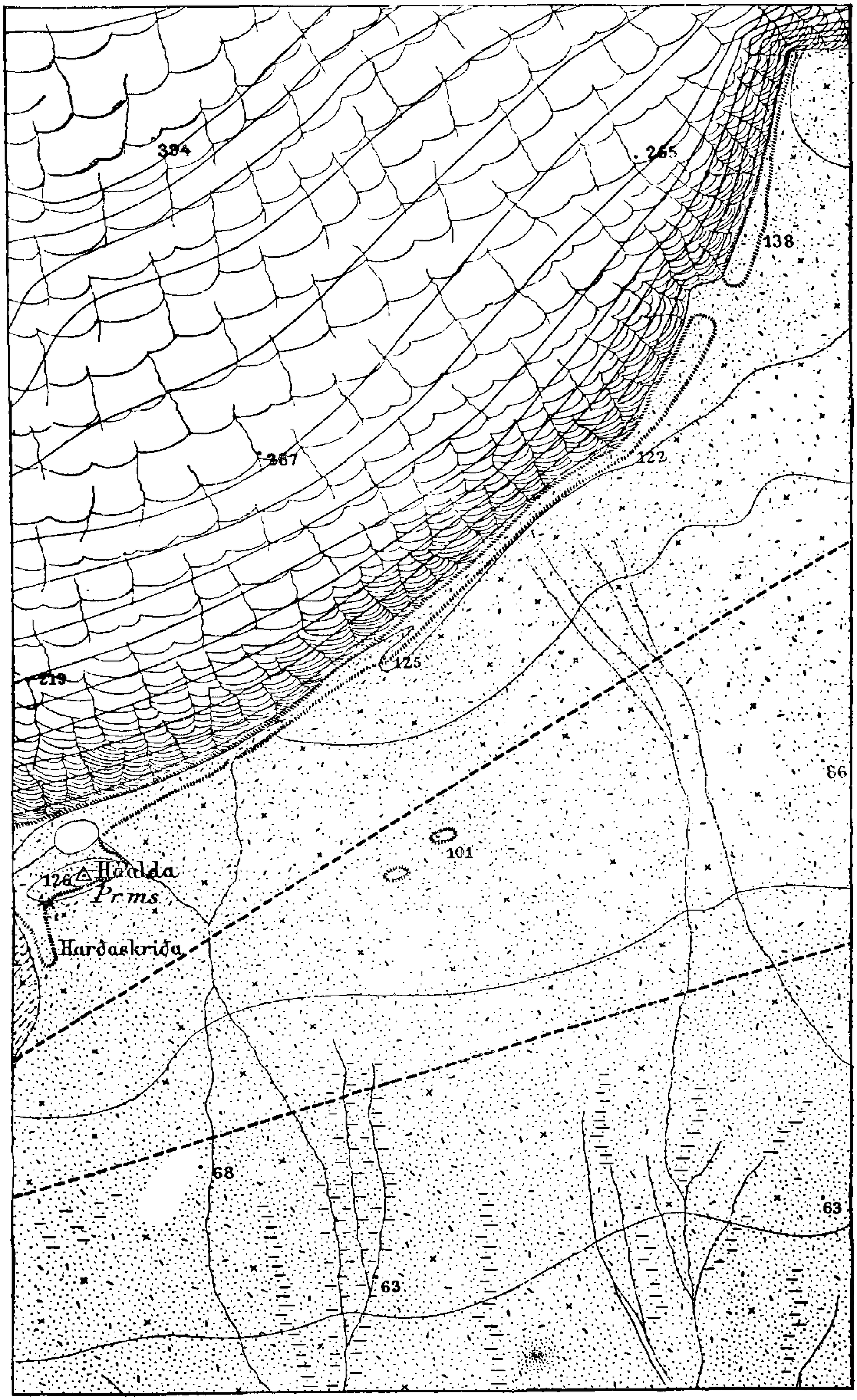
Фиг. 172.

Источники Peschadoires (Puy-de-Dôme) изъ лавоваго потока Puy de Côme (долина Sioule), по проф. Glangeaud Направо видѣнъ склонъ долины Sioule, у подножія котораго течетъ эта рѣка, имѣющая здѣсь бурный характеръ Слѣва видны окончанія потока вулкана Côme, которые перегородили древнюю долину Sioule, и богатѣйшіе источники Peschadoires, задержанные искусственной плотиной (небольшой рыбный прудъ) [1].

эти воды, само собою понятно, должны выходить на поверхность въ мѣстѣ окончанія ледника и, дѣйствительно, всѣ ручьи, вытекающіе изъ такъ называемыхъ ледниковыхъ воротъ, принадлежатъ къ этой группѣ.

Точно такія же условія наблюдаются въ потокахъ лавы, подчиняющихся тѣмъ же законамъ движенія, что и потоки воды, а именно всѣ лавовые потоки, безразлично, вытекаютъ ли они изъ кратера на вершинѣ вулкана, или же изъ кратеровъ по его склонамъ, стекаютъ внизъ по направленію наибольшаго уклона поверхности и движутся совершенно подобно водѣ. Вслѣдствіе

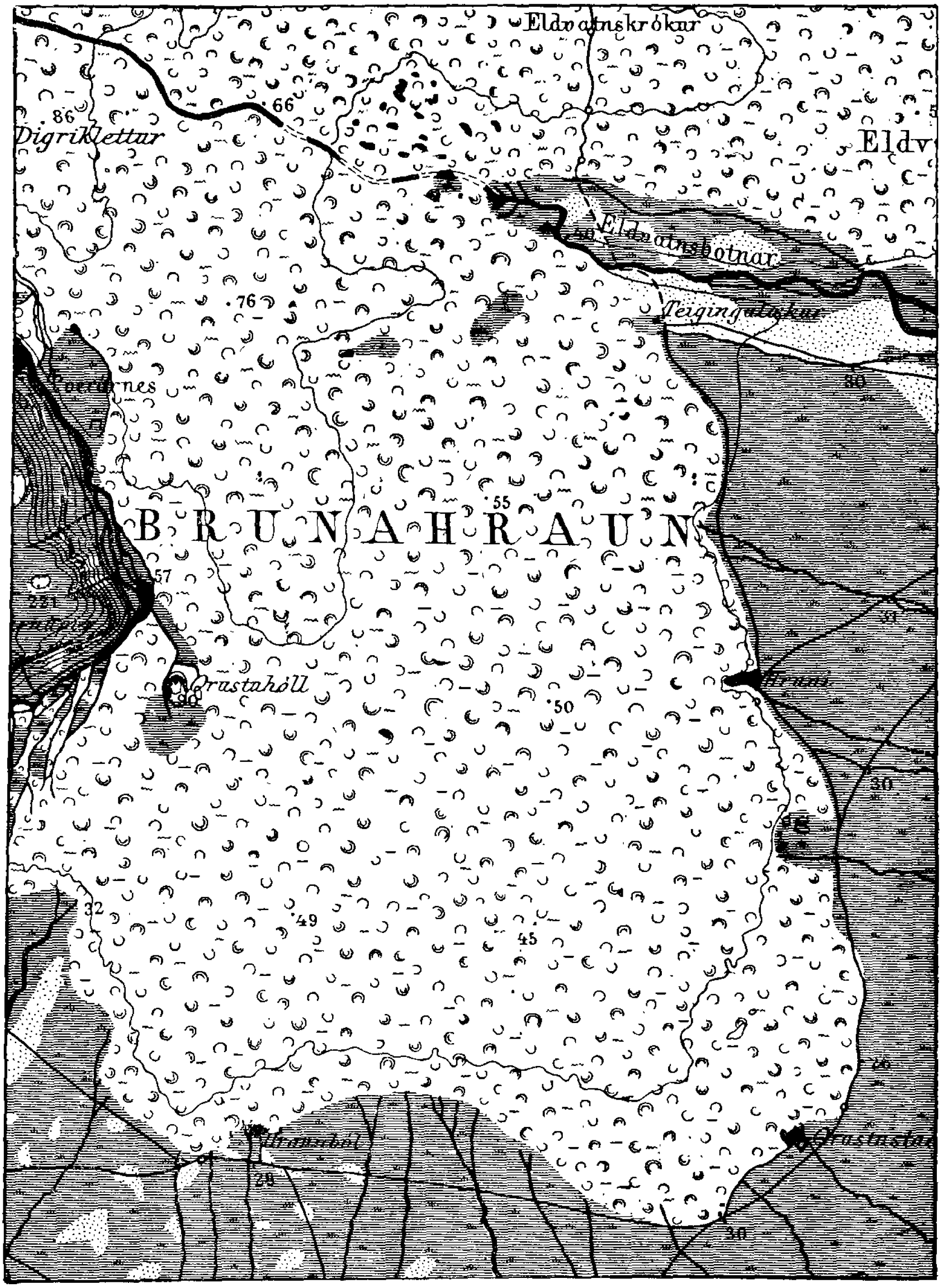
1) Ph. Glangeaud. La Chaîne des Puys. „Bull. du Serv. de la carte géolog. de France“ 1913.



Фиг. 169. Площадь между ледникомъ и моремъ въ Южной Исландіи. 1 : 50.000.

Короткіе горизонтальные штрихи обозначаютъ выходы на поверхность поглощенныхъ породами ледниковыхъ водъ.

чрезвычайной трещиноватости лавы и обусловленной этимъ ея высокой водопроницаемости, въ толщу ея проникаютъ, какъ это



Фиг. 173. Конецъ лавоваго потока Брунараунъ въ Исландіи. 1 : 50.000. Карта Датскаго генеральнаго штаба.

прекрасно наблюдается въ областяхъ развитія новыхъ вулканическихъ отложеній, какъ воды атмосферныхъ осадковъ, такъ и рѣки, впадающія изъ боковыхъ долинъ въ видѣ притоковъ той

рѣки, долина которой заполнена лавой, такъ, наконецъ, и всѣ воды, стекающія со склоновъ этой долины. Онѣ всѣ движутся въ нижней части толщи лавоваго потока и выходятъ на поверхность тамъ, гдѣ этотъ послѣдній заканчивается. Такимъ образомъ происходятъ источники, отличающіеся огромнымъ дебитомъ, и всѣ вулканическія области съ сильнымъ развитіемъ лавовыхъ потоковъ даютъ прекрасные примѣры источниковъ этого рода, какъ, напримѣръ, центральное французское плато, изъ лавовыхъ источниковъ котораго производится водоснабженіе многихъ городовъ и селеній. Прекрасной фотографіей такого лавоваго источника на французскомъ плато (фиг. 172) я обязанъ любезности проф. Гланжо.

Подобные же лавовые источники имѣютъ большое развитіе въ Исландіи; одинъ изъ нихъ изображенъ на упоминавшейся уже ранѣе картѣ Датскаго генеральнаго штаба (фиг. 173, 1 : 50000). Здѣсь отчетливо видно, что въ большомъ лавовомъ потокѣ Брунараунъ нѣкоторыя рѣчки исчезаютъ и снова появляются и что въ концѣ потока образуются многочисленные источники, частью въ видѣ небольшихъ рѣчекъ. То же самое можно наблюдать и въ области вулкана Гекла, гдѣ лавовые потоки заполняютъ длинныя прекрасно выраженныя долины; здѣсь точно также изъ лавы берутъ начало водные источники.

Къ этой же группѣ относятся такъ называемые источники осыпей (Schuttquellen). Если толща осыпей, образовавшаяся отъ горныхъ обваловъ, и часто встрѣчающіяся въ горныхъ мѣстностяхъ осыпи, примыкающія къ болѣе крупнымъ склонамъ горъ (см. главу 3), имѣютъ достаточно большіе размѣры, то въ нихъ могутъ скопиться собственные запасы воды, которая будетъ двигаться въ направленіи отъ горъ по поверхности, большей частью, очень плохо водопроницаемыхъ породъ, подстилающихъ осыпавшіяся массы, и въ концѣ этихъ осыпей и обваловъ обнаружатся многочисленные источники. Гораздо чаще, впрочемъ, массы осыпавшихся породъ получаютъ воду изъ той горы, къ которой онѣ примыкаютъ, такъ что источникъ въ нихъ только продолжаетъ свой путь, настоящій же выходъ его погребенъ подъ толщею осыпей, такъ что подобные источники нужно разсматривать, какъ вторичные. Болѣе подробно будетъ сказано объ этомъ въ главѣ о поискахъ ключевыхъ водъ.

Источники, берущіе начало изъ трещиноватыхъ породъ, залегающихъ на мѣстѣ ихъ образованія и, вслѣдствіе этого, водопроницаемыхъ, относятся также къ этой категоріи; таковы, напримѣръ, источники, берущіе начало изъ гранитовъ тамъ, гдѣ кончаются осыпи на склонахъ и начинается выходъ на поверх-

личнымъ группамъ породъ. При ихъ влагоемкости, почти всегда достигающей, а иногда и превосходящей 50%, они иногда, вслѣдствіе трещиноватости, являются вполнѣ проницаемыми для воды, иногда же совершенно непроницаемыми. Вслѣдствіе этого, буроугольные пласты въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, напримѣръ, близъ Лаузица, осушаются чрезвычайно легко и быстро, причемъ образуются громадныя и плоскія депрессіонныя воронки. Въ другихъ же областяхъ, напримѣръ, въ саксонско-тюрингенскомъ эоценовомъ бассейнѣ, пласты бураго угля совершенно водонепроницаемы, вслѣдствіе чего осущеніе ихъ сопряжено съ крупными затрудненіями; образующіяся въ этомъ случаѣ депрессіонныя воронки узки и круты. Эти различія проявляются также на гидростатическихъ условіяхъ породъ лежачаго бока, о чемъ говорилось уже на стр. 276.

Въ породахъ мѣловой системы пористыя породы имѣютъ уже значительно меньшее развитіе. Къ нимъ относятся равномѣрно проницаемые глауконитовые и кварцевые пески, также пористые песчаники и конгломераты; къ неравномѣрно-проницаемымъ принадлежатъ плотные песчаники, конгломераты и известняки и уступающій имъ по водопроницаемости пишущій мѣлъ; къ непроницаемымъ — мѣловой мергель и глинистый мергель.

Вполнѣ подобны этимъ отложеніямъ и отложенія юрской системы. И въ нихъ водопроницаемыя пористыя образованія занимаютъ подчиненное положеніе, хотя, впрочемъ, въ прибалтійской области лейясовые пески достигаютъ мощности въ нѣсколько сотъ метровъ. Большинство породъ юрской системы являются полупроницаемыми, каковы преимущественно песчаники и известняки, между тѣмъ какъ глинистые сланцы, мергельные сланцы, глинистые и битуминозные мергеля принадлежатъ къ водонепроницаемымъ образованіямъ.

Въ тріасовой системѣ вполнѣ проницаемыми являются многочисленные, встрѣчающіеся въ отдѣлѣ пестраго песчаника, пористые песчаники, или слабо сцементированные при самомъ своемъ образованіи, или же лишившіеся связывающаго отдѣльныя его зерна цемента вслѣдствіе позднѣйшихъ процессовъ. Къ полупроницаемымъ породамъ относятся известняки, доломиты и песчаники; первые — въ нижнемъ кейперѣ, въ раковистомъ известнякѣ и въ пестромъ песчаникѣ; доломиты развиты преимущественно въ кейперѣ и среднемъ ярусѣ раковистаго известняка, песчаники же играютъ главную роль въ верхнемъ кейперѣ, въ западно-германскомъ раковистомъ известнякѣ и въ пестромъ песчаникѣ. Къ непроницаемымъ принадлежатъ доломитовые и обыкновенные мергеля, глинистые сланцы и сланцеватые суглинки;

эти породы преимущественно развиты въ кейперѣ, въ верхнемъ и нижнемъ пестромъ песчаникѣ, а въ раковистомъ известнякѣ онѣ играютъ значительно меньшую роль.

Въ пермскихъ отложеніяхъ полупроницаемыми являются известняки, доломиты, гипсы и ангидриты, тогда какъ непроницаемыми — пестрые суглинки и соленосныя глины.

Палеозойскія отложенія очень сходны между собою въ отношеніи водопроницаемости. Полупроницаемыми въ нихъ являются широко развитые известняки, песчаники, кремнистые сланцы, кварциты, граувакки, конгломераты, тогда какъ глинистыя породы, какъ-то глинистые сланцы, обыкновенные и доломитовые мергеля и т. п. принадлежатъ къ непроницаемымъ породамъ. То обстоятельство, что сланцевыя глины и мергеля не являются вполнѣ проницаемыми и не имѣютъ широко развитой системы трещинъ, объясняется давленіемъ при горообразовательныхъ процессахъ, вслѣдствіе котораго образовавшіяся трещины снова смыкались. Примѣръ такого рода можно видѣть въ окрестностяхъ Бернбурга, гдѣ совершенно согласная система трещинъ разсѣкаетъ отложенія раковистаго известняка и средняго пестраго песчаника, тогда какъ эти трещины совершенно отсутствуютъ въ промежуточномъ поясѣ верхняго пестраго песчаника, сложеннаго глинистыми породами, даже тамъ, гдѣ такія же глины рёта втиснуты снизу въ трещины раковистаго известняка.

Въ областяхъ развитія архейскихъ породъ и метаморфическихъ кристаллическихъ сланцевъ всѣ породы могутъ быть полупроницаемыми, вслѣдствіе образованія системы трещинъ. Это же замѣчаніе относится и ко всѣмъ изверженнымъ породамъ, за исключеніемъ новѣйшихъ лавъ и туфовъ, къ которымъ можно причислить также и трассы. Эти послѣднія отличаются большимъ богатствомъ водою, чему, кромѣ системы трещинъ, способствуетъ также и значительная пористость.

У всѣхъ пластовыхъ источниковъ депрессіонная воронка, обусловленная выходомъ источника, въ точности сходна съ такой же воронкой, образующейся при откачкѣ воды изъ колодцевъ, или, правильнѣе, она вполнѣ соотвѣтствуетъ воронкѣ, получающейся отъ пониженія уровня грунтовыхъ водъ при разработкѣ каменоломенъ и при открытыхъ горныхъ работахъ. Вблизи мѣста выхода источника уровень подземныхъ водъ принимаетъ параболическую форму, видъ которой вполнѣ зависитъ отъ степени водопроницаемости водоноснаго пласта, а также отъ его мощности и угла паденія. Что, дѣйствительно, при нисходящихъ источникахъ образуется своего рода депрессіонная воронка, ясно видно изъ фиг. 174 и 175, изъ которыхъ верхняя представляетъ

ность неразрушенныхъ массъ гранита, или гдѣ эти послѣднія настолько близко подходятъ къ поверхности, что поперечное сѣченіе дѣлается слишкомъ малымъ для дальнѣйшаго движенія водъ.

ГЛАВА 44.

Нисходящіе источники.

3. Пластовые источники въ эрозіонныхъ обнаженіяхъ.

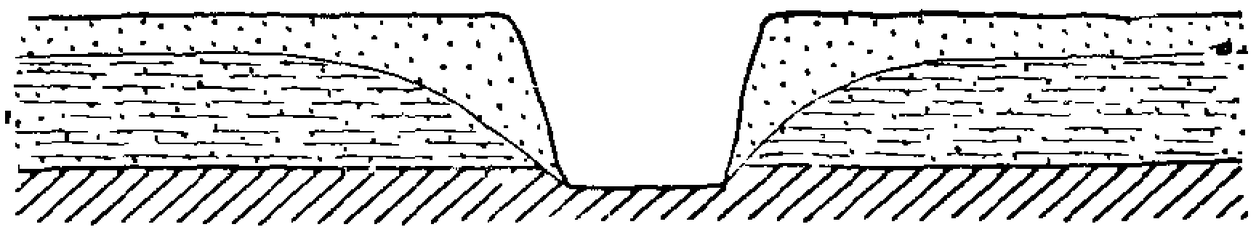
Третьимъ типомъ нисходящихъ источниковъ являются пластовые источники. Они образуются въ томъ случаѣ, если водоносный пластъ, подстилающійся снизу непроницаемыми для воды породами, гдѣ-либо обнаженъ эрозіонными или денудаціонными процессами такъ, что выходитъ на дневную поверхность. Прежде чѣмъ приступить къ разсмотрѣнію этого типа источниковъ, необходимо познакомиться съ отложеніями различныхъ геологическихъ системъ въ отношеніи наличности въ нихъ проницаемыхъ или непроницаемыхъ для воды породъ, причемъ мы ограничимся лишь условіями Германіи. Благодаря безконечному разнообразію развитія отложеній отдѣльныхъ системъ въ различныхъ областяхъ выходовъ ихъ, возможно, конечно, предложить здѣсь лишь самый схематическій обзоръ ихъ.

Въ отложеніяхъ четвертичной системы, состоящихъ изъ аллювія и дилювія, водопроницаемыми являются пласты хряща, гравія и песковъ, но лишь при условіи, что величина зеренъ не будетъ меньше $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ миллиметра. Трудно проницаемыми являются всѣ мелкозернистые пески, мелкозернистые глинистые мергеля и песчанистые валунные мергеля, а также лёссъ; наконецъ, совершенно непроницаемыми являются рѣчной илъ, жирные глинистые мергеля и валунные мергеля, не содержащіе песка.

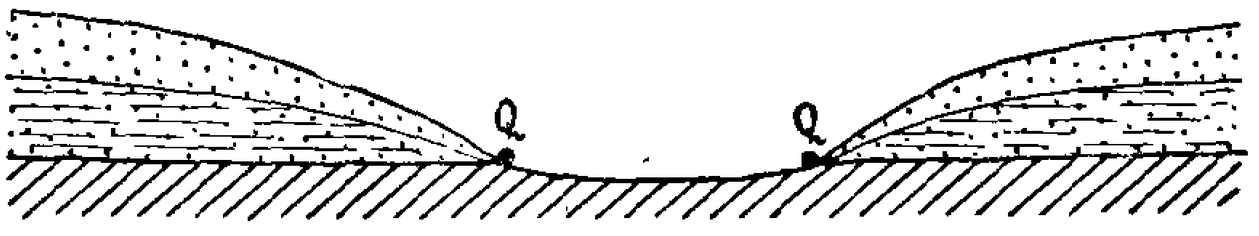
Въ отложеніяхъ третичной системы впервые встрѣчаются плотныя породы. Вслѣдствіе этого, въ отложеніяхъ этой системы можно различать пористыя, абсолютно проницаемыя породы, породы полупроницаемыя и, наконецъ, непроницаемыя. Къ легкопроницаемымъ относятся различные пески (кварцевые, глауконитовые, слюдистые), затѣмъ кварцевый гравій и хрящъ и нѣкоторые слабо сцементированные и поэтому пористые песчаники. Къ трудно проницаемымъ породамъ принадлежатъ очень мелкозернистые кварцевые и другіе пески; къ породамъ полупроницаемымъ — известняки и песчаники южно-германскаго моласса; къ непроницаемымъ — различныя глины, слюдяныя глины, углистые суглинки и горшечныя глины міоцена въ восточныхъ провинціяхъ, цирeновые мергели на западѣ, септаріевыя и эоценовыя глины въ сѣверной и средней Германіи. Бурые угли можно отнести къ раз-

воронку, обусловленную искусственнымъ захватомъ грунтовыхъ водъ при открытыхъ работахъ, а нижняя — иллюстрируетъ подобное же явленіе при выходѣ пласта, вскрытаго эрозіей, т. е. при нисходящемъ источникѣ. Кривыя депрессіи, образующіеся въ обоихъ случаяхъ, могутъ быть совершенно одинаковыми.

Различіе условій залеганія пластовъ обусловливаетъ и различіе между пластовыми источниками, которые можно классифицировать слѣдующимъ образомъ:



Фиг. 174.



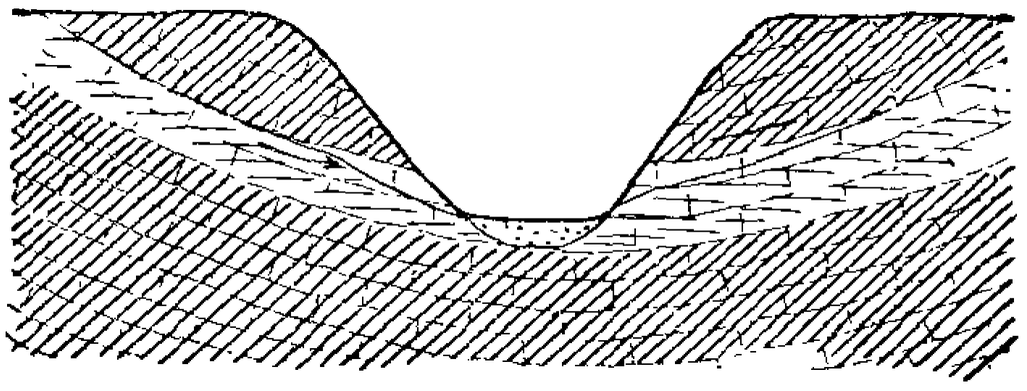
Фиг. 175.

1. Горизонтальное залеганіе водонепроницаемыхъ пластовъ:
   а) на равномѣрно-падающемъ склонѣ,
   б) на изрѣзанномъ склонѣ.
2. Наклонное залеганіе водонепроницаемыхъ пластовъ:
   а) направленіе паденія пластовъ соотвѣтствуетъ направленію долины и, слѣдовательно, простираніе ихъ болѣе или менѣе поперечно къ направленію долины (поперечныя долины);
   б) паденіе пластовъ направлено поперекъ долины и, слѣдовательно, направленіе простиранія соотвѣтствуетъ направленію долины (продольныя долины):
      α) пласты изогнуты мульдообразно,
      β) пласты образуютъ антиклинальную складку,
      γ) долина образовалась на одномъ крылѣ складки;
   в) водонепроницаемый пластъ имѣетъ неправильную волнообразную поверхность.

1 а. Если на склонѣ долины граница между горизонтально залегающими водопроницаемымъ и водонепроницаемымъ пластами представляетъ горизонтальную прямую линію и долина не имѣетъ боковыхъ притоковъ (фиг. 176), то грунтовыя воды выходятъ на поверхность вдоль всей этой границы въ видѣ многочисленныхъ незначительныхъ родничковъ, дебитъ которыхъ обычно настолько незначителенъ, что въ мѣстахъ ихъ выхода можетъ лишь поддерживаться влажность почвы и образуются небольшія болотца и мочажины.

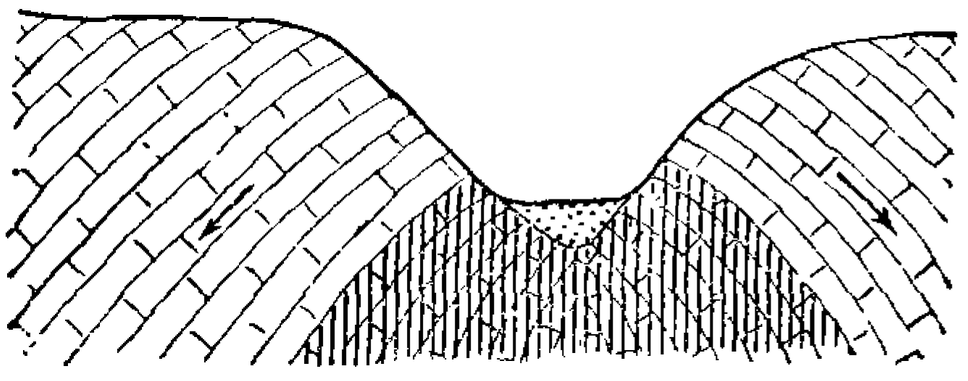
2b. Совершенно иначе обстоитъ дѣло, если простираніе пластовъ совпадаетъ съ направленіемъ самой долины.

α. Если долина прорѣзываетъ синклинальную складку или мульду (фиг. 178), то на обоихъ ея склонахъ наблюдаются одинаковые горизонты родниковыхъ водъ, и притомъ, если направленіе долины въ точности совпадаетъ съ осью мульды и склоны ея развиты симметрично, то эти выходы располагаются на обоихъ склонахъ на одной и той же высотѣ. Если мульдообразно изо-

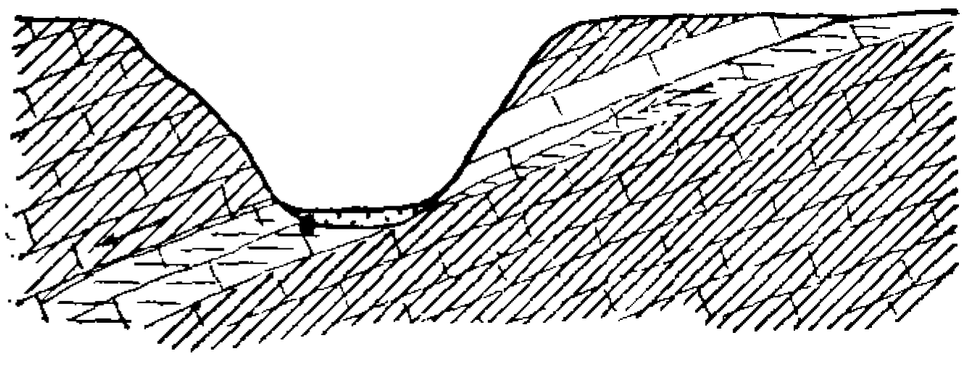


Фиг. 178.

гнутая свита слоевъ содержитъ нѣсколько водоносныхъ пластовъ и долина въ достаточной степени углублена, то на склонахъ ея будетъ наблюдаться нѣсколько горизонтовъ родниковыхъ водъ. Ось мульдообразной складки можетъ залегать горизонтально; въ такомъ случаѣ будетъ наблюдаться аналогія съ типомъ 1a; въ случаѣ же, если эта ось наклонена къ горизонту подъ какимъ-либо угломъ, то указанный случай выхода родниковъ будетъ комбинаціей 2bα и 2a.



Фиг. 179.

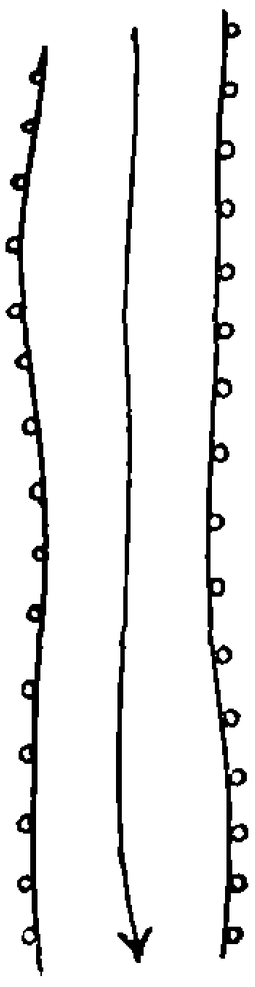


Фиг. 180.

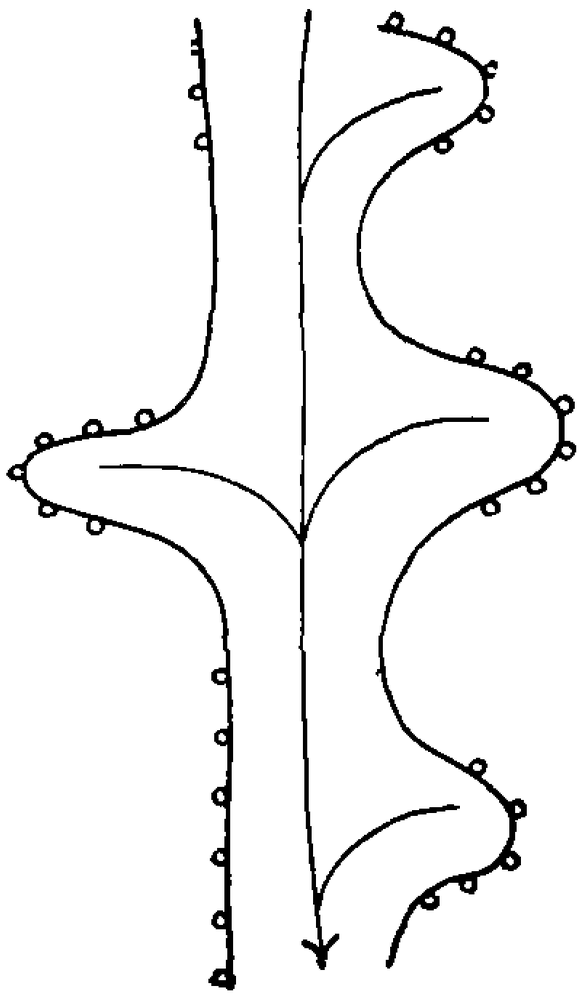
β. Въ случаѣ антиклинальной складки дѣло обстоитъ какъ разъ наоборотъ (фиг. 179): пласты падаютъ отъ склоновъ долины вглубь въ обѣ стороны и образованіе источниковъ на нихъ невозможно.

γ. Если долина углублена въ свитѣ пластовъ, падающихъ въ одну сторону (фиг. 180), то въ такомъ случаѣ имѣется комбинація двухъ только что описанныхъ типовъ. На одномъ склонѣ долины пласты падаютъ отъ нея и возможность образованія на немъ источниковъ совершенно исключается. На другомъ же склонѣ, наоборотъ, пласты падаютъ по направленію къ долинѣ, благодаря чему вполнѣ возможно образованіе источниковъ, дебитъ которыхъ зависитъ отъ величины площади питанія водо-

1 b. Если же долина имѣетъ боковые притоки, такъ что вышеуказанная граница представляется не прямой линіей, но сильно изрѣзана, то условія образованія родниковъ существенно измѣняются. Въ подобныхъ случаяхъ (фиг. 177) движеніе грунтовыхъ водъ происходитъ такимъ образомъ, что главная масса ихъ имѣетъ выходъ въ боковыя долинки, между тѣмъ какъ источники въ главной долинѣ являются совсѣмъ ничтожными, и притомъ тѣмъ болѣе ничтожными, чѣмъ ближе расположены они къ боковымъ долинамъ. При значительномъ развитіи короткихъ боковыхъ долинъ, выходъ источниковъ въ главной долинѣ можетъ совершенно отсутствовать, такъ что всѣ источники будутъ сконцентрированы въ боковыхъ. Поэтому изгибы долины въ мѣстѣ



Фиг. 176.



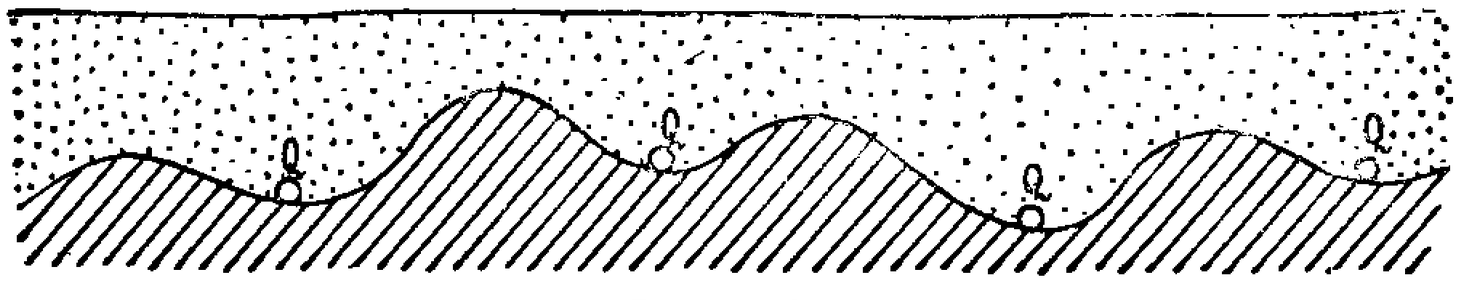
Фиг. 177.

впаденія въ нее боковыхъ притоковъ всегда бѣдны родниковой водою.

2 a. При наклонномъ паденіи пластовъ необходимо различать случаи простиранія ихъ согласно съ направленіемъ долины или же поперекъ ея. Въ послѣднемъ случаѣ нижняя граница водоноснаго пласта падаетъ въ одномъ опредѣленномъ направленіи; вслѣдствіе этого, выходы источниковъ наклонены къ дну долины и, наконецъ, достигаютъ его уровня. При этомъ наблюдается, что производительность отдѣльныхъ источниковъ возрастаетъ по мѣрѣ приближенія къ дну долины, и что самые богатые водою родники находятся на днѣ ея. При продолжающемся далѣе паденіи водоноснаго пласта вглубь, ниже дна долины, выходы грунтовой воды въ видѣ источниковъ невозможны, но она питаетъ водою аллювіальные наносы рѣки или же непосредственно увеличиваетъ запасъ текущей по поверхности дна долины воды.

носнаго пласта, т. е. отъ величины угла его паденія. Если уголъ паденія очень великъ, то область питанія мала, и наоборотъ. Чѣмъ болѣе полого падаютъ пласты, тѣмъ на большей площади они вообще обнажаются; тѣмъ, слѣдовательно, энергичнѣе происходитъ питаніе ихъ водою и тѣмъ большій дебитъ будутъ имѣть вытекающіе изъ нихъ родники.

2 с. Если поверхность водонепроницаемаго пласта волнообразно изогнута, вслѣдствіе ли тектоническихъ процессовъ (образованіе складокъ), или же она была приведена въ такой видъ эрозіей до отложенія водоноснаго пласта, или же, наконецъ, она получила такую форму вслѣдствіе движенія глетчеровъ — во всѣхъ этихъ случаяхъ наблюдается большое разнообразіе въ образованіи грунтовыхъ водъ на такой поверхности ихъ ложа. Въ кольцеобразно замкнутыхъ углубленіяхъ образуются подземныя озера, надъ которыми располагаются движущіяся по наклону пласта грунтовыя воды. Если такая система пластовъ будетъ

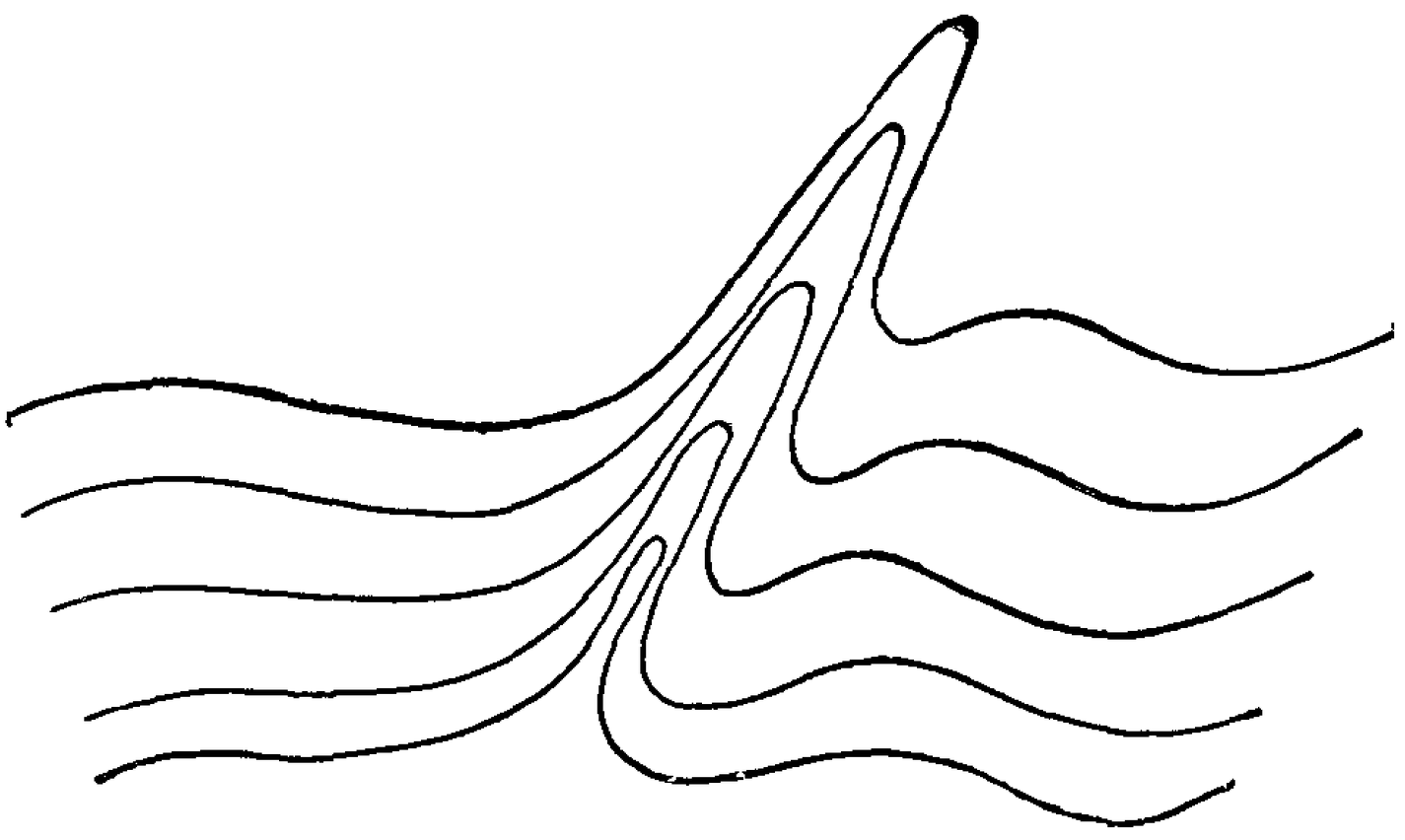


Фиг. 181.

обнажена эрозіей, то грунтовыя воды будутъ двигаться въ разныхъ направленіяхъ въ соотвѣтствіи съ углубленіями, трещинами, бороздами, мульдами и бассейнами въ водонепроницаемомъ ложѣ ихъ (фиг. 181). На тѣхъ склонахъ долинъ, гдѣ обнажается такая свита, можно ожидать самыхъ богатыхъ источниковъ въ точкахъ наибольшихъ пониженій нижней границы водоноснаго пласта, тогда какъ повышенныя ея части будутъ совершенно сухими.

Во всѣхъ описанныхъ типахъ наблюдается большое разнообразіе деталей, въ зависимости отъ того или иного характера самого водоноснаго пласта. Какъ поверхностныя воды отыскиваютъ себѣ наиболѣе удобное мѣсто для стока, такъ и подземныя воды изъ всѣхъ водопроницаемыхъ пластовъ выбираютъ наиболѣе удобные, т. е. болѣе водопроницаемые, каковыми, что само собою понятно, являются наиболѣе пористыя отложенія, какъ крупный гравій и хрящъ, а среди полупроницаемыхъ породъ — наиболѣе хрупкія и, вслѣдствіе этого, наиболѣе богатыя трещинами. Если въ мощной свитѣ такихъ пластовъ наблюдается частое чередованіе крупнозернистыхъ и мелкозернистыхъ, т. е. легко и трудно проницаемыхъ породъ, то главные запасы воды образуются въ болѣе крупнозернистыхъ и, слѣдовательно, легко проницаемыхъ породахъ, и по линіи пересѣченія этой свиты съ поверхностью всегда

будутъ встрѣчены наиболѣе богатые источники въ мѣстахъ выхода наиболѣе крупнозернистаго и легко проницаемаго водоноснаго пласта. При благопріятныхъ условіяхъ можно даже, вопреки вышеупомянутымъ соотношеніямъ, наблюдать выходы болѣе значительныхъ источниковъ въ гораздо менѣе удобныхъ пунктахъ для ихъ образованія, именно вслѣдствіе того, что въ нихъ обнажаются болѣе легко проницаемыя части водоноснаго пласта. На горизонталяхъ поверхности подземныхъ водъ такія включенія водопроницаемыхъ породъ дѣлаются замѣтными, благодаря тому, что, вслѣдствіе болѣе легкаго движенія по нимъ воды, получается пониженіе уровня, такъ что вода изъ болѣе трудно проницаемыхъ породъ движется по направленію къ нимъ. Горизонтали грунтовыхъ водъ въ данномъ случаѣ вполнѣ сходны съ горизонталями эрозіонной долины на поверхности, и составленная на основаніи

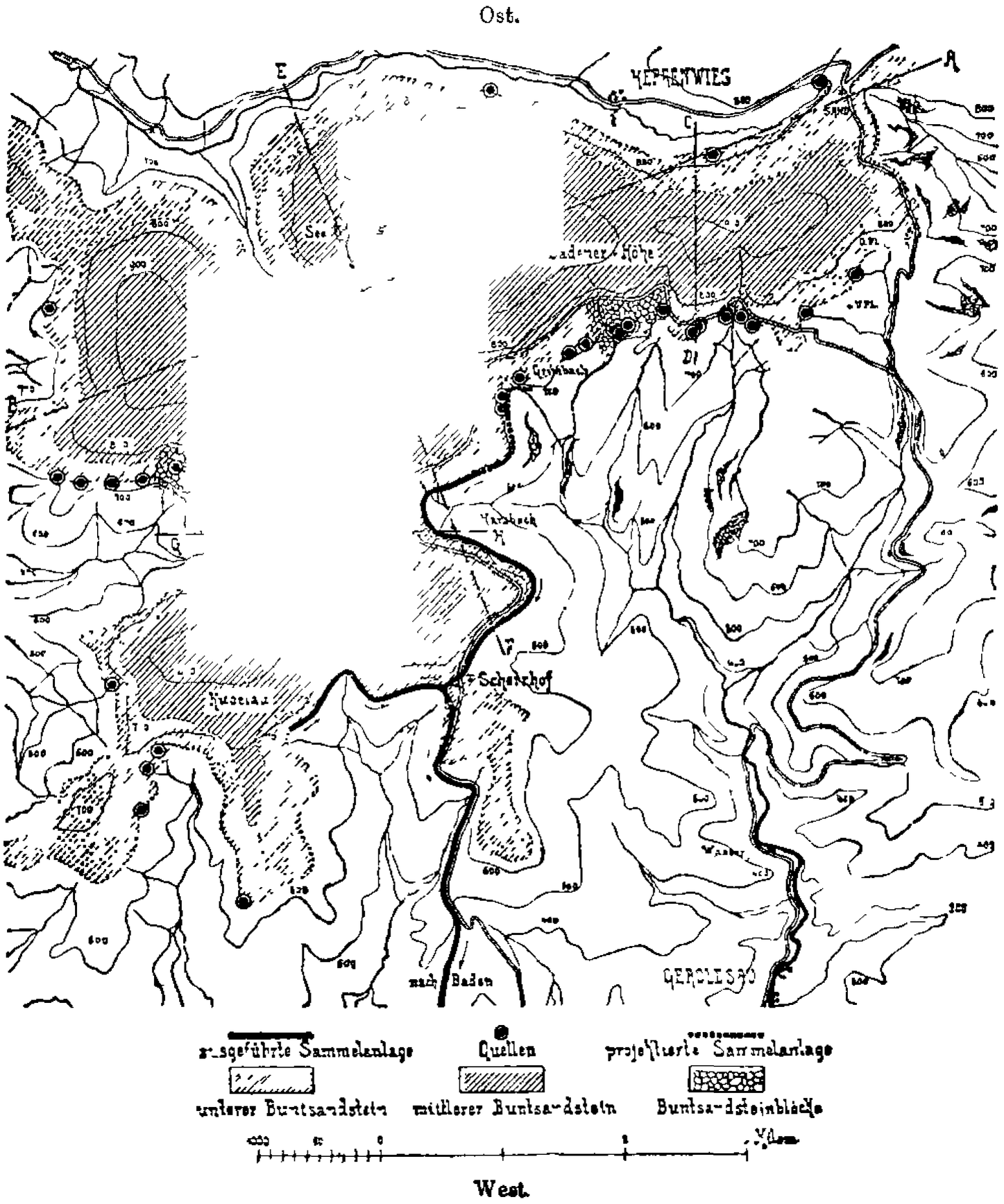


Фиг. 182.

многихъ наблюденій карта показываетъ (фиг. 182), что въ тальвегѣ, образованномъ изгибами горизонталей, залегаютъ болѣе легко проницаемыя породы, по которымъ движеніе воды происходитъ быстрѣе. Разумѣется, здѣсь же находятся и области съ болѣе богатыми подземными водами, что при изысканіяхъ постоянно необходимо имѣть въ виду.

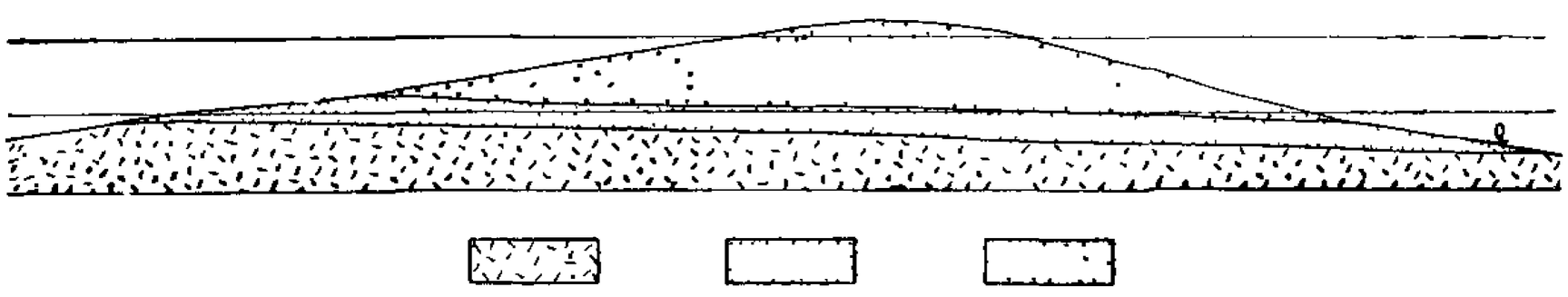
Нисходящіе источники являются наиболѣе широко распространеннымъ типомъ источниковъ и въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, въ особенности же въ областяхъ громадныхъ столовыхъ странъ, настолько преобладаютъ, что всѣ другіе типы родниковъ занимаютъ совершенно второстепенное положеніе по сравненію съ ними. Я ограничусь здѣсь лишь приведеніемъ нѣсколькихъ характерныхъ примѣровъ изъ различныхъ геологическихъ системъ. Очень богаты пластовыми источниками отложенія пестраго песчаника. Такъ какъ два яруса его, именно нижній ярусъ пестраго песчаника и ретскій, въ различныхъ частяхъ Германіи являются

петрографически совершенно различными, выражаясь то непроницаемыми глинистыми отложеніями, то, наоборотъ, очень легко водопроницаемыми песчаными породами, и только средній отдѣлъ



Фиг. 183.

принадлежитъ къ рѣзко выраженной песчаной фаціи, то породы верхняго и нижняго ярусовъ могутъ быть и водоносными, и водоупорными. Въ Шварцвальдѣ, близъ Баденъ-Бадена, отложенія



Фиг. 184.

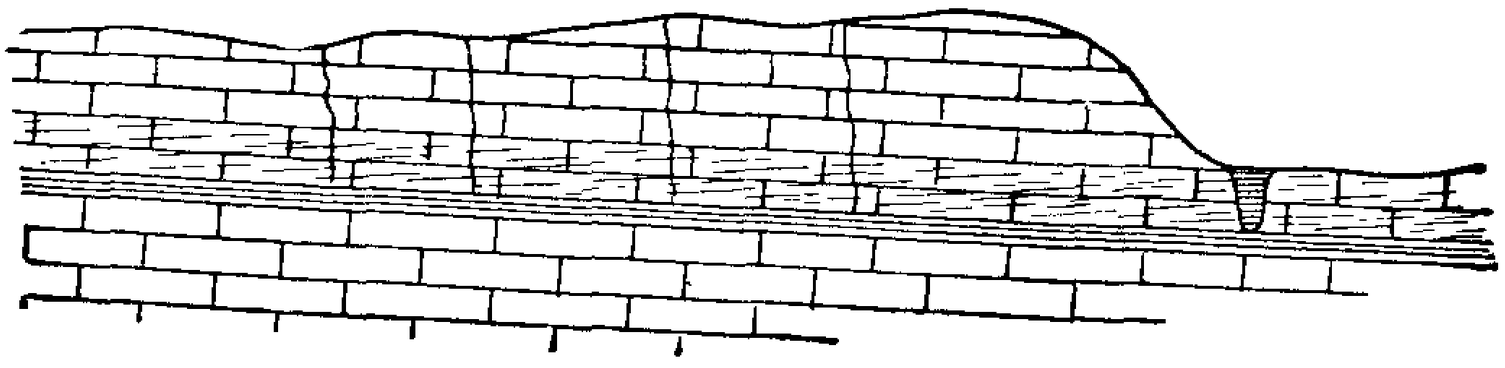
пестраго песчаника залегаютъ непосредственно на гранитѣ, и на границѣ послѣднихъ выходятъ многочисленные родники въ Штрейтсманнкёпфенъ и въ Badener Höhe, служащіе для водоснабженія Баденъ-Бадена. Геологическое строеніе этой мѣстности

показано на фиг. 183, по Экку и Люгеру, а на фиг. 184 приведенъ разрѣзъ ея по линіи C—D, въ масштабѣ 1 : 20.000. На картѣ видно, что въ западной и сѣверной частяхъ этой области выходятъ источники, отсутствующіе совершенно на югѣ и востокѣ. Изъ фиг. 184 ясно видно, безъ дальнѣйшихъ объясненій, что толща гранита имѣетъ паденіе къ западу (выходы гранита на картѣ фиг. 183 не обозначены), вслѣдствіе чего такое же паденіе имѣютъ и пласты пестраго песчаника. Граница между послѣдними и гранитомъ залегаетъ на западномъ краю на 50 метровъ ниже, чѣмъ на восточномъ, вслѣдствіе чего въ этомъ же направленіи движутся и грунтовыя воды, выходя на поверхность въ мѣстѣ контакта отложеній пестраго песчаника и сравнительно водонепроницаемыхъ гранитовъ.

Въ средней Германіи широко развита глинистая водонепроницаемая фація отложеній нижняго яруса пестраго песчаника, служащихъ ложемъ для водъ, циркулирующихъ въ отложеніяхъ средняго яруса пестраго песчаника. Такимъ образомъ происходятъ многочисленные пластовые источники, изъ которыхъ заслуживаютъ упоминанія источники на склонѣ Мейсснера ниже Швальбенштейна. На поверхности отложеній ретскаго яруса, выраженныхъ во всей средней Германіи исключительно глинистой фаціей, образуются многочисленные пластовые источники, вода которыхъ появляется изъ водопроницаемыхъ и трещиноватыхъ отложеній нижняго яруса пестраго песчаника. Тамъ, гдѣ контактъ этихъ двухъ ярусовъ вскрытъ эрозіей, обычно наблюдаются пластовые источники, если только выходу ихъ благопріятствуютъ условія залеганія; эти источники иногда очень обильны водою, какъ, напримѣръ, извѣстный Fürstenbrunnen въ Вöльмиссе близъ Іены. На границѣ названныхъ только что отложеній нерѣдко наблюдаются значительные оползни породъ раковистаго известняка на покрытой водою поверхности рета; въ такомъ случаѣ дѣйствительный выходъ источника находится внутри сползшихъ массъ. Лишь по прохожденіи этихъ массъ вода выходитъ на поверхность въ болѣе низкихъ мѣстахъ въ видѣ вторичныхъ пластовыхъ источниковъ.

Отложенія юрской системы, вслѣдствіе того, что въ нихъ наблюдается частое чередованіе водопроницаемыхъ и водонепроницаемыхъ пластовъ, также очень богаты выходами пластовыхъ источниковъ, иногда обладающихъ огромнымъ дебитомъ. Въ южногерманской столовой Юрѣ этимъ особенно отличается контактъ пластовъ γ и δ бѣлой юры: γ — глинистый водонепроницаемый пластъ, между тѣмъ какъ слои трещиноватаго известняка δ легко поглощаютъ всю выпадающую на нихъ воду. Какъ

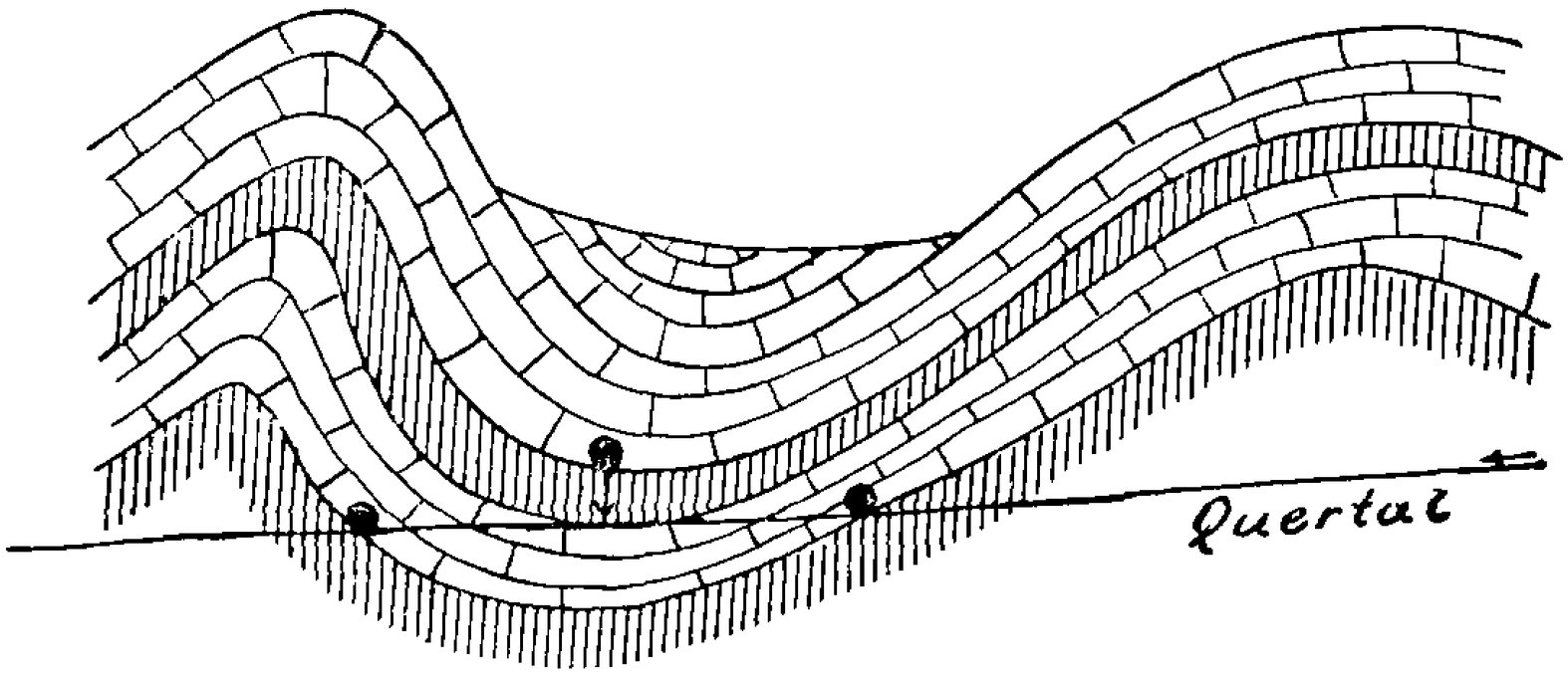
видно изъ схематическаго чертежа (фиг. 185), вода движется по пласту γ, обозначенному параллельной штриховкой, по направленію къ югу и выходитъ на поверхность у подножія Альба въ видѣ мощныхъ источниковъ. Для этихъ источниковъ характерно образованіе такъ называемыхъ „горшковъ“, изъ которыхъ наиболѣе извѣстенъ Блаутопфъ (синій горшокъ) близъ Блаубёрена. Эти „горшки“ представляютъ не что иное, какъ своего рода пруды,



Фиг. 185. Блаутопфъ близъ Блаубёрена.

образовавшіеся путемъ расширенія трещинъ въ известнякѣ, благодаря выщелачиванію послѣдняго; пруды заполнены стекающей въ нихъ изъ источника прозрачной совершенно спокойной водой, излишекъ которой вытекаетъ изъ нихъ также спокойно.

Еще благопріятнѣе условія для образованія источниковъ въ складчатой Юрѣ. Гдѣ эрозіонная долина прорѣзаетъ водоносные



Фиг. 186 (по А. Гейму).

пласты, тамъ вездѣ выходятъ источники, которые въ поперечныхъ долинахъ располагаются симметрично по обоимъ склонамъ долины (фиг. 186). Помѣщенный выше разрѣзъ черезъ поперечную долину, разсѣкающую складчатую свиту, показываетъ правильность выходовъ пластовыхъ источниковъ на границѣ между водопроницаемыми и водонепроницаемыми пластами; такія границы наблюдаются между отложеніями верхняго мальма и секванскаго яруса, между арговійскимъ и оксфордскимъ ярусами и между доггеромъ и опалинусовой глиной (фиг. 187).

Изображеніемъ юрскаго пластоваго источника изъ Бернской Юры (фиг. 188) я обязанъ проф. Шардту, такъ же, какъ и фотографіей извѣстнѣйшаго альпійскаго пластоваго источника Sie-

ныя долины врѣзались въ толщу породъ, слагающихъ данную мѣстность и состоящихъ изъ перемежающихся пластовъ основныхъ моренныхъ глинъ и глинистыхъ мергелей, съ одной стороны, и песковъ и гравія — съ другой, тамъ на границѣ обоихъ типовъ породъ наблюдаются выходы пластовыхъ источниковъ. Такъ какъ поверхность водоупорныхъ породъ нигдѣ не залегаетъ горизонтально на большихъ протяженіяхъ, то выходы источни-



Фиг. 189. Siebenbrunnen выше Leuk на горѣ Kätzli. Типъ пластоваго источника. Фот. Г. Шардта.

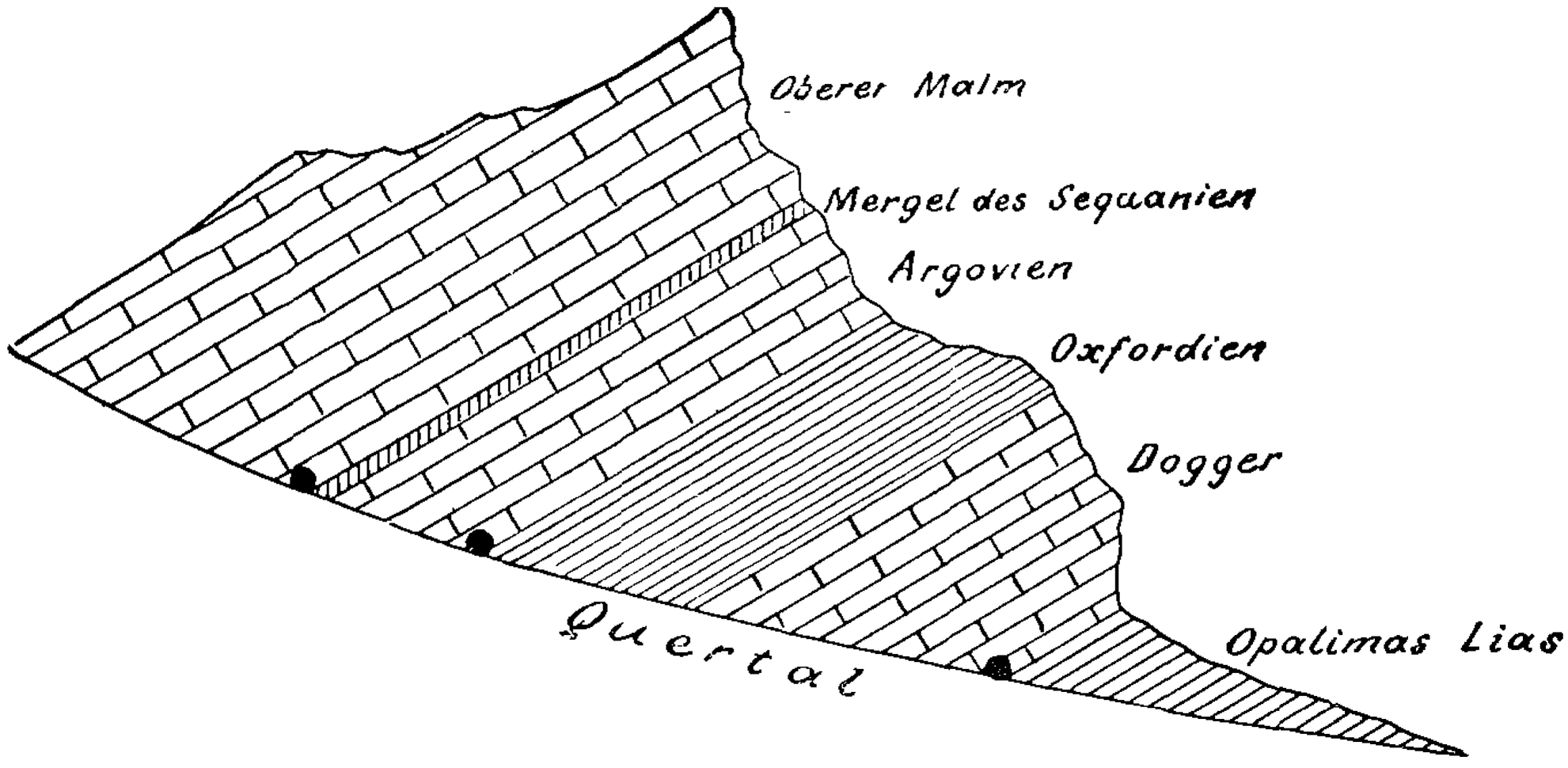
ковъ располагаются не по прямымъ линіямъ значительной длины, но въ особенно благопріятныхъ для этого пунктахъ, т. е. они привязаны къ мѣстамъ пересѣченія долиною мульдообразныхъ углубленій водонепроницаемыхъ пластовъ.

ГЛАВА 45.

Нисходящіе источники. 4. Переливающіеся источники.

Четвертую группу нисходящихъ источниковъ составляютъ источники переливающіеся. Они образуются въ тѣхъ случаяхъ, когда блюдце- или мульдообразная котловина въ непроницаемыхъ породахъ перекрыта сверху толщей водосодержащихъ проницаемыхъ породъ. Проникновеніе воды въ послѣднія имѣетъ мѣсто до тѣхъ поръ, пока не достигнетъ наиболѣе глубокихъ частей окраинъ и дна непроницаемой котловины. (фиг. 190). Притекаю-

benbrunnen, (фиг. 189), который питается исключительно водою, происходящею отъ таянія снѣговъ, и поэтому является типичнымъ лѣтнимъ источникомъ.



Фиг. 187 (по А. Гейму).

Въ областяхъ развитія рыхлыхъ образованій третичныхъ и четвертичныхъ отложеній пластовые источники играютъ исключительно выдающуюся роль; въ четвертичныхъ отложеніяхъ Сѣ-



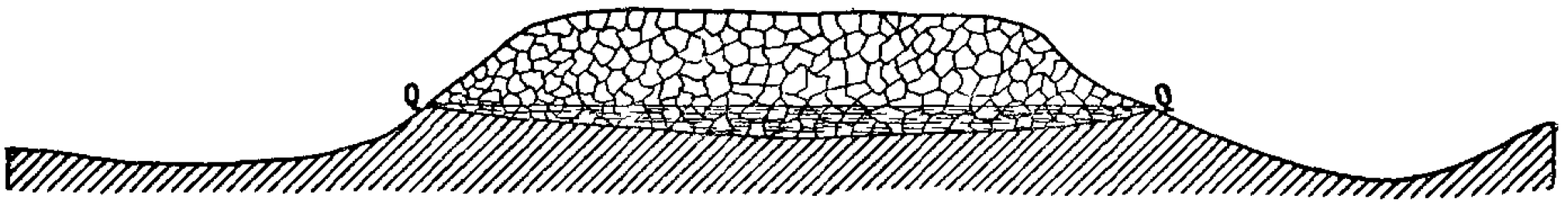
Фиг 188. Источникъ La Doux между Cormorel и Villeret, St. Imertal, Бернская Юра. Фот. Г. Шардта.

верной Германіи подстилающими водоупорными породами являются, въ большинствѣ случаевъ, очень мощныя толщи валунныхъ и глинистыхъ мергелей. Въ этихъ мѣстахъ, гдѣ глубокія эрозіон-

щая послѣ этого вода будетъ уже изливаться по линіи контакта проницаемыхъ и непроницаемыхъ для нея породъ. Дебитъ подобныхъ источниковъ будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше площадь питанія ихъ, что находится въ зависимости отъ строенія водоупорной котловины, и чѣмъ менѣе пунктовъ выхода воды на поверхность находится по окружности этой котловины.

Наилучшимъ примѣромъ источниковъ подобнаго рода является источникъ Воклюзъ въ южной Франціи, по названію котораго вся группа переливающихся источниковъ получила во французской литературѣ родовое наименованіе воклюзскихъ источниковъ. Слѣдующее далѣе подробное описаніе этого типичнаго переливающагося источника заимствовано мною у Добрэ.

Источникъ Воклюзъ беретъ начало у подножія крутой скалы, высотою 200 метровъ, въ мѣстѣ начала рѣзко выраженной долины (фиг. 191). Онъ вытекаетъ изъ широкаго, почти круглаго и воронкообразнаго бассейна, находящагося внутри глубокаго грота съ полукруглымъ устьемъ (фиг. 192). Внѣшній видъ источника

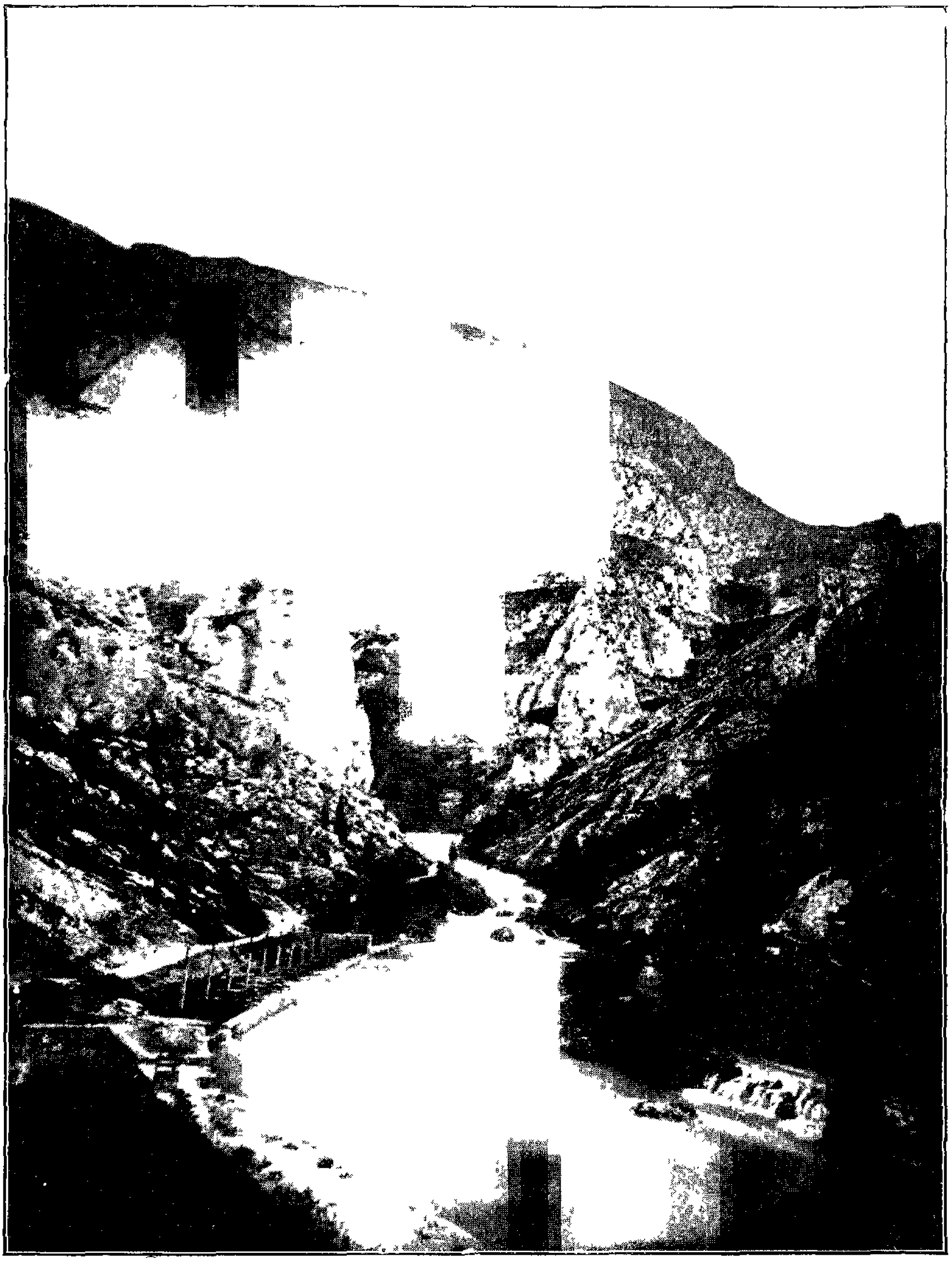


Фиг. 190.

подверженъ сильнымъ перемѣнамъ въ зависимости отъ его дебита. Весною, когда вода занимаетъ наивысшій уровень, устье грота совершенно закрыто и вода переполняетъ его до самаго верха. Наоборотъ, въ октябрѣ, во время низкой воды, гротъ вполнѣ открытъ и внутри его можно видѣть озеро, теряющееся во мракѣ пещеры. Съ нѣкоторою осторожностью можно войти внутрь грота и добраться до берега этого прозрачнаго озера, воды котораго заполняютъ бездонное углубленіе; глубина его до сихъ поръ не могла быть измѣрена. Источникъ при выходѣ не пѣнится и не бурлитъ, какъ можно было бы думать, и ничто не нарушаетъ полнаго спокойствія и кристальной прозрачности его воднаго зеркала. До тѣхъ поръ, пока вода не выходитъ изъ береговъ озера, излишекъ ея теряется въ безчисленныхъ трещинахъ известняка. Благодаря наличности послѣднихъ, въ разстояніи нѣсколькихъ метровъ отъ устья грота вытекаетъ около 20 бурныхъ ручьевъ, которыя, падая въ видѣ каскада и пѣнясь, разбиваются о скалы. Совершенно при такихъ же условіяхъ, какъ Воклюзъ, вытекаетъ другой замѣчательный источникъ близъ Крозо у подножія известняковыхъ горъ.

По интересному описанію Бувье, внутрь пещеры, изъ ко-

торой вытекаетъ источникъ Воклюзъ, можно пробраться черезъ единственное отверстіе; она со всѣхъ сторонъ ограничена вы-



Фиг. 191. Источникъ Воклюзъ.

сокими, круто обрывающимися стѣнами изъ известняка. Вода, которой обиліе, свѣжесть и прозрачность находятся въ рѣзкомъ противорѣчіи съ дикостью и мрачностью окружающей картины, вытекаетъ въ количествѣ 120 куб. метровъ въ секунду. Она скоро

достигаетъ скалъ, въ которыхъ и исчезаетъ, чтобы дальше опять появиться на поверхности въ видѣ каскада. У основанія послѣдняго начинается русло р. Соргъ, которая приводитъ въ движеніе 200 мельницъ и орошаетъ болѣе 2000 гектаровъ земли, а затѣмъ впадаетъ въ Рону въ окрестностяхъ г. Соргъ и Авиньона. Если количество осадковъ въ области питанія Воклюза незначительно, то дебитъ источника уменьшается, и какъ только онъ падаетъ до 22 куб. м. въ секунду, уровень воды не достигаетъ уже края бассейна. Вслѣдствіе этого, каскадъ не получаетъ больше воды и послѣдняя собирается только во внутреннемъ гротѣ, примы-



Фиг. 192. Внутренній гротъ источника Воклюзъ.

кающемъ къ внѣшней пещерѣ; внутренній гротъ выдолбленъ въ отвѣсной стѣнѣ. При продолжительной засухѣ начинается пониженіе уровня воды и, наконецъ, остается только небольшой бассейнъ, заполненный водою; басссейнъ этотъ, при незначительномъ діаметрѣ и глубинѣ не болѣе 10—12 метровъ, имѣетъ хорошо образованную воронкообразную форму. Благодаря прозрачности воды, можно хорошо видѣть очертанія воронки и на днѣ ея съ восточной стороны можно замѣтить отверстіе, черезъ которое происходитъ питаніе источника водою. Столь низкое стояніе уровня воды наблюдается очень рѣдко; наступаетъ оно только послѣ продолжительнаго засушливаго періода. Нулевая точка Систеронскаго пегеля соотвѣтствуетъ наибольшему пониженію 17 ноября 1869 г. Кромѣ такихъ исключительныхъ случаевъ, уровень воды въ источникѣ ежегодно подвергается непра-

отцомъ и предшественникомъ ранѣе упоминавшагося автора. Онъ объясняетъ происхожденіе Воклюза слѣдующимъ образомъ:

„Область развитія неокомскихъ отложеній, опоясывающихъ Mont Ventoux, продолжается къ югу и востоку отъ этой горы и занимаетъ большое пространство, простираясь отъ источника до Систерона, т. е. занимая площадь 70 километровъ длиною и шириною отъ 5 до 26 км. Эта площадь является областью питанія для Воклюза; къ этому заключенію я пришелъ, основываясь на фактахъ отсутствія источниковъ и колодцевъ во всей этой области, на томъ фактѣ, что овраги здѣсь, за очень рѣдкими исключеніями, совершенно сухи, что атмосферные осадки немедленно просачиваются вглубь даже въ томъ случаѣ, если они выпадаютъ въ какомъ-либо замкнутомъ бассейнѣ, и что жители тѣхъ немногочисленныхъ селеній, которыя имѣются въ этой пустынной мѣстности, принуждены пользоваться дождевою водою изъ цистернъ. Принимая эти предположенія, оказывается, что границы области питанія источника совпадаютъ съ границами площади, занятой неокомскими отложеніями, и на сѣверо-западѣ съ глубокой долиной Нескъ, отдѣляющей область питанія отъ Mont Ventoux. Я измѣрилъ эту площадь съ возможной тщательностью по геологической картѣ, и она оказалась равной 96500 гектаровъ. Область эта представляетъ возвышенную равнину, на которой выпадаетъ больше осадковъ, чѣмъ на прилегающей низменности. Принимая высоту осадковъ равной 850 мм., оказывается, что абсолютное количество выпадающей за годъ влаги равно 850.250.000 куб. метровъ. Раздѣливъ эту цифру на 31.531.000, т. е. на число секундъ въ годѣ, получимъ среднее количество осадковъ, выпадающихъ въ секунду на площади, питающей источникъ, равнымъ 26 куб. метровъ; этой массы воды, очевидно, вполнѣ достаточно какъ для питанія источника Воклюзъ, такъ и для потери отъ просачиванія и отъ возможнаго стока, не поддающагося учету.

Наблюденія метеорологической комиссіи въ Воклюзѣ подтвердили эти предположенія. Ею были поставлены многочисленные дождемѣры на разныхъ высотахъ и на различныхъ разстояніяхъ отъ источника. Производившіяся съ 1874 по 1883 г. наблюденія ясно показываютъ, съ какой правильностью и быстротой колебанія количества выпадающихъ осадковъ отражаются на производительности источника. Для проявленія этой зависимости достаточно 24—48 часовъ времени, и если не обращать вниманія на нѣкоторое промедленіе, зависящее отъ сопротивленія движенію воды отъ тренія о породу, то оно обнаруживается съ такой же точностью и правильностью, какъ будто бы дѣло происходило въ открытомъ поверхностномъ бассейнѣ. Слѣдовательно, не под-

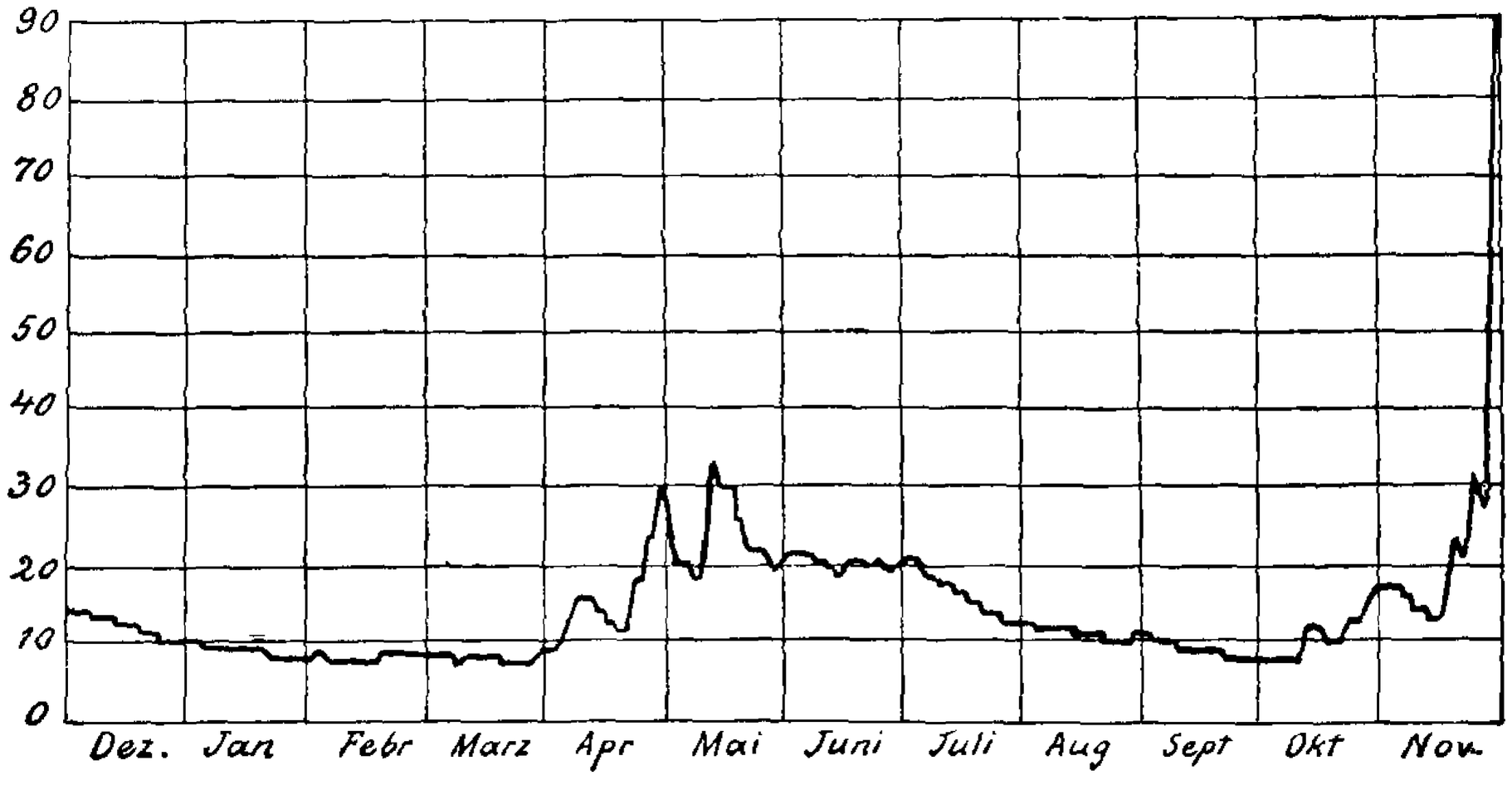
лежитъ ни малѣйшему сомнѣнію, что эта возвышенная равнина, на которой осадки проникаютъ въ землю почти на глазахъ, является областью питанія источника Воклюзъ. Единственное затрудненіе является въ точномъ опредѣленіи ея границъ. Неокомскій ярусъ представленъ здѣсь мощными слоями известняка, изобилующаго трещинами и пустотами въ формѣ неправильныхъ трубокъ и полостей, которыя находятся въ соединеніи между собою и направленіе которыхъ совершенно не зависитъ отъ напластованія породъ, такимъ же образомъ, какъ это часто наблюдается въ Южной Франціи и въ другихъ мѣстностяхъ съ карстовымъ ландшафтомъ.

Область развитія неокомскихъ отложеній простирается отъ Систерона на востокѣ [1]) до равнины Конта (Comtat); на сѣверѣ неокомскія отложенія покоятся на плотныхъ отложеніяхъ оксфордскаго яруса и съ этой стороны они ограничены глубокой долиной р. Тулуранъ (Toulourenc); на ея лѣвомъ берегу на большой высотѣ обнажаются пласты мергелей, изъ которыхъ сложены низы неокомскаго яруса и водонепроницаемость которыхъ препятствуетъ просачиванію подземныхъ водъ далѣе въ глубину. Южней границей является правый берегъ Дюрансы, гдѣ обнажаются оксфордскія отложенія, неокомскіе мергеля и третичныя отложенія. На западѣ, наконецъ, границей ея являются выходы третичныхъ отложеній, примыкающіе къ равнинѣ Конта. Такимъ образомъ, площадь развитія отложеній неокомскаго яруса является въ видѣ большого треугольника, вершина котораго находится вблизи Систерона, стороны же его — лѣвый берегъ Тулурана и правый Дюрансы; основаніе его скрыто подъ третичными отложеніями. Внутри очерченныхъ выше границъ расположенъ неокомскій массивъ, разсѣченный трещинами по всевозможнымъ направленіямъ, чѣмъ обусловливается его способность поглощать воду, выпадающую на его поверхность, и скоплять ее въ своихъ пустотахъ. Этотъ массивъ покоится на водонепроницаемыхъ отложеніяхъ и, кромѣ того, со всѣхъ сторонъ окруженъ такими же непроницаемыми породами (разрѣзъ на фиг. 195, по Мартелю). Слѣдовательно, осадки легко могутъ проникать вглубь этой толщи и скопляются въ ней до тѣхъ поръ, пока не найдется для нихъ выходъ въ наиболѣе низкомъ пунктѣ заключающей эту толщу мульды изъ непроницаемыхъ породъ. Такимъ пунктомъ является источникъ Воклюзъ. Изъ сказаннаго вполнѣ теперь понятно, почему этотъ источникъ, столь зависящій отъ колебаній количества выпавшихъ осадковъ, тѣмъ не менѣе всегда является обиль-

---

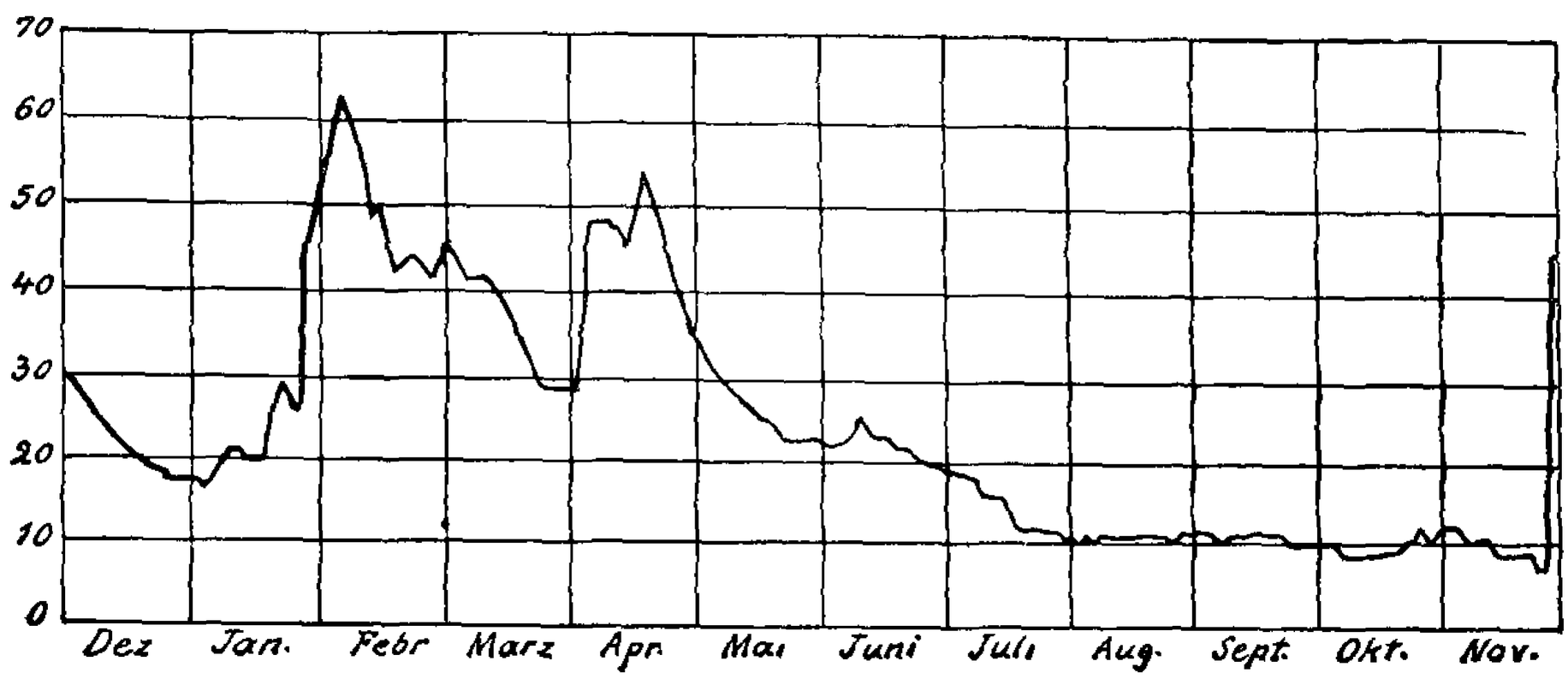
1) Исправлено по Добрэ, ибо равина Comtat на западѣ.

вильнымъ и доволно значительнымъ колебаніямъ, какъ показываютъ кривыя его дебита въ 1877 и 1880 г., приведенныя на фиг. 193 и 194. Каскадъ перестаетъ давать воду и только родники, выбивающіеся у него основанія, питаютъ р. Соргъ. Однако де-



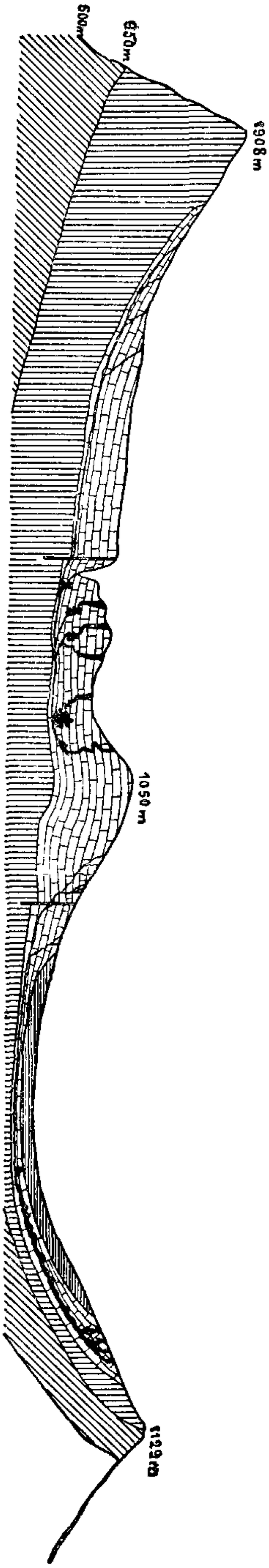
Фиг. 193. Дебитъ источника Воклюзъ въ 1877 г.

битъ источника еще достаточно великъ; даже при такихъ исключительныхъ случаяхъ, какъ въ 1869 г., онъ не падаетъ ниже $5^1/_2$ куб. метровъ въ секунду, а при обычномъ низкомъ уровнѣ — ниже 8 куб. метровъ въ секунду.



Фиг. 194. Дебитъ источника Воклюзъ въ 1880 г.

Вопросъ о происхожденіи воды Воклюза долгое время оставался неразрѣшеннымъ. Было высказываемо, между прочимъ, предположеніе, не является ли источникъ стокомъ подземнаго озера; равнымъ образомъ казалось возможнымъ объяснить его происхожденіе подземныхъ теченіемъ рѣки Дюрансы. Вѣрное объясненіе было дано лишь въ 1855 г. инженеромъ Бувье,



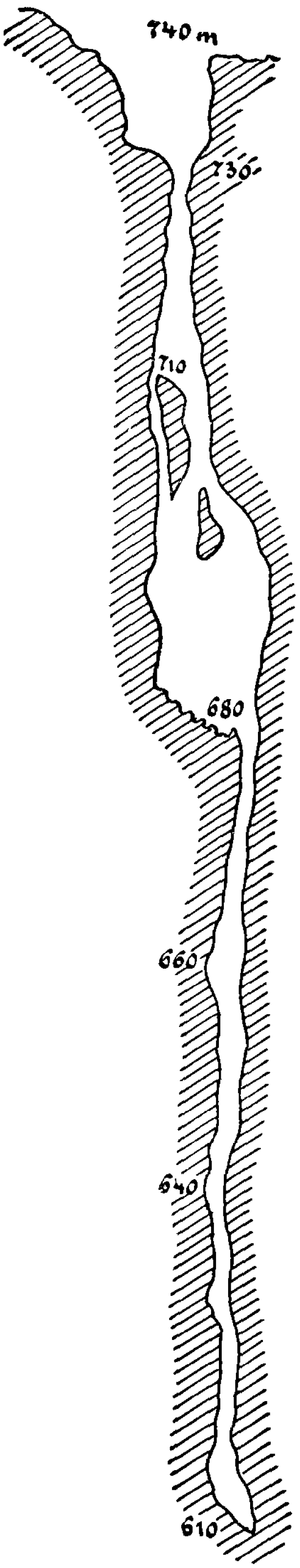
Фиг. 195.

нымъ водою и почему эта послѣдняя отличается всегда своею прозрачностью. Если представить себѣ большую губку съ большими и многочисленными порами, положенную на непроницаемое для воды основаніе и окруженную со всѣхъ сторонъ довольно высокой стѣнкой изъ водонепроницаемаго же матеріала, съ однимъ лишь въ ней отверстіемъ внизу стѣнки, и если, далѣе, представить себѣ, что сверху въ эту губку поступаетъ неравномѣрный токъ воды, то мы получимъ ясное представленіе о томъ, что совершается въ районѣ источника Воклюзъ. Губка начнетъ впитывать влагу, затѣмъ вода начнетъ вытекать изъ нея и наполнитъ дно того сосуда, въ которомъ лежитъ губка, до высоты отверстія въ водонепроницаемой стѣнкѣ; это отверстіе и будетъ служить для стока. Величина стока будетъ, безъ сомнѣнія, колебаться въ зависимости отъ количества питающей воды, но стокъ происходитъ въ теченіе нѣкотораго времени и послѣ прекращенія дальнѣйшаго приливанія воды; если при опытѣ употреблять мутную воду, то вытекать все же будетъ вполнѣ прозрачная“.

Площадь области питанія источника Воклюзъ равна 165.000 гектарамъ. Если сравнить среднее годовое количество осадковъ, выпадавшихъ въ этой области въ теченіе 1874—1878 гг., въ суммѣ 550 мм., съ среднимъ секуднымъ расходомъ источника 17 куб. метровъ, то окажется, что этотъ расходъ равенъ 60% всѣхъ выпадающихъ осадковъ. Поверхность неокомскаго известняка изобилуетъ природными колодцами, которые носятъ названіе то „doues“, то „aven“ (фиг. 196). Послѣдній терминъ пользуется бо́льшимъ распространеніемъ въ области Воклюзъ, и „авены“, изъ которыхъ многія имѣютъ собственныя названія, играютъ извѣстную роль въ историческихъ сказаніяхъ. Къ числу наиболѣе извѣстныхъ от-

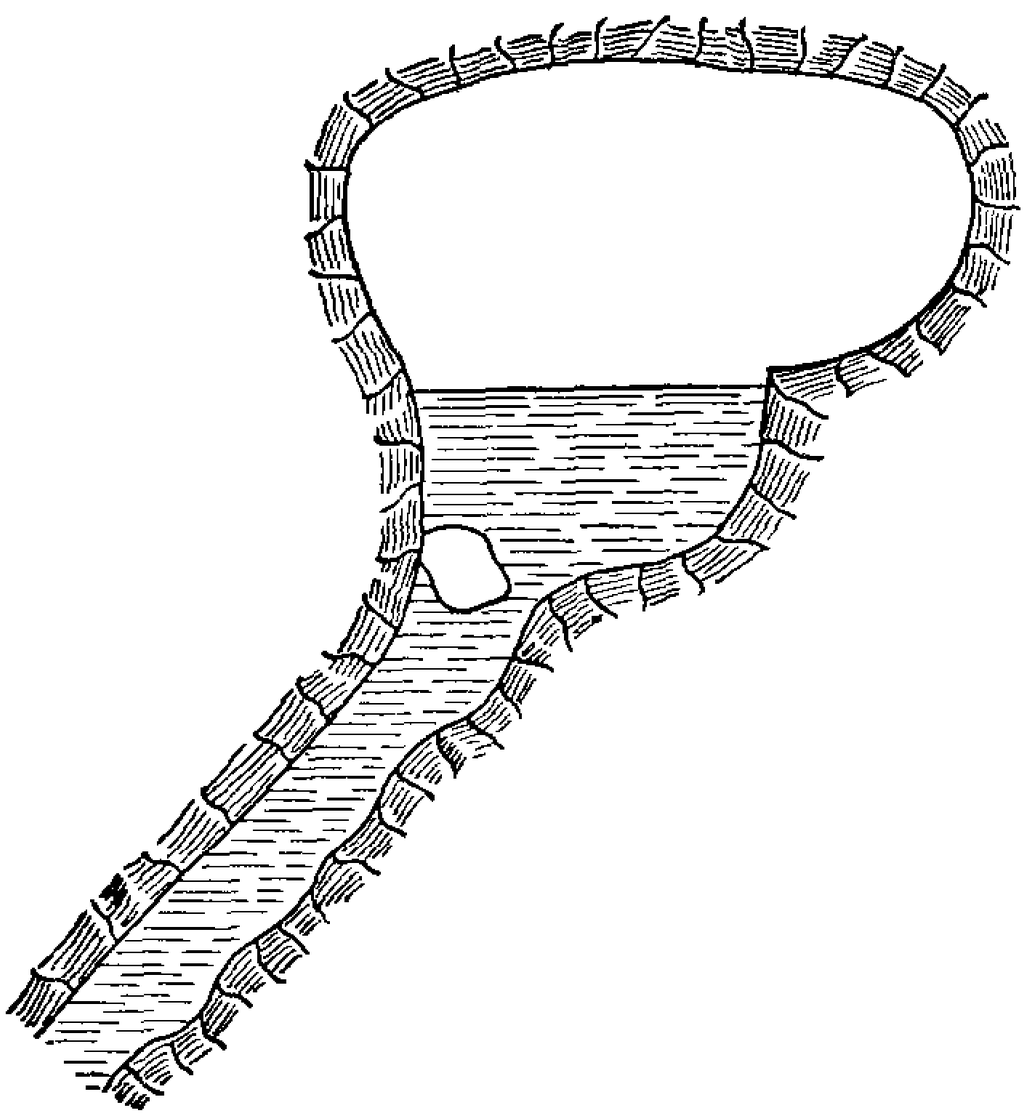
носится „авена“ Крюи, находящаяся вблизи одноименнаго города въ округѣ Форкалькье; ея діаметръ у поверхности земли равенъ 33 метрамъ. „Aven“ Тумпль (Toumple), расположенная на разстояніи $1^1/_2$ км. къ сѣверу-западу отъ замка Жавонъ, имѣетъ устье прямоугольной формы со сторонами 1×4 метра; глубина ея превосходитъ 95 метровъ. „Авена“ Grand Gérin, находящаяся въ оврагѣ, начинающемся отъ пещеры Малаваръ, отличается тѣмъ, что ея выводное отверстіе раздѣлено до глубины 10 метровъ скалой на двѣ части, которыя затѣмъ соединяются въ одно. Лотъ проходилъ въ ней до 95 метровъ. „Авена“ Jean Nouveau, наконецъ, удаленная на 2 км отъ Со (Sault), обнаружила при промѣрѣ глубину 180 метровъ. Устье ея имѣетъ видъ воронки, которой діаметръ равенъ 10 метрамъ, а глубина $2^1/_2$—5 метровъ. Число „авенъ“, открывающихся на поверхности, очень значительно, но, вѣроятно, еще больше существуетъ такихъ, которыя не обнаруживаются на поверхности, частью по причинѣ того, что отверстія ихъ закрыты грязью, приносимой стекающими по поверхности водами, т. е. естественнымъ путемъ, частью же вслѣдствіе того, что онѣ были искусственно забиты населеніемъ.

22 марта 1878 г. уровень воды въ источникѣ понизился до 0,58 по футштоку Сорга, вслѣдствіе почти непрерывной засухи, продолжавшейся съ начала декабря, и въ столь легко проницаемой почвѣ исчезла вся инфильтрація, такъ что питаніе источника происходило исключительно за счетъ подземныхъ запасовъ воды. До 28 марта, т. е. въ теченіе шести дней подрядъ, расходъ воды въ источникѣ держался на одномъ уровнѣ 6,10 куб. метровъ въ секунду, въ то время какъ уровень понизился только на 11 сантиметровъ. Слѣдовательно, величина стока равна 3689280 куб.



Фиг. 196.

метровъ при пониженіи уровня воды въ области питанія на 11 сантиметровъ. Изъ этого можно вывести заключеніе, что поверхность горизонта грунтовыхъ водъ въ этотъ моментъ равнялась $\frac{3689280}{0,11} = 3350$ гектаровъ. Этотъ разсчетъ, а также изслѣдованія водолазовъ, о которыхъ подробнѣе будетъ сказано ниже, показываютъ, что столь значительная масса воды должна быть очень значительной и въ глубину. Можно также представить себѣ, насколько крупные запасы воды остаются неиспользованными въ глубинѣ бассейна. Наконецъ, отсюда же вытекаетъ и то, что около $5^0/_0$ всей массы неокомскаго известняка представляютъ трещины, тогда какъ остальные $95^0/_0$ сложены изъ плотной, не трещиноватой породы.



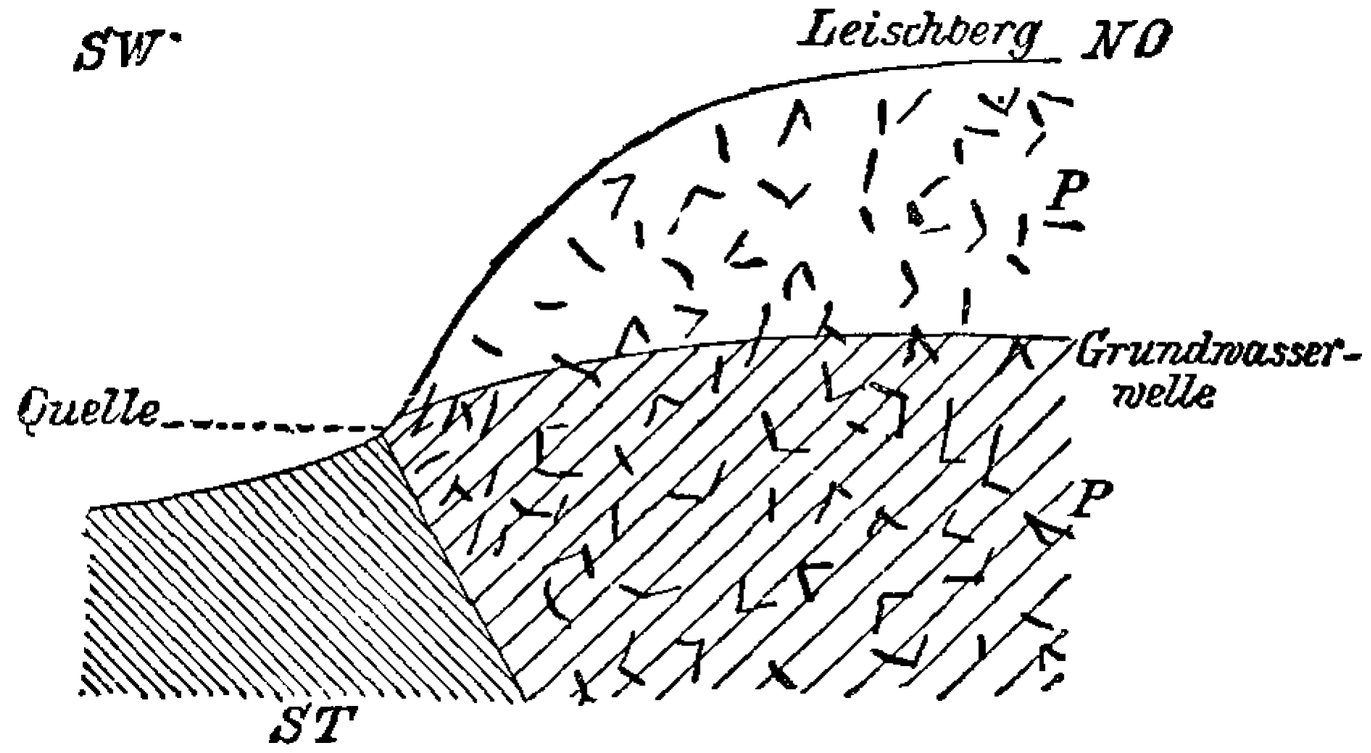
Фиг. 197.

Въ особенности богатые запасы воды скапливаются, вѣроятно, вблизи источника и на его уровнѣ. Существуютъ еще горизонты воды, расположенные болѣе высоко. Доказательство этому дано исполненной недавно работой вблизи Терасье, у подножія Montagne de Lure, на высотѣ 1000 м. Одинъ землевладѣлецъ въ этой мѣстности сдѣлалъ остроумную попытку использовать воду того водоноснаго горизонта, который, вѣроятно, существовалъ на его безводномъ, какъ это часто бываетъ по сосѣдству съ родниками, участкѣ, такъ какъ вода здѣсь обнаруживалась въ одной изъ „авенъ“. Послѣ цѣлаго ряда затрудненій ему удалось, наконецъ, штольней дойти до этого горизонта и вывести на поверхность воду, притокъ которой, даже при самомъ низкомъ ея стояніи, не падалъ ниже 2 куб. метровъ въ минуту.

Для изученія подземнаго режима источника Воклюзъ Бувье воспользовался низкимъ стояніемъ воды въ 1878 г. Благодаря полной прозрачности воды, онъ совершенно явственно могъ разглядѣть въ восточной стѣнѣ грота отверстіе, служащее для притока воды; оно частью было закрыто занимающей слегка наклонное положеніе каменной глыбой, оставлявшей свободною часть отверстія въ видѣ круглаго кольцеобразнаго пространства съ остальныхъ трехъ сторонъ. Впослѣдствіи водолазу удалось про-

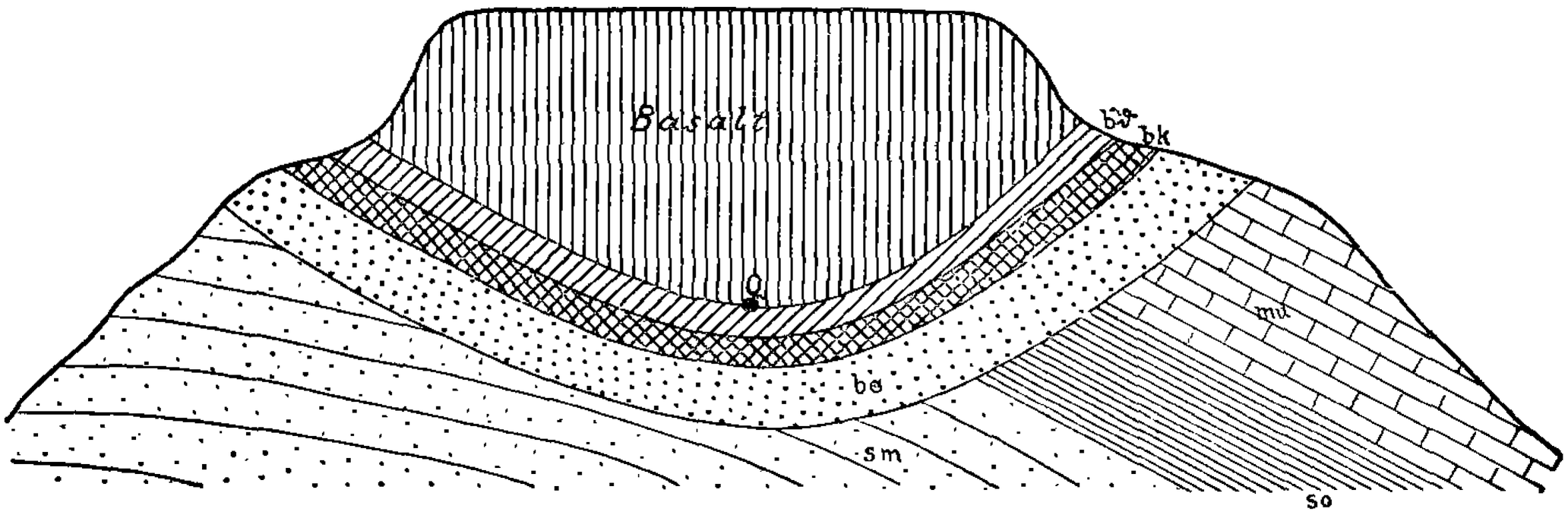
никнуть въ подземный каналъ, выводящій воду, и доставить свѣдѣнія, необходимыя для вычерчиванія его профиля (фиг. 197).

Къ этой же группѣ переливающихся источниковъ относятся источники, описанные Леппла. Эти источники образуются на границѣ соприкосновенія эруптивныхъ породъ, сильно трещиноватыхъ и весьма водоносныхъ, съ подстилающими снизу водоне-



Фиг. 198. ST — слои Tholeyer, P — фельзитовые порфиры.

проницаемыми осадочными породами. Въ качествѣ примѣра, Леппла[1]) приводитъ одинъ такой источникъ въ Сѣверныхъ Вогезахъ, гдѣ водоупорныя пермскія глины Tholeyer подпираютъ водоносные фельзитовые порфиры (фиг. 198).



Фиг. 199. Переливающійся источникъ въ массивѣ Мейсснера.

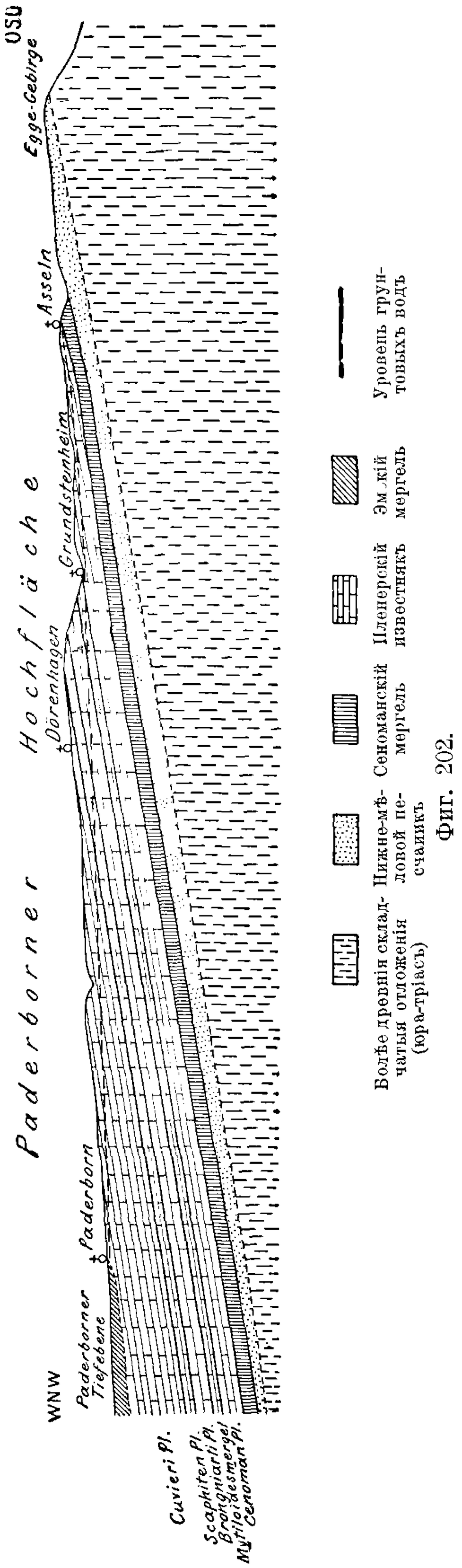
mu — нижній раковистый известнякъ;
so — ретъ,
sm — средній пестрый песчаникъ
bσ — песокъ
bk — уголь
bϑ — глина
} третичныя отложенія.

Другимъ прекраснымъ примѣромъ переливающихся источниковъ являются источники на обѣихъ окраинахъ базальтоваго массива Мейсснера. Базальтъ выполняетъ здѣсь блюдцеобразную мульду третичныхъ отложеній, сложенную въ самой нижней части песками, на которыхъ залегаетъ пластъ бураго угля, за которымъ

1) Leppla, A. Ueber das Vorkommen natürlicher Quellen in den pfälzischen Nordvogesen. „Z. f. prakt. Geol.“ Bd. I, S. 108.

ханизмъ ихъ представленъ на фиг. 201, заимствованной изъ работы Штилле[1]) относительно источниковъ Падерборна.

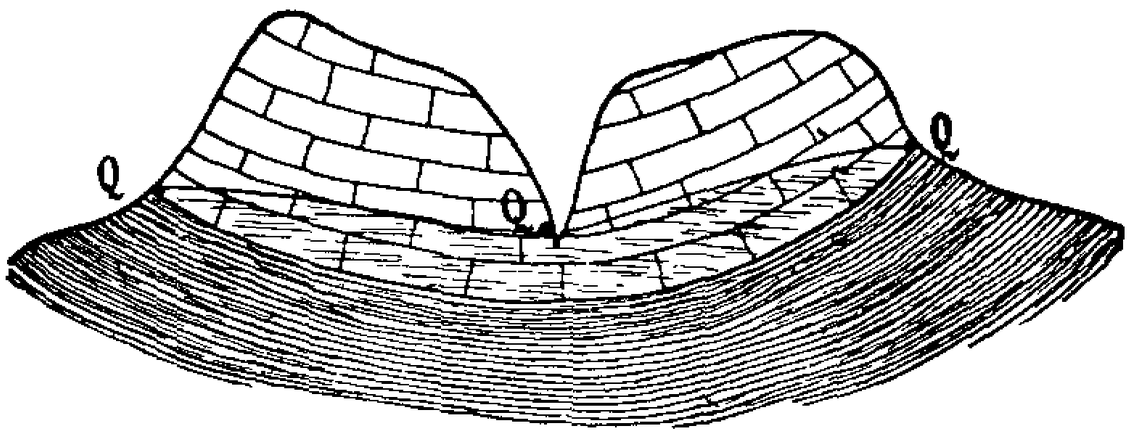
Расположенные въ центрѣ города многочисленные источники Падеръ являются прекраснымъ примѣромъ этого типа источниковъ. Къ горамъ Эгге примыкаетъ съ запада свита мѣловыхъ пластовъ, верхніе горизонты которыхъ состоятъ изъ пленерскаго известняка съ включенными въ него прослоями мергелей. Объ эти породы прорѣзаны множествомъ широкихъ трещинъ, параллельно которымъ простираются многочисленныя болѣе узкія трещины. Въ пленерскихъ известнякахъ по многочисленнымъ параллельнымъ, частью соединяющимся между собою, частью же тянущимся совершенно независимо одна отъ другой, трещинамъ движутся съ юго-востока на сѣверо-западъ грунтовыя воды, питающіяся отчасти изъ поверхностныхъ рѣчныхъ бассейновъ. Въ районѣ Падерборна на эти известняки налегаютъ сенонскіе эмскіе мергеля, причемъ линія контакта ихъ проходитъ черезъ самый городъ. Залегающіе подъ мергелями пленерскіе известняки вполнѣ насыщены водой, почему избытокъ послѣдней выходитъ на поверхность по линіи контакта обѣихъ породъ (фиг. 202 и 203), причемъ осо-



Фиг. 202.

1) H. Stille. Geologisch-hydrologische Verhältnisse im Ursprungsgebiete der Paderquellen zu Paderborn. „Abh. d. K. Preus. Geol. Landesanst. u. Bergakad.“, Neue Folge, Heft 38. Berlin 1903.

слѣдуетъ глина. Послѣдняя образуетъ водонепроницаемую подстилку для сильно трещиноватаго базальтоваго массива, имѣющаго мощность болѣе 150 метровъ. Оба наиболѣе глубокіе пункта мульды водонепроницаемыхъ третичныхъ породъ лежатъ на сѣверномъ и южномъ концахъ базальтоваго массива, имѣющаго около 5 километровъ длины, на почти одинаковой высотѣ надъ уровнемъ моря, 80—100 метровъ выше наиболѣе глубокихъ частей базальтоваго массива. Въ обоихъ указанныхъ пунктахъ изли-



Фиг. 200.

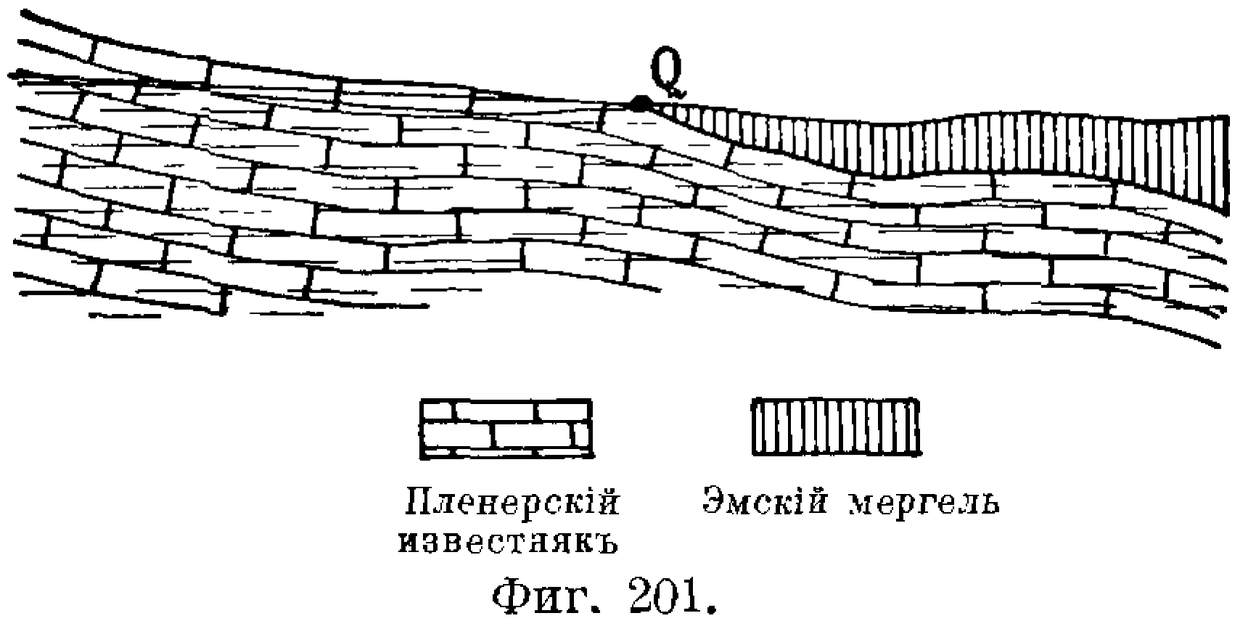
шекъ воды въ базальтахъ стекаетъ въ видѣ двухъ мощныхъ, во всѣхъ отношеніяхъ сходныхъ между собою, источниковъ, Seestein и Mühlborn, съ суточнымъ дебитомъ по 1200 куб. метровъ каждый.

Въ тріасовыхъ отложеніяхъ Восточныхъ Альпъ верфенскіе слои играютъ большую роль въ качествѣ подпирающихъ воду пластовъ. Тамъ, гдѣ они залегаютъ мульдообразно, вода, циркулирующая въ верхне-тріасовыхъ известнякахъ, выходитъ на поверхность въ видѣ переливающихся источниковъ (фиг. 200, справа и слѣва). Водоснабженіе Вѣны основано отчасти на источникахъ такого типа.

ГЛАВА 46.

Нисходящіе источники. 5. Плотинные источники.

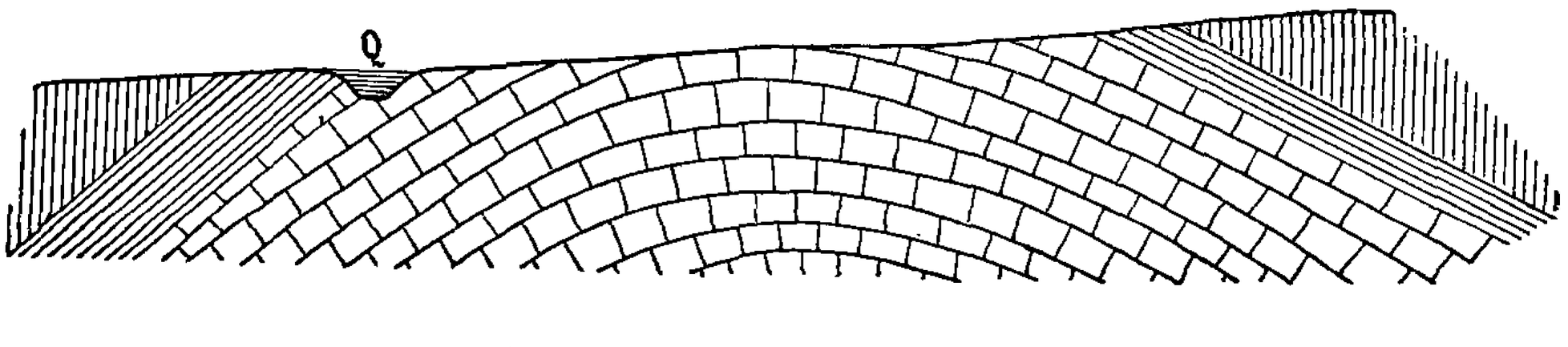
Если на водоносный пластъ налегаетъ свита водонепроницаемыхъ породъ, то происходитъ подпоръ грунтовой воды, и на границѣ водопроницаемыхъ и водонепроницаемыхъ породъ образуются источники, называемые плотинными или подпорными. Ме-



Фиг. 201.

противъ движенія воды, то получится типъ пластоваго источника или, при извѣстныхъ обстоятельствахъ, типъ источника, обусловленнаго естественнымъ окончаніемъ водоноснаго слоя. Уголъ паденія подпирающаго воду водонепроницаемаго пласта можетъ быть равнымъ даже 90^0, какъ, напримѣръ, въ случаѣ рудной жилы или жилы изверженныхъ породъ, образующихъ какъ бы стѣну для водоноснаго слоя. Таковы, напримѣръ, жилы базальта, производящіе подпоръ воды въ чрезвычайно водопроницаемыхъ породахъ Швабской Юры, вслѣдствіе чего тамъ, гдѣ эрозіонные процессы прорѣзали слагающіе этотъ хребетъ известняки, образуются болѣе или менѣе обильные водою источники. Такая роль базальтовъ въ дѣлѣ образованія источниковъ настолько хорошо извѣстна жителямъ Альба, что они дали имъ названіе „водяного камня“.

Въ качествѣ послѣдняго примѣра плотиннаго источника, можно привести источникъ въ селѣ Фокероде на западномъ бе-



Фиг. 204.

регу Мейсснера въ Гессенѣ, вытекающій изъ трещиноватыхъ породъ пермской системы, на которыя кольцеобразно налегаютъ суглинки верхне-пермскаго возраста и нижняго яруса пестраго песчаника. Этотъ источникъ образуется въ самомъ пониженномъ пунктѣ контакта между пермскими известняками и налегающими на нихъ водонепроницаемыми суглинками, тамъ, гдѣ начинается долина рѣки, берущей начало изъ куполовидной складки пермскихъ пластовъ (фиг. 204).

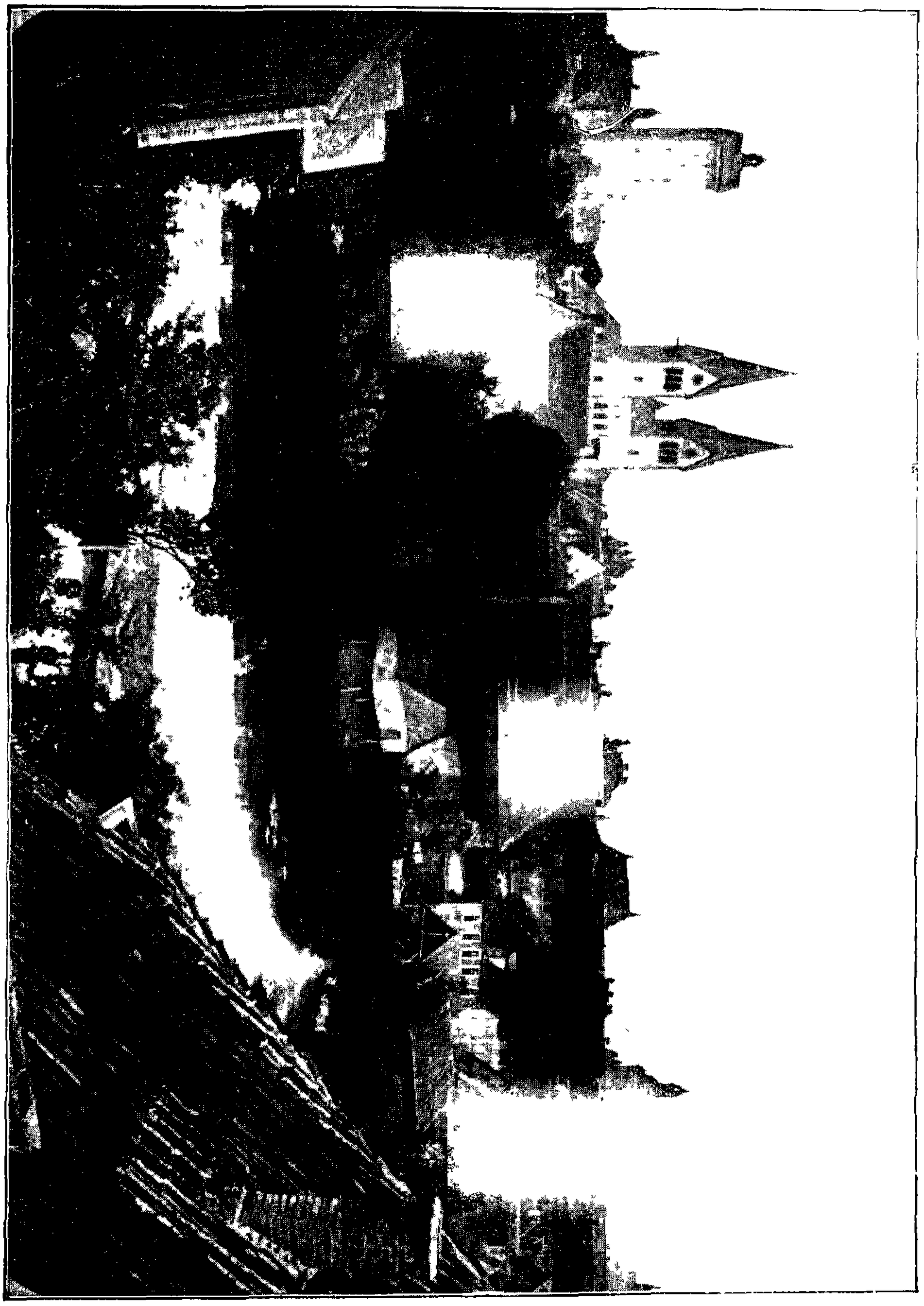
ГЛАВА 47.

Нисходящіе источники. 6. Трещинные источники.

Шестымъ типомъ нисходящихъ источниковъ являются трещинные. Они образуются въ тѣхъ случаяхъ, когда сама по себѣ непроницаемая для воды порода изобилуетъ трещинами и пустотами, въ которыхъ собираются запасы подземныхъ водъ, выходящихъ на поверхность по трещинамъ, открывающимся на по-

беннымъ изобиліемъ источники отличаются тамъ, гдѣ эта граница занимаетъ наиболѣе низкое положеніе.

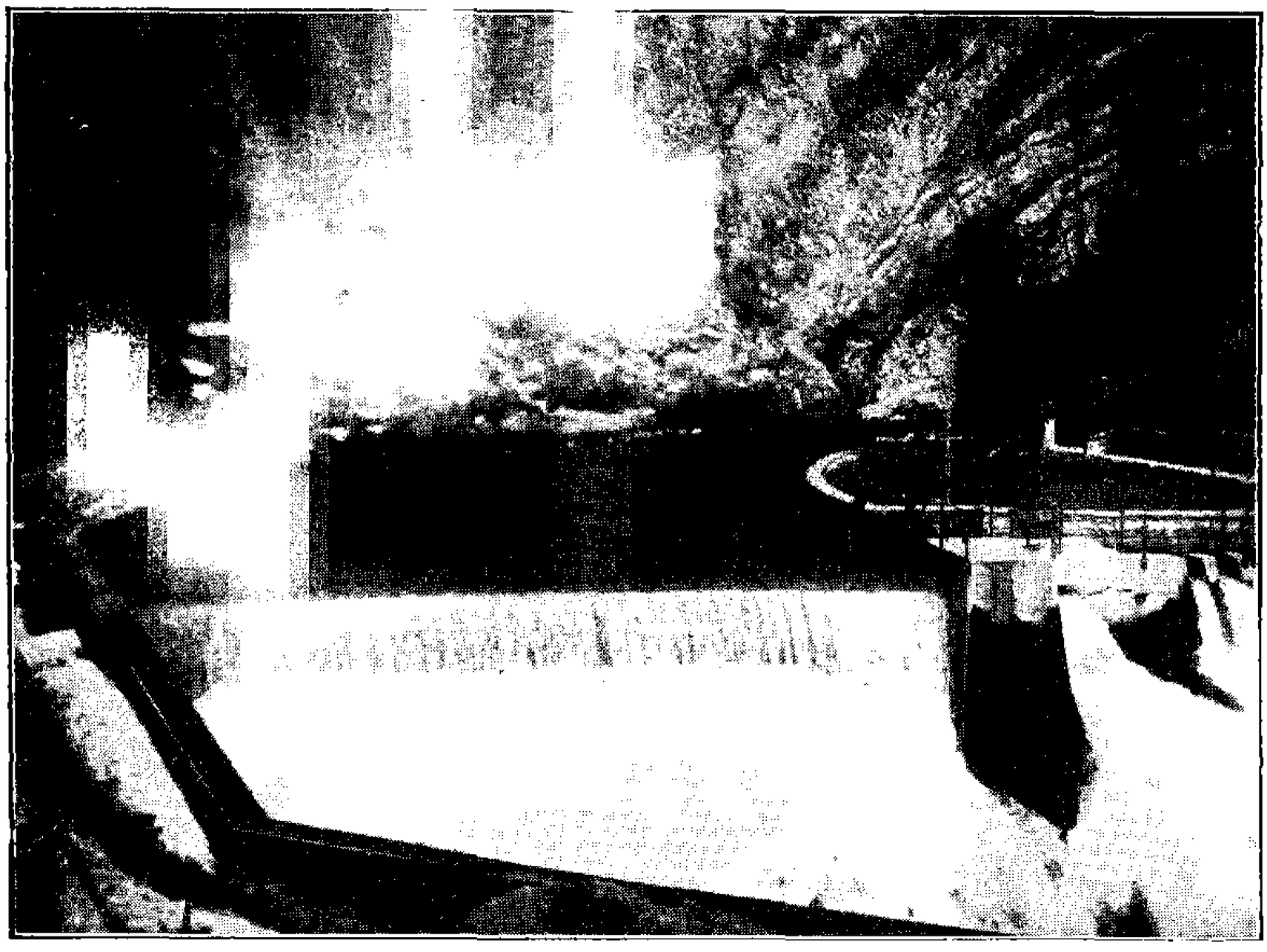
Нѣтъ необходимости, чтобы уголъ паденія налегающихъ водо-



Фиг. 203. Источникъ Іакерлъ въ Шотландіи.

непроницаемыхъ пластовъ былъ невеликъ, какъ въ вышеприведенномъ примѣрѣ: они могутъ падать подъ какимъ-угодно угломъ; необходимо лишь, чтобы ихъ паденіе было направлено въ сторону движенія воды; если же паденіе ихъ будетъ направлено

верхности ниже уровня подземныхъ водъ. Такіе источники въ особенности часто образуются въ известнякахъ. Дебитъ ихъ зависитъ всегда, во первыхъ, отъ величины той площади, съ которой собирается вода, и, во-вторыхъ, отъ количества самыхъ источниковъ, питаемыхъ собравшейся въ данномъ известняковомъ массивѣ водой. Наичаще выходятъ такіе источники нѣсколько выше дна рѣчныхъ долинъ, или же ниже его, и тогда вода изъ нихъ вытекаетъ непосредственно въ рѣчные наносы;



Фиг. 205. Источникъ Areuse (La Doux) близъ С. Сюльписъ, Валь де Траверъ, Невшатель. Трещинный источникъ. Фот. Шардта.

иногда же, наконецъ, они выходятъ на днѣ долины, и тогда вода источника смѣшивается иногда совершенно незамѣтно съ рѣчной водой. Трещинные источники встрѣчаются вездѣ, гдѣ развиты хрупкія неравномѣрно проницаемыя породы, — граниты и другія изверженныя породы, известняки, кварциты, кристаллическіе сланцы и т. п.

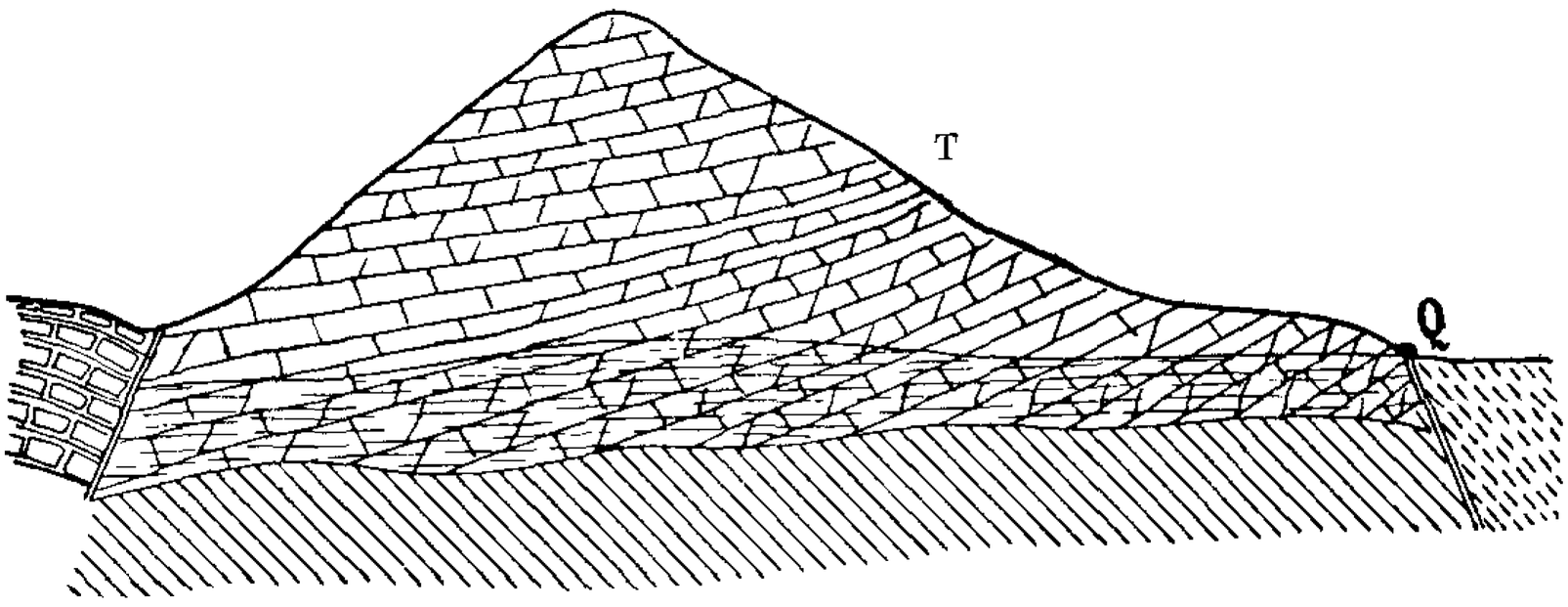
На фиг. 205 представленъ трещинный источникъ въ Валь де Траверъ въ Невшательской Юрѣ.

ГЛАВА 48.

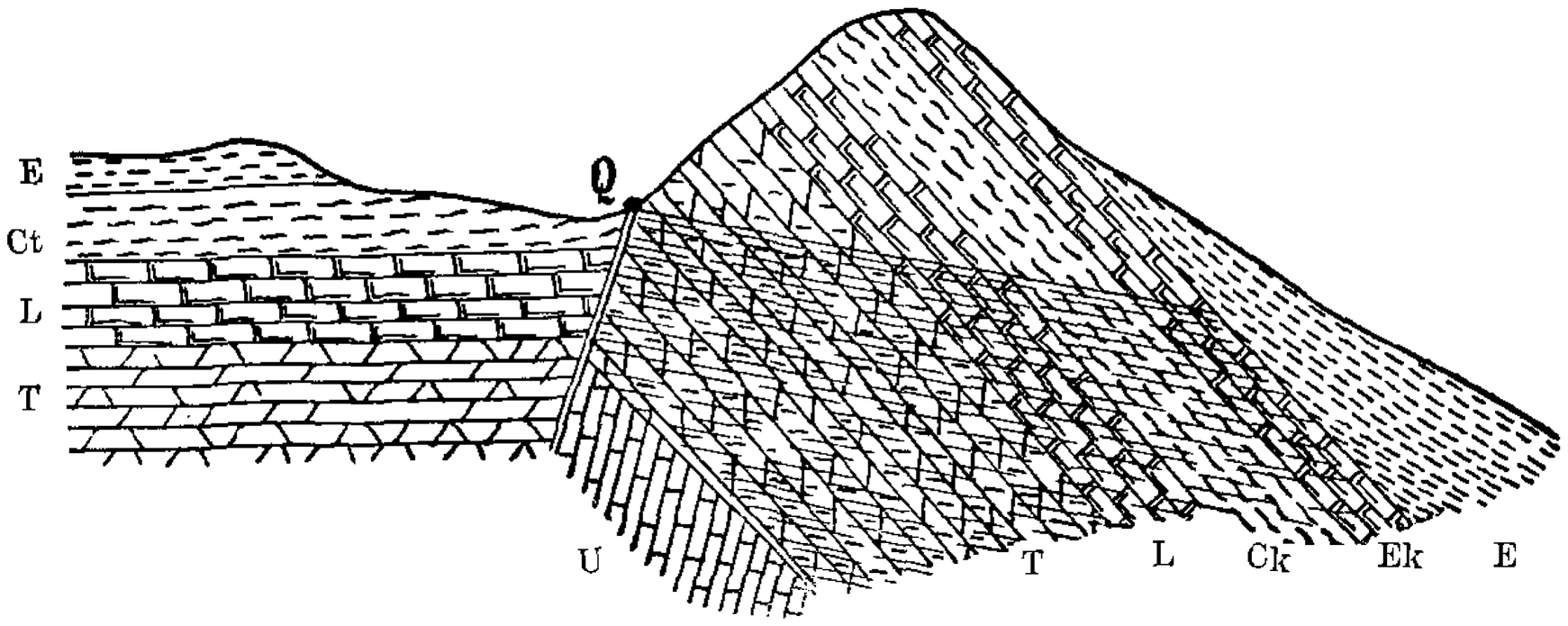
Нисходящіе источники. 7. Сбросовые источники.

Сбросовые источники вытекаютъ изъ трещинъ, по которымъ произошли передвиженія сброшенныхъ частей горныхъ породъ. Эти послѣднія должны передвинуться такъ, чтобы съ одной сто-

На фиг. 206 и 207 изображены сбросовые источники въ Сѣверныхъ Вогезахъ, по описанію Лепла; здѣсь водоносной породой является пестрый песчаникъ (HS), подпорнымъ горизонтомъ служатъ подлегающіе пермскіе сланцы (RS); они подпираютъ воду не только снизу, но также и сбоку, вдоль сбросовой трещины V, вслѣдствіе чего въ A_1 вода выходитъ на поверхность въ видѣ источника. На фиг. 206 показанъ выходъ сбросоваго источника на склонѣ, а на фиг. 207 — на днѣ долины.



Фиг. 207.



Фиг. 208.

На фиг. 208 и 209 приведены два примѣра сбросовыхъ источниковъ Сициліи, по Джордано[1]).

На этихъ чертежахъ приняты слѣдующія обозначенія:

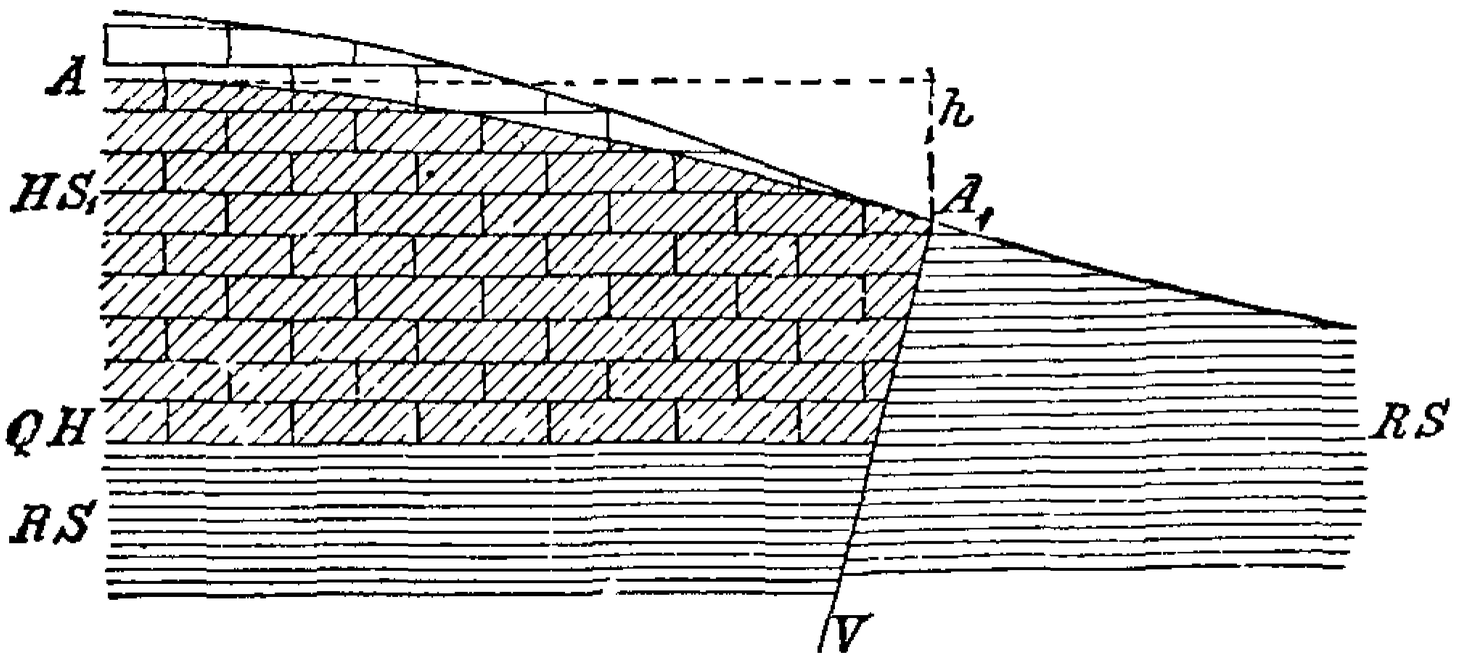
E = эоценовая глина,	C_k = сеноманскій известнякъ,
E_k = эоценовый нуммулитовый известнякъ,	L = лейясовый известнякъ,
	T = тріасовый доломитъ,
C_t = сеноманская глина,	U = непроницаемыя породы.

На фиг. 208 представлена гора Монте Кукчіо и сбросовый источникъ, вытекающій въ Бокка ди Фалько, на фиг. 209 показано образованіе горячихъ источниковъ, выходящихъ на высотѣ

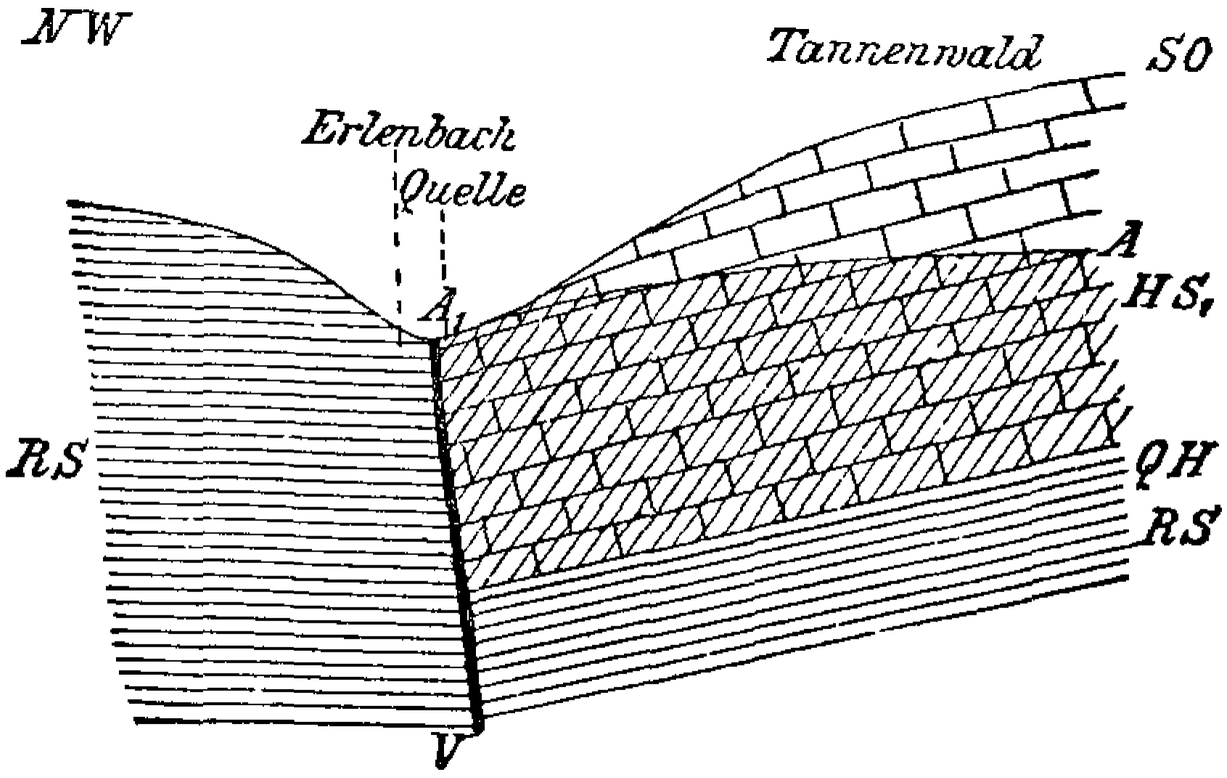
---

1) Daubrée. Les eaux souterraines, T. I. P. 124.

роны трещины находились проницаемые водоносные пласты, съ другой же — водонепроницаемые. Въ такомъ случаѣ образуется подпоръ воды, и она выйдетъ на поверхность. Выходы источниковъ иногда расположены выше дна долины, чаще же всего на самомъ днѣ, такъ какъ по сбросовымъ трещинамъ обычно образуются долины. Оба случая будутъ разсмотрѣны ниже. Изъ этого краткаго описанія сбросовыхъ источниковъ ясно, что они, въ сущности, являются лишь разновидностью описанныхъ въ главѣ 46-й плотинныхъ источниковъ; разница состоитъ лишь въ томъ, что у послѣднихъ подпоръ воды обусловливается налега-



Фиг. 206.



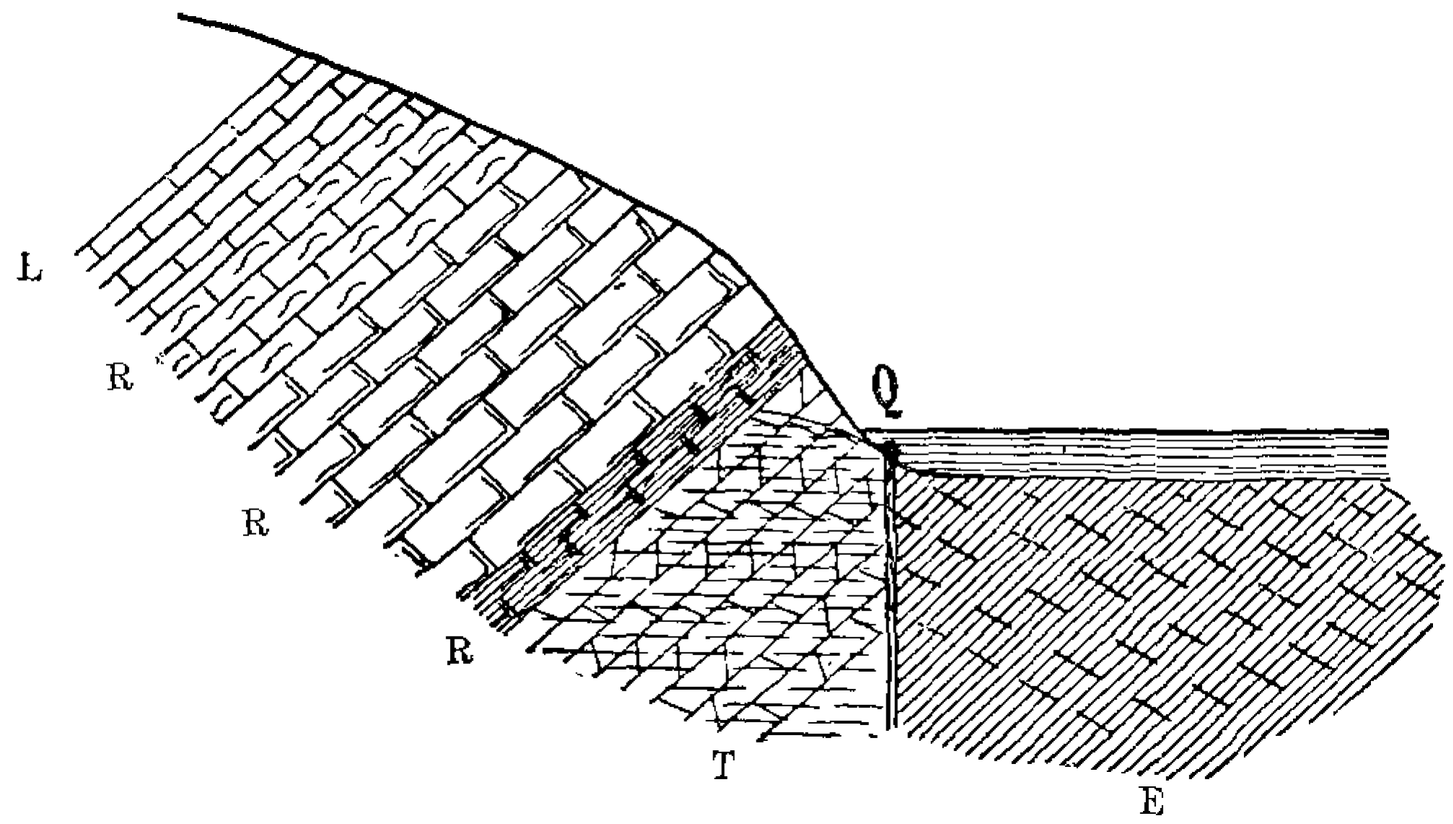
Фиг. 207.

ніемъ сверху водонепроницаемыхъ пластовъ, тогда какъ у сбросовыхъ связаннымъ съ разрывомъ сплошности горныхъ массъ прилеганіемъ водоупорныхъ образованій.

Нисходящіе сбросовые источники совершенно отсутствуютъ въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ поверхность сложена пористыми четвертичными и третичными отложеніями; равнымъ образомъ не встрѣчаются они и въ областяхъ съ ненарушеннымъ напластованіемъ; наоборотъ, въ изобиліи развиты они въ мѣстностяхъ, подвергшихся сильной дислокаціи, преимущественно въ горныхъ странахъ.

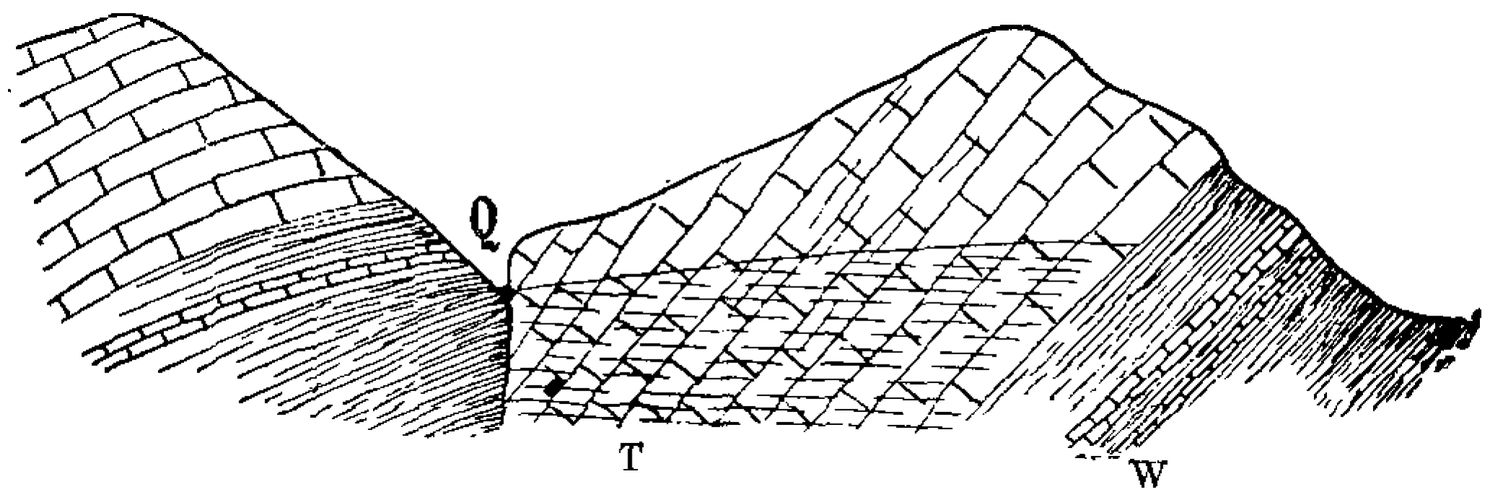
Происхожденіе сбросовыхъ источниковъ, лучше всякихъ описаній, будетъ понятно изъ ниже приведенныхъ примѣровъ.

350 м. надъ уровнемъ моря у подножія горы высотою 811 метровъ, на которой расположено мѣстечко Склафани. Въ обоихъ случаяхъ водосодержащей породой является трещиноватый тріасовый доло-



Фиг. 210.

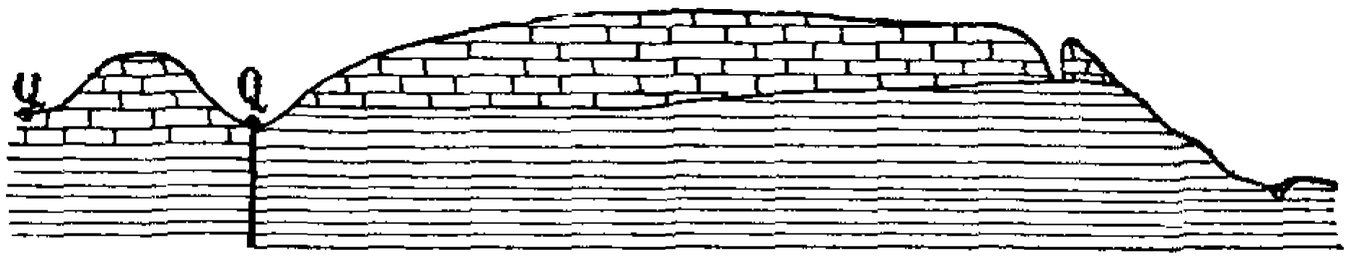
митъ; въ первомъ примѣрѣ скопившаяся въ доломитѣ вода испытываетъ подпоръ отъ сброшеннаго пласта эоценовой глины, во второмъ, кромѣ того, и отъ мѣловыхъ глинъ, и, вслѣдствіе этого, въ



Фиг. 211.

обоихъ случаяхъ по трещинамъ сбросовъ выходитъ на поверхность въ видѣ источниковъ.

На фиг. 210 приведенъ разрѣзъ черезъ полуостровъ, ограниченный съ запада заливомъ Спеція, по Джордано[1]). Лейясовые и ретскіе (L и R) пласты образуютъ непроницаемую покрышку для водоносныхъ тріасовыхъ известняковъ T, которые,



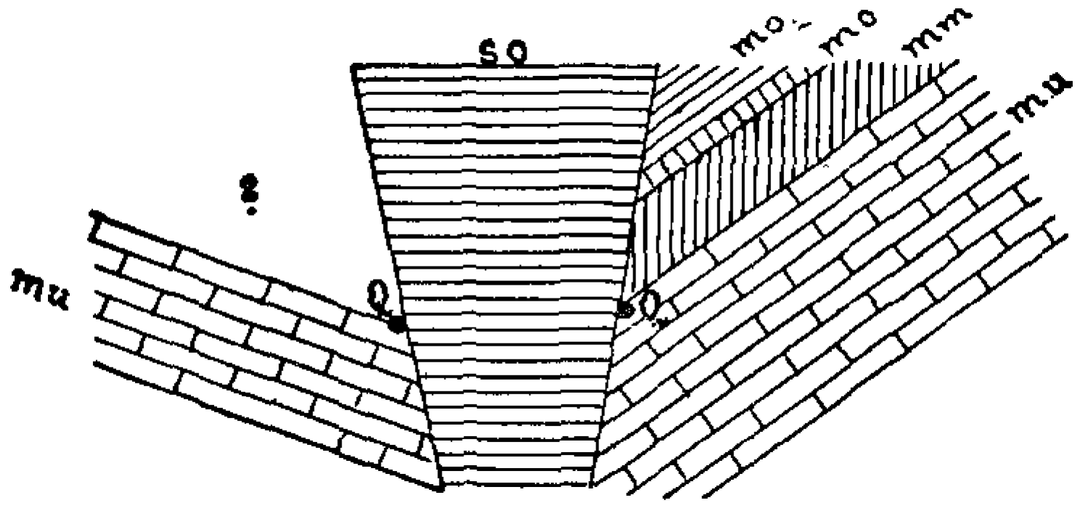
Фиг. 212.

---

1) Daubreé, l. c., p. 361.

благодаря сбросу, прилегаютъ къ глинѣ эоценоваго возраста. Изъ этой сбросовой трещины близъ Спрагола вытекаетъ обильный водою источникъ Лафоче, а на самомъ берегу моря — другой, представленный на фиг. 210, носящій названіе Polla Cadimare.

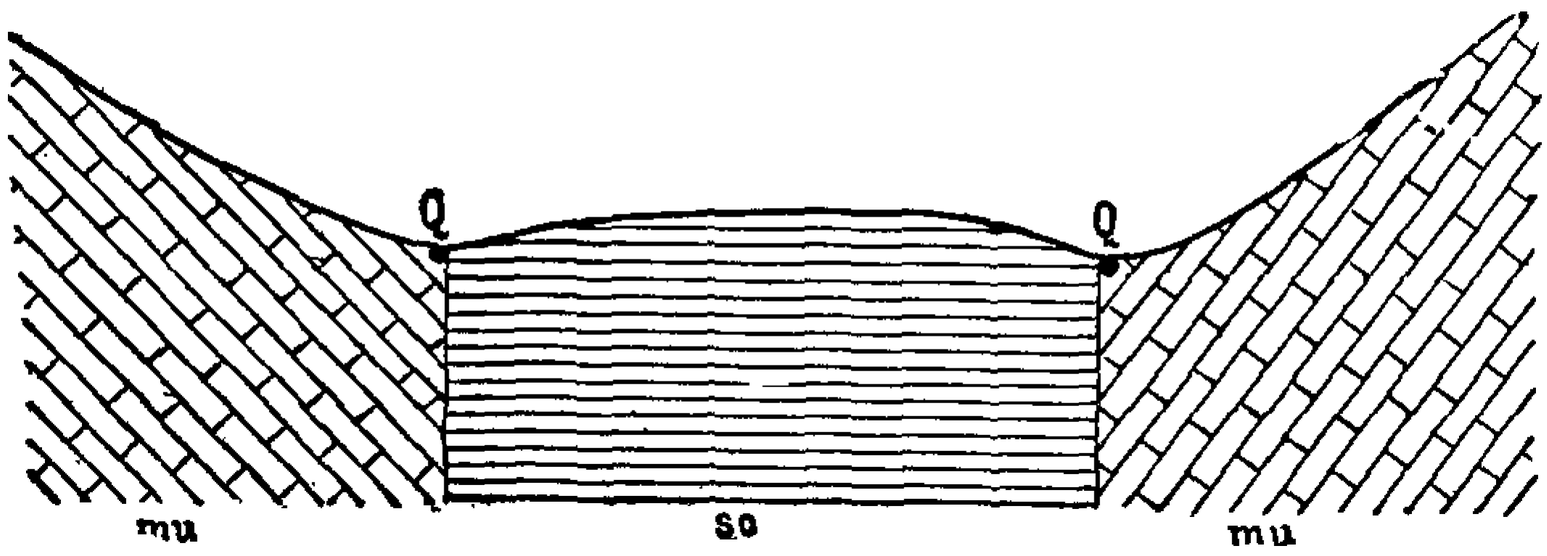
Примѣръ сбросоваго источника въ Альпахъ приведенъ на фиг. 211, по Карреру; это — источникъ Рорбахъ въ грабенѣ, образовавшемся вслѣдствіе того, что верхне-тріасовый водоносный



Фиг. 213.

известнякъ (T) пересѣченъ сбросовой трещиной и сброшенъ до непроницаемыхъ верфенскихъ пластовъ.

Вдоль этой сбросовой трещины, прослѣженной въ длину болѣе чѣмъ на 11 километровъ, кромѣ этого источника, выходитъ еще цѣлый рядъ подобныхъ же источниковъ.



Фиг. 214.

Происхожденіе извѣстнаго еще во времена римлянъ источника Gorze, близъ Меца, объяснено на фиг. 212[1]). На водонепроницаемыхъ лейясовыхъ глинахъ залегаютъ трещиноватые оолитовые водоносные известняки. Эта свита пластовъ пересѣчена сбросовой трещиной, простирающейся отъ Ars, на Мозелѣ, на юго-западъ; на сѣверномъ крылѣ этого сброса породы опустились на 50—60 метровъ. Вслѣдствіе этого, оолитовые известняки оказались напротивъ лейясовыхъ глинъ, а содержащаяся въ нихъ вода

1) Jacquot, Description géologique du departement de la Moselle; цитировано по Daubrée, l. c., p. 115.

испытала подпоръ и выходитъ на поверхность вдоль трещины сброса въ сосѣдней глубокой долинѣ. Вода этихъ источниковъ служитъ для водоснабженія г. Меца.

На фиг. 213 показанъ планъ расположенія двухъ обильныхъ водою источниковъ на восточномъ склонѣ Мейсснера, а на фиг. 214 — разрѣзъ ихъ. Въ то время какъ на западномъ склонѣ этой горы, ниже перекрытой базальтами буроугольной свиты слоевъ третичнаго возраста, выступаютъ на поверхность лишь отложенія нижняго и средняго пестраго песчаника, на восточномъ выходятъ, какъ показано на фиг. 199, верхній пестрый песчаникъ (so), нижній раковистый известнякъ (mu), средній раковистый известнякъ (mm), трахитовый известнякъ (mo_1) и нодозовые слои (mo_2), часто въ довольно сложныхъ условіяхъ залеганія. Въ интересующей насъ области съ обѣихъ сторонъ клинообразнаго массива водонепроницаемыхъ породъ рета, раковистый известнякъ сброшенъ въ довольно круто падающей на сѣверъ свитѣ. Вода, проникающая въ нижній раковистый известнякъ на склонѣ Мейсснера, испытываетъ у его подножія подпоръ, частью вслѣдствіе сброса ретскихъ глинъ, частью же вслѣдствіе налеганія сверху доломитовыхъ мергелей средняго раковистаго известняка; тамъ, гдѣ сходятся обѣ подпирающія воду породы, вытекаетъ источникъ, называемый „Gespringe“ (прыгунъ); симметрично ему бьющій на западной сторонѣ ретскаго горста холодный источникъ находится, вѣроятно, въ одинаковыхъ, съ геологической точки зрѣнія, условіяхъ съ первымъ.

Часто встрѣчающіеся восходящіе сбросовые источники будутъ описаны въ главѣ 50-й.

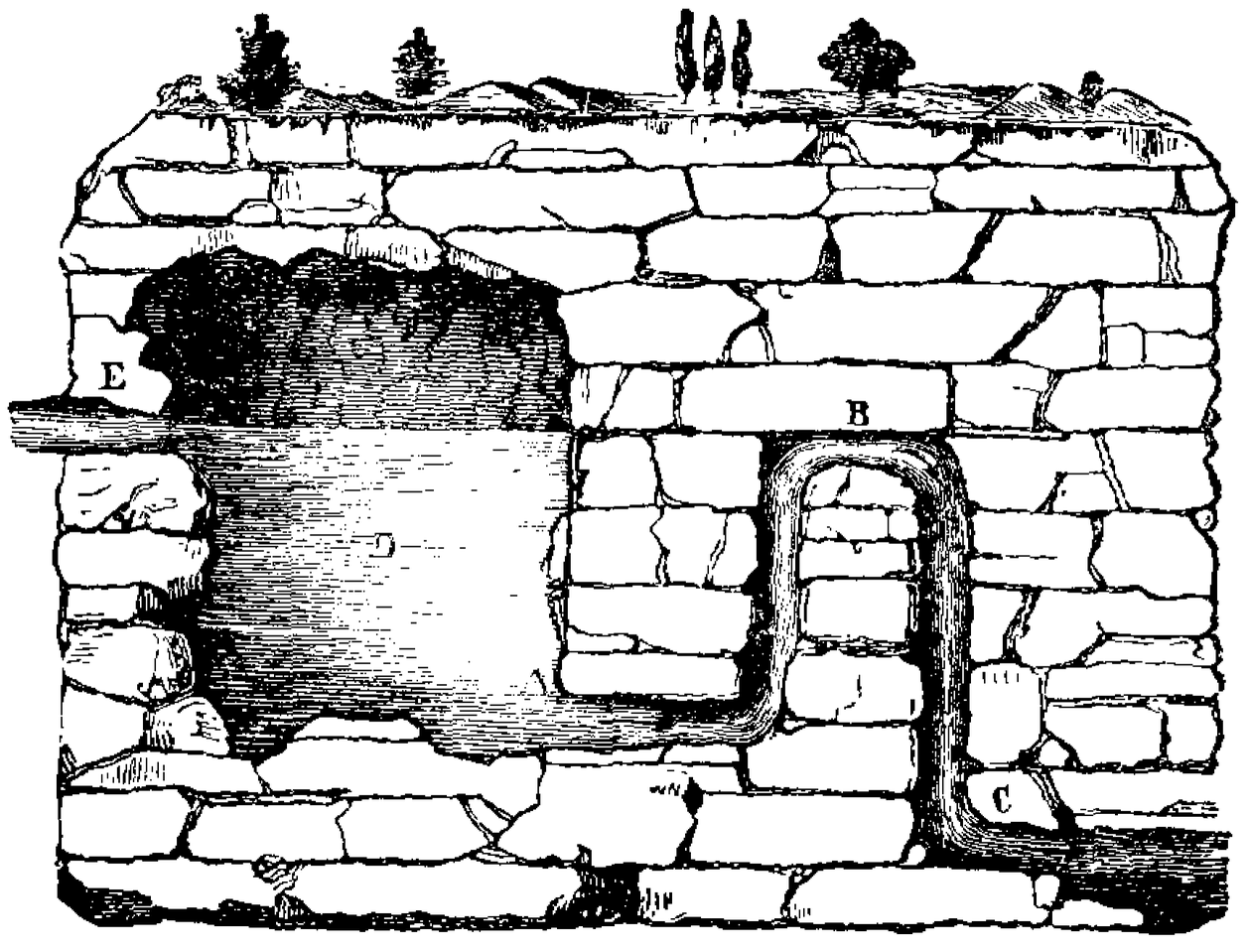
ГЛАВА 49.

Нисходящіе источники. 8. Перемежающіеся источники.

Перемежающимися источниками называются такіе, которые даютъ то большія, то очень ничтожныя количества воды, а равно и такіе, въ которыхъ періоды обилія водою и полнаго высыханія болѣе или менѣе правильно чередуются между собою. Эти источники образуются путемъ постепеннаго накопленія просачивающейся въ землю воды въ пустотахъ и трещинахъ породы, имѣющихъ стокъ наружу въ видѣ сифонообразнаго канала. На фиг. 216[1]) представленъ подобный сифонъ. Здѣсь A—B—C — изогнутая трубка, болѣе короткое колѣно которой A—B располо-

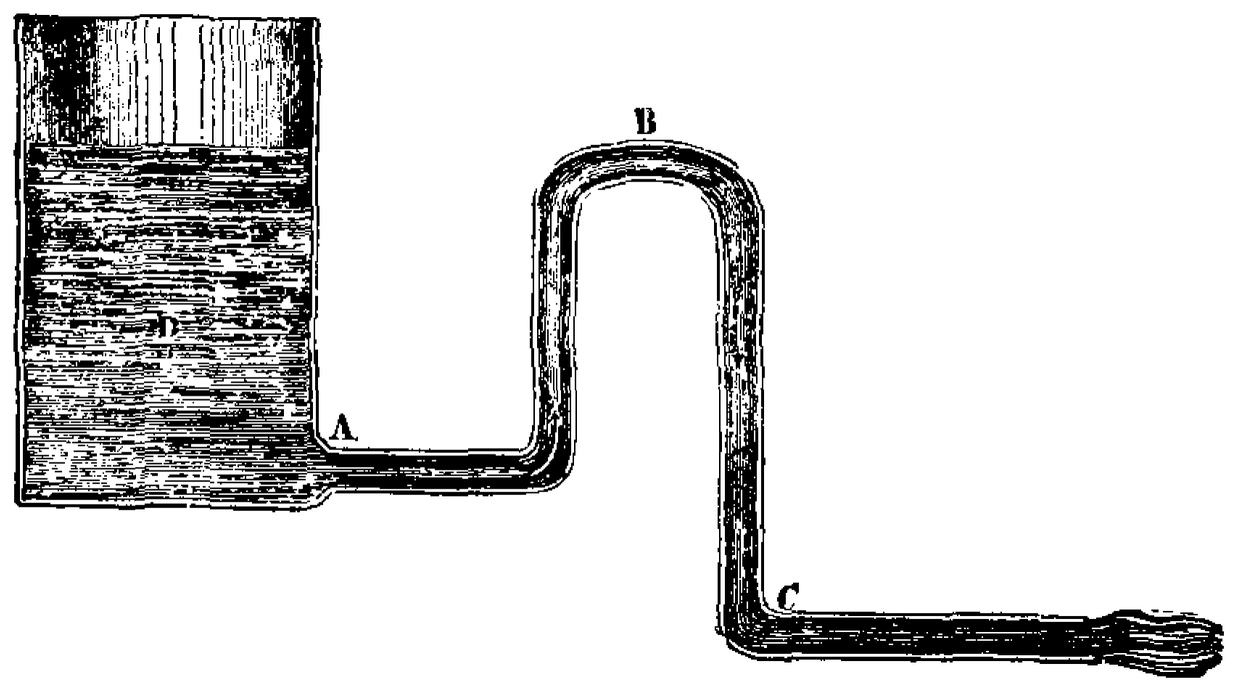
1) Haas, Quellenkunde, S. 82.

жено на высшемъ уровнѣ, чѣмъ B—C. Если колѣно A—B соединить съ сосудомъ D и наполнить послѣдній водою, то вода изъ него заполнитъ и колѣно A—B. Какъ только вода въ сосудѣ установится на уровнѣ высшемъ, чѣмъ изогнутая верхняя часть колѣна A—B, она сейчасъ же устремится въ колѣно B—C. Послѣ этого вода будетъ выливаться черезъ сифонъ и сосудъ



Фиг. 215.

будетъ опоражниваться до тѣхъ поръ, пока уровень воды въ немъ не окажется ниже входного отверстія сифона въ точкѣ A. Точно такимъ же образомъ можно представить себѣ, какъ пока-



Фиг. 216.

зано на фиг. 215, пустоту D въ породѣ; въ эту пустоту изъ разныхъ пунктовъ поступаетъ вода, напримѣръ, въ точкѣ E, или же просачивается въ нее по трещинамъ.

Чѣмъ больше наполняется водою пустота D, тѣмъ выше поднимается она и въ колѣнѣ A—B. Какъ только она достигнетъ высоты B, она начнетъ переливаться въ колѣно B—C, высасывая изъ прилегающихъ трещинъ воздухъ съ большимъ шу-

момъ; истеченіе воды будетъ продолжаться по этому водоотводному каналу до тѣхъ поръ, пока пустота D не опорожнится почти совершенно, т. е. до тѣхъ поръ, пока уровень воды въ ней не упадетъ ниже A. Тогда истеченіе прекращается и возобновится снова лишь послѣ того, какъ уровень воды въ D поднимется выше уровня B. Продолжительность истеченія воды изъ такого перемежающагося источника зависитъ отъ объема водосборнаго резервуара, отъ притока воды въ него и, разумѣется, отъ діаметра водоотводнаго канала. Изъ сказаннаго понятно, что нѣкоторые источники даютъ воду лишь въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, другіе, наоборотъ, въ теченіе нѣсколькихъ часовъ и даже дней. Далѣе ясно, что при перемежающихся источникахъ водоотводный каналъ долженъ пропускать воды больше, чѣмъ ея можетъ собраться за то же время въ водосборномъ резервуарѣ, потому что иначе вода все время стояла бы въ немъ на уровнѣ высшемъ уровня B, и истеченіе ея происходило бы безпрерывно. Такъ какъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, истеченіе зависитъ отъ количества воды, находящейся въ водосборномъ резервуарѣ во время истеченія, и отъ того количества воды, которое поступитъ въ него за то же время, вполнѣ понятно, что въ періоды значительнаго выпаденія осадковъ, благодаря чему увеличивается притокъ воды въ резервуаръ, послѣдній быстрѣе наполняется, періодъ бездѣйствія источника короче, чѣмъ періодъ истеченія. Если же, наоборотъ, притокъ, вслѣдствіе незначительнаго количества осадковъ, невеликъ, то источникъ бездѣйствуетъ продолжительное время и даетъ воду лишь недолго. Поэтому такіе перемежающіеся источники можно съ такимъ же правомъ назвать „голодными“, какъ это сдѣлано по отношенію къ другимъ источникамъ.

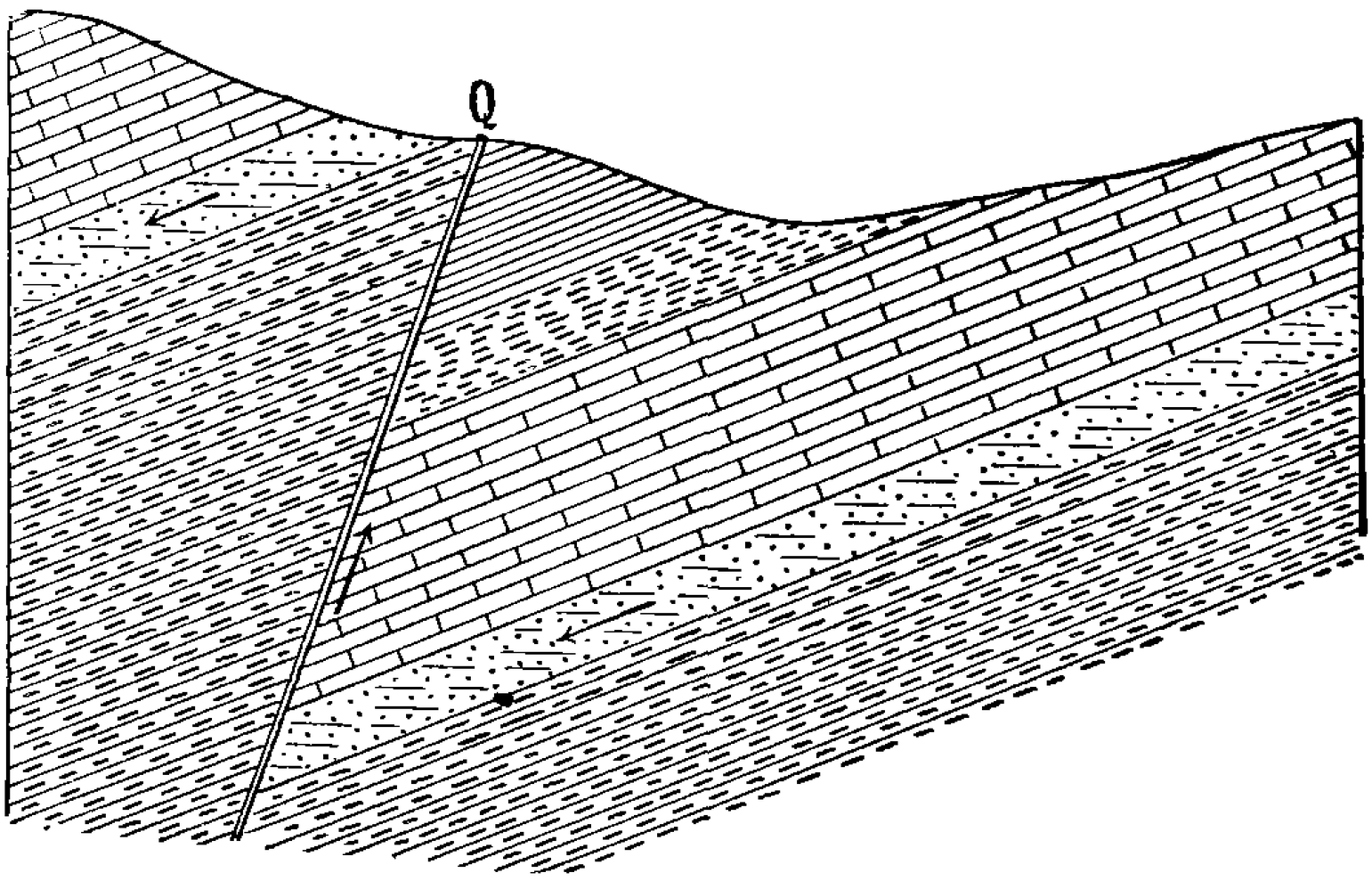
Измѣненіе давленія газовъ, выдѣляющихся въ водоотводномъ каналѣ, также является причиной образованія перемежающихся источниковъ, о чемъ, впрочемъ, будетъ подробно сказано въ главѣ 51-й.

Перемежающіеся источники не представляютъ рѣдкости. Много ихъ, напримѣръ, имѣется въ Швабской Юрѣ, какъ то въ Урахѣ, въ Броллерѣ, въ долинѣ Лонзинга и т. д. Здѣсь вода собирается въ пористыхъ породахъ мальма и въ извѣстныхъ пунктахъ временами вытекаетъ въ видѣ источниковъ, причемъ дѣйствіе источниковъ прекращается иногда въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ. „Das Ueberaich macht sich Luft“, гласитъ народная мудрость; а иногда истеченіе происходитъ съ такой силой, что близъ лежащія села оказываются затопленными и вода, получаемая изъ источника, способна приводить въ движеніе мель-

каетъ близъ Герфина недалеко отъ Бублица въ Помераніи, изъ прекраснаго сводчатаго бассейна въ водоносномъ пластѣ, заключенномъ между пластами дилювіальныхъ глинистыхъ мергелей. Въ подобныхъ ключахъ часто наблюдаются водовороты и игра песчинокъ, захватываемыхъ водою изъ пласта, обусловливающіе иногда даже сводчатое строеніе устья.

Къ этому же типу относятся восходящіе источники въ Сѣверныхъ Вогезахъ, описанные Л е п л а.

Ихъ происхожденіе объясняется тѣмъ, что на днѣ одной изъ долинъ выходятъ на поверхность два независимыхъ другъ отъ друга водоносныхъ пласта, нижній изъ которыхъ, подъ вліяніемъ



Фиг. 218.

напора, пробивается черезъ рѣчной аллювій, слагающій дно долины, благодаря чему получаются бьющіе источники.

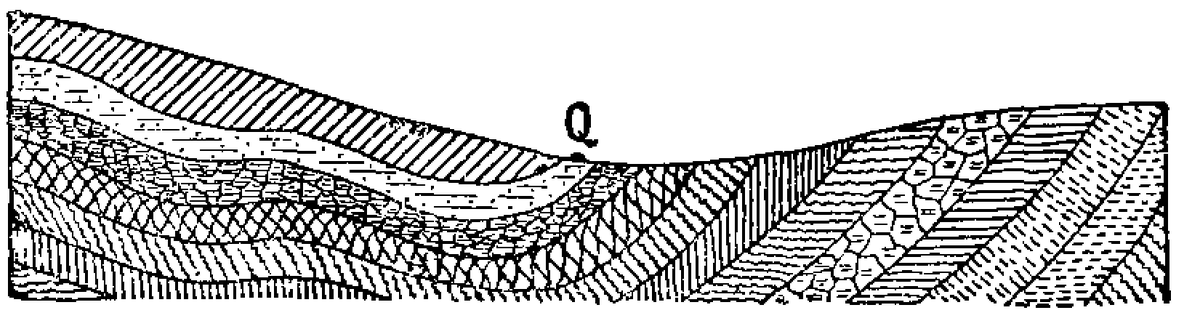
б) В о с х о д я щ і е с б р о с о в ы е и с т о ч н и к и. Въ тѣхъ областяхъ, гдѣ земная кора разсѣчена сбросами, по которымъ произошло перемѣщеніе сброшенныхъ массъ горныхъ породъ, играетъ большую роль второй типъ восходящихъ источниковъ — сбросовые источники, пользующіеся во многихъ мѣстностяхъ исключительнымъ распространеніемъ. Въ принципѣ происхожденіе сбросовыхъ источниковъ очень просто и вполнѣ понятно изъ схематическаго рисунка (фиг. 218). Для возможности ихъ образованія необходимо, чтобы наклонно залегающій водоносный пластъ былъ перерѣзанъ сбросовой трещиной такимъ образомъ, чтобы при передвиженіи по ней водопроницаемый пластъ прищелся противъ водонепроницаемыхъ породъ. Въ такомъ случаѣ вода, выпадающая въ видѣ атмосферныхъ осадковъ, просачивающаяся въ водопроницаемый пластъ и движущаяся по нему вглубь,

ничныя колеса. На ряду съ такими источниками, періодъ бездѣйствія которыхъ является очень продолжительнымъ, извѣстны и такіе, которые даютъ воду однажды въ сутки или иногда даже по нѣсколько разъ; таковъ, напримѣръ, источникъ въ Val d'Arsa близъ Remüs въ Граубинденѣ, дающій воду разъ въ сутки, или извѣстные источники на горѣ Пилатъ, вода изъ которыхъ вытекаетъ еще чаще. Источникъ Идцукъ близъ Кимпа, въ Южно-бигарскомъ комитатѣ въ Венгріи, даетъ воду въ дождливое время года съ промежутками въ 10—15 минутъ, а въ сухое — съ промежутками въ 20—30 минутъ; дебитъ его каждый разъ достигаетъ около 40 ведеръ воды.

ГЛАВА 50.

Восходящіе источники. 1. Поднятіе вслѣдствіе гидростатическаго давленія.

а) Пластовые источники. Если свита, состоящая изъ водоноснаго пласта, заключеннаго между пластами водонепроницаемыхъ породъ, залегаетъ не горизонтально, но изогнута въ складки, и если водоносный пластъ обнажается на поверхности на восходящемъ крылѣ складки (фиг. 217), такъ что въ мѣстѣ



Фиг. 217.

выхода пласта на поверхность паденіе его направлено внизъ, и если выше расположенныя части пласта переполнены водою, то послѣдняя въ пунктѣ выхода пласта на дневную поверхность образуетъ бьющій или восходящій источникъ, тѣмъ болѣе обильный водою, чѣмъ болѣе разность высотъ между наивысшимъ уровнемъ стоянія воды въ пластѣ и мѣстомъ выхода его на поверхность. Этотъ типъ источниковъ особенно распространенъ въ пористыхъ четвертичныхъ и третичныхъ отложеніяхъ Сѣверной Германіи, напластованіе которыхъ сильно нарушено ледниковой эрозіей, вслѣдствіе которой образовались складки, разрывы, поднятіе породъ и т. д. Въ качествѣ примѣра, я назову сильно бьющій на днѣ одного ручья ключъ къ югу отъ Калау въ курфюршествѣ Маркѣ; этотъ источникъ вытекаетъ, вѣроятно, изъ пласта, заключеннаго между изогнутыми пластами жирныхъ третичныхъ глинъ; другой подобный же бьющій источникъ выте-

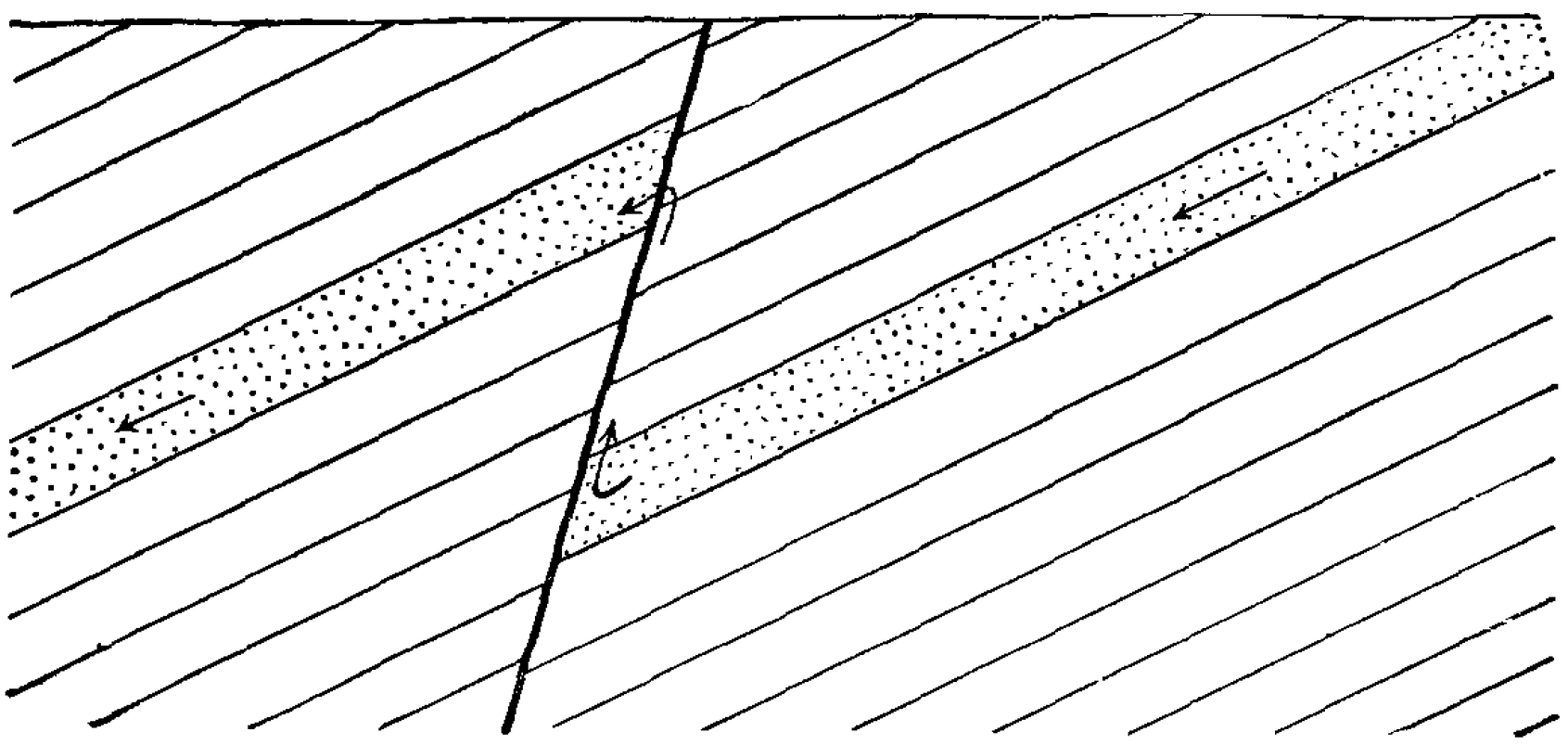
причемъ она вскорѣ, благодаря переполненію пласта водою, пріобрѣтаетъ характеръ напорной, встрѣчаетъ сопротивленіе своему движенію, дойдя до сбросовой трещины. Здѣсь могутъ встрѣтиться нѣсколько случаевъ: или сбросовая трещина можетъ быть сама по себѣ еще проницаема для воды, представляясь зіяющей трещиной или не вполнѣ выполненной позднѣйшими новообразованіями, или же она совершенно закрыта. Въ послѣднемъ случаѣ, впрочемъ, породы, составляющія стѣнки трещинъ, настолько разрушены, благодаря явленіямъ, происходящимъ при образованіи сброса, что онѣ становятся болѣе или менѣе водопроницаемыми. Во всякомъ случаѣ, для воды, находящейся подъ напоромъ, сбросовыя трещины являются такъ или иначе проницаемыми, и она движется по нимъ вверхъ. Если напоръ не особенно великъ и достаточенъ лишь для достиженія водою поверхности земли, то она вытекаетъ въ видѣ спокойнаго родника; при большомъ-же напорѣ — въ видѣ бьющаго источника (шпрудель). Наиболѣе обильные источники образуются, конечно, тамъ, гдѣ послѣдующіе эрозіонные процессы понизили выходъ трещины на поверхность, тогда какъ въ болѣе высоко расположенныхъ частяхъ трещины источники значительно менѣе обильны водою; обычно вдоль трещины сброса источники наблюдаются всегда. Слѣдствіемъ этого является то, что восходящіе сбросовые источники располагаются длинной цѣпью вдоль трещины сброса, что, съ одной стороны, служитъ руководящимъ указаніемъ при изученіи тектоники мѣстности, съ другой же — при гидротехническихъ изысканіяхъ съ цѣлью каптажа родниковой воды.

Неоднократно наблюдалось, что характеръ породъ по обѣимъ сторонамъ сброса представляетъ рѣзкія различія въ отношеніи водопроницаемости. Степень водопроницаемости многихъ породъ, въ особенности песчаниковъ, замѣтно уменьшается вдоль сбросовой трещины; это происходитъ вслѣдствіе того, что, благодаря размельченію и истиранію зеренъ песка при движеніи сброшенныхъ массъ, по стѣнкамъ трещины образуется мелкозернистая глинообразная оторочка, которая является непроницаемой для воды и вызываетъ движеніе ея вверхъ. Далеко не всегда наблюдается также, что вся вода выходитъ на поверхность въ видѣ источниковъ. Если вода при своемъ движеніи вверхъ встрѣчаетъ съ другой стороны сброса падающій внизъ водопроницаемый пластъ, то она вступаетъ въ него и движется внизъ до тѣхъ поръ, пока не встрѣтитъ снова какого-либо препятствія своему движенію (фиг. 219).

Сбросы, къ которымъ относятся также и взбросы (на фиг. 218 Q представляетъ „взбросовый“ источникъ), встрѣчаются по одиночкѣ

или развиты въ видѣ иногда довольно сложной системы. Извѣстны большія площади, на которыхъ имѣется всегда одна сбросовая трещина, тогда какъ въ другихъ районахъ сбросовыя трещины располагаются такъ близко одна къ другой, что разстояніе между ними не превосходитъ нѣсколькихъ метровъ. Въ такихъ случаяхъ механизмъ восходящихъ сбросовыхъ источниковъ отличается значительнымъ разнообразіемъ и сложностью; въ особенности тамъ, гдѣ система сбросовыхъ трещинъ ограничиваетъ со всѣхъ сторонъ горстовый массивъ и гдѣ сбросы развиты очень широко, можно наблюдать весьма разнообразные типы подобныхъ источниковъ.

Денкманъ [1]), подробно изслѣдовавшій область Келлервальда и гидрогеологическія условія его окрестностей, въ особенности



Фиг. 219.

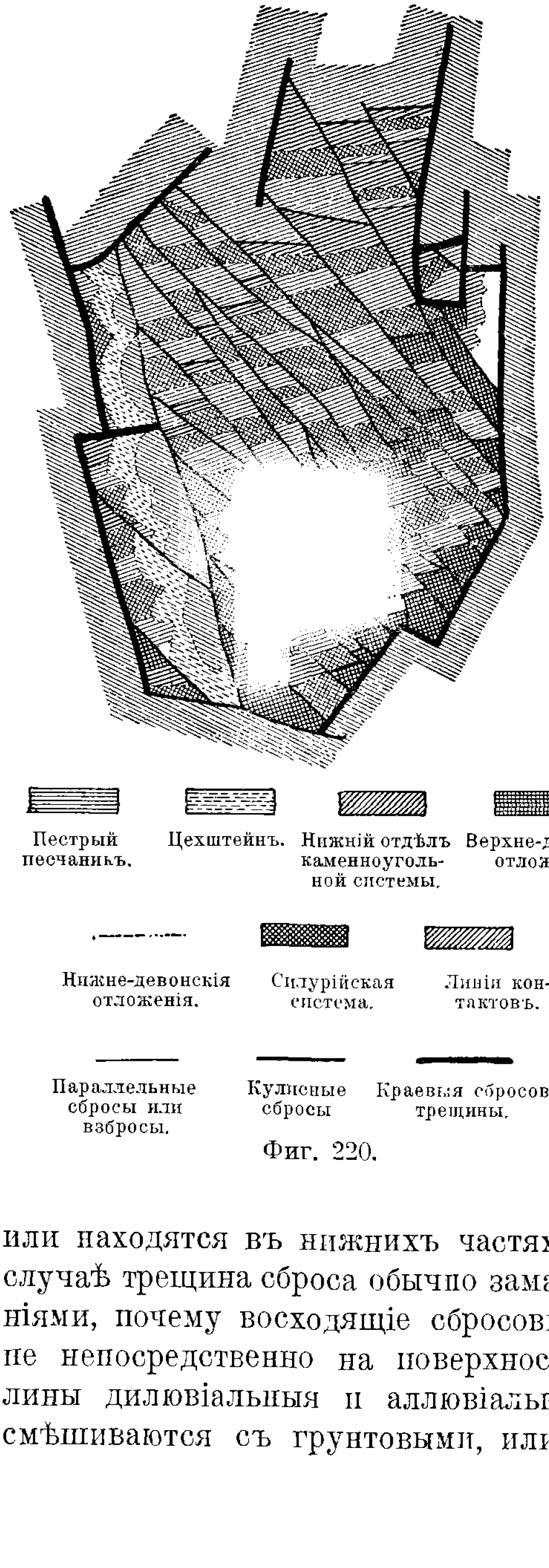
въ районѣ Франкенберга и Волькерсдорфа, пишетъ слѣдующее:

„Разсѣкающія здѣсь земную кору трещины, по которымъ произошли сбросы, т е. опусканіе сброшенныхъ массъ, собираютъ воду изъ пересѣченныхъ ими пластовъ. Если направленіе сбросовыхъ трещинъ, т. е., слѣдовательно, и время ихъ образованія, различны, то наибольшее количество воды собирается въ тѣхъ трещинахъ (линіи сброса, линіи разлома), которыя пересѣкаютъ всѣ остальныя сбросовыя трещины, т. е. въ тѣхъ, которыя являются наиболѣе молодыми по времени. Въ районѣ Келлервальда сбросовыя трещины, ограничивающія древній горстъ, относятся къ самымъ новымъ, почему вполнѣ естественно, что эти линіи, т. е. обозначенныя на планѣ трещины, принимаютъ ту воду, которая не стекаетъ по поверхности и не выходитъ въ видѣ источниковъ“. На фиг. 220 Денкманъ даетъ схематическій планъ,

---

1) „Zeitschr. f. prakt. Geol.“ 1901.

на которомъ видны соотношенія между древними параллельными сбросами и краевыми трещинами; на фиг. 221 изображено ступенчатое опусканіе пластовъ на границѣ такого древняго горста, а на фиг. 222 — продольный разрѣзъ въ направленіи движенія подземныхъ водъ. Надо при этомъ замѣтить, что эти ступенчатые массивы пересѣкаются, кромѣ того, поперечными сбросами, сообщающими ихъ другъ съ другомъ, и что, вслѣдствіе этого, циркулированіе воды возможно въ предѣлахъ всей сбросовой области.



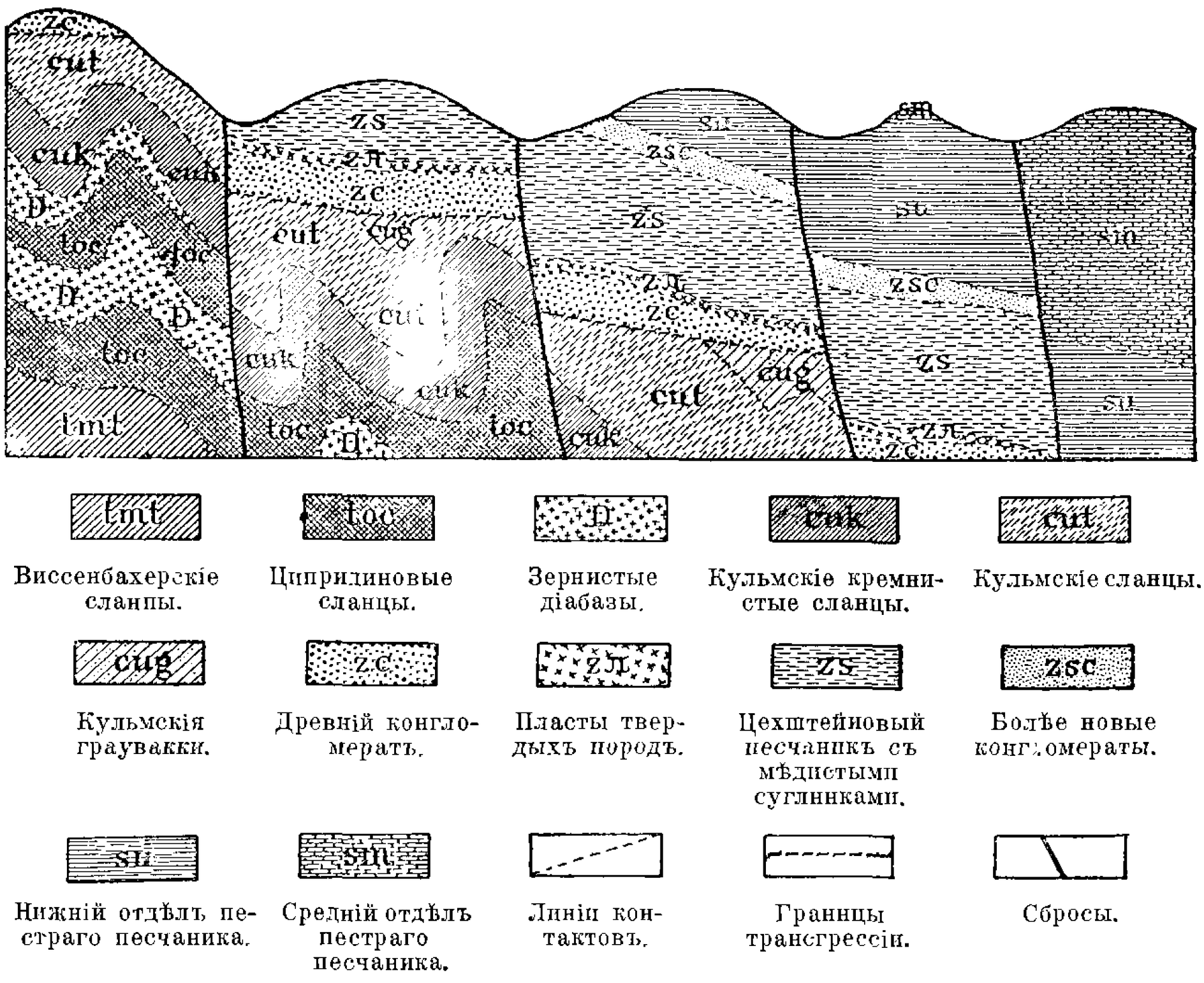
Фиг. 220.

Такъ какъ эрозія, въ огромномъ большинствѣ случаевъ, слѣдуетъ по линіямъ сбросовъ, то эти послѣднія чаще всего совпадаютъ съ тальвегами долинъ или находятся въ нижнихъ частяхъ ихъ склоновъ. Въ первомъ случаѣ трещина сброса обычно замаскирована новѣйшими отложеніями, почему восходящіе сбросовые источники изливаютъ воду не непосредственно на поверхность, а въ покрывающія дно долины дилювіальныя и аллювіальныя толщи. Здѣсь воды ихъ смѣшиваются съ грунтовыми, или же, если напоръ достаточно

великъ, вода источниковъ пробиваетъ толщу этихъ отложеній и получаются бьющіе ключи.

Другимъ примѣромъ сбросоваго восходящаго источника является описанный въ главѣ 40 источникъ Санъ-Марко близъ Санъ-Антоніо въ Техасѣ и источникъ Комель близъ Новаго-Брауншвейга въ томъ же штатѣ.

Къ типу восходящихъ сбросовыхъ источниковъ относится большинство германскихъ теплыхъ и горячихъ источниковъ, которые поэтому очень часто расположены по опредѣленной линіи.



Фиг. 221.

Поэтому вполнѣ возможно говорить о линіяхъ горячихъ источниковъ или термальныхъ и, въ частности, можно указать двѣ такихъ линіи, именно термальную линію Рудныхъ горъ и Вѣнскую.

Первая линія, тянущаяся вдоль южнаго склона Рудныхъ горъ, выражается не одной лишь сбросовой трещиной, но состоитъ изъ цѣлаго пояса трещинъ, отъ которыхъ отдѣляются еще боковыя трещины. По подобнымъ боковымъ трещинамъ вытекаютъ изъ порфировъ Теплицкіе источники, изъ гранитовъ — горячіе Карлсбадскіе. Изъ трещины сброса, въ контактѣ между гранитами и палеозойскими отложеніями, вытекаютъ источники Баденъ-Бадена, изъ девонскихъ известняковъ — источники Аахенъ-Буртшейдъ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ невозможно представить

очень сухой годъ 1865 . — дебитъ источника очень великъ,
очень мокрый годъ 1866 . — дебитъ уменьшается,
средній по количеству осадковъ годъ 1867 . . . . — дебитъ уменьшается, съ сентября начинается увеличеніе,
средній по количеству осадковъ годъ 1868 . . . — дебитъ исключительно великъ.

Такимъ образомъ, вліяніе 1866 г. сказалось на дебитѣ источника лишь въ 1868 г. (письменное сообщеніе Альб. Гейма).

ГЛАВА 51.

Восходящіе источники. 2. Поднятіе воды газами.

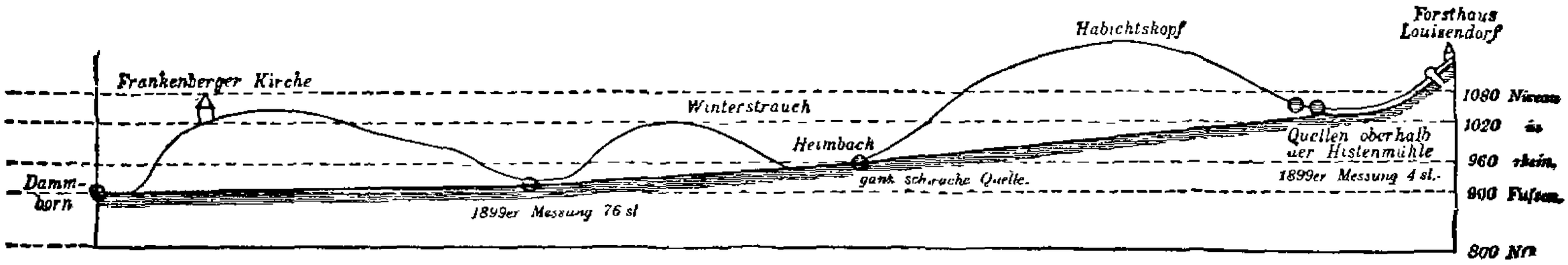
а) Водяной паръ. Поднятіе воды восходящихъ источниковъ водяными парами происходитъ слѣдующимъ образомъ: сильно перегрѣтый водяной паръ, поднимаясь по трещинамъ изъ недосягаемыхъ глубинъ земного шара и встрѣчая на своемъ пути подземную воду, увлекаетъ ее съ собою и, нагрѣвая ее иногда до температуры кипѣнія, выноситъ на поверхность. Вода эта можетъ быть ювенильной, т. е. образующейся вслѣдствіе выдѣленія газовъ изъ магмы, иногда же это обычная грунтовая (вадозная) вода, которая проникаетъ сверху по наклону пластовъ на извѣстную глубину, въ зависимости отъ величины геотермическаго градіента, и тамъ обращается въ парообразное состояніе. Если количество поднимающагося вверхъ водяного пара очень велико, а каналъ, по которому происходитъ подъемъ, очень узокъ, то скорость подъема достигаетъ весьма значительной величины, и такіе источники превращаются въ фонтаны кипящей воды, называемые гейзерами по имени того источника, который былъ издавна извѣстенъ въ юго-западной части Исландіи.

Такіе кипящіе фонтаны, извергающіе часто на значительную высоту воду, или непрерывно, или черезъ извѣстные промежутки времени, находятся, кромѣ Исландіи, еще въ Іеллоустонскомъ паркѣ въ Сѣверной Америкѣ; нѣсколько меньшіе гейзеры въ большомъ количествѣ найдены въ Тибетѣ въ Центральной Азіи; знаменитые же ранѣе гейзеры на озерѣ Вайкато въ Новой Зеландіи въ настоящее время погибли при сильномъ вулканическомъ изверженіи.

Большой гейзеръ Исландіи находится на широкой равнинѣ, возвышающейся на 110 метровъ надъ уровнемъ моря и примыкающей къ трахитовому холму. Выходное отверстіе гейзера расположено въ толщѣ новѣйшихъ отложеній и окружено толстымъ слоемъ кремнистаго туфа, отложеннаго самимъ источникомъ.

Устье гейзера находится въ образовавшемся изъ выносовъ его усѣченномъ конусѣ, имѣющемъ вверху въ діаметрѣ около 17 метровъ; въ этомъ конусѣ имѣется въ верхней части небольшой плоскій бассейнъ. Въ центрѣ бассейна открывается выводной каналъ, имѣющій вверху около 5 метровъ ширины, а книзу съуживающійся; этотъ каналъ имѣетъ $23^1/_2$ метра глубины. Въ обычное время бассейнъ наполненъ кристально чистой водой при температурѣ 82° С. Вода выливается постепенно изъ бассейна и стекаетъ по мелкимъ желобкамъ на стѣнкахъ конуса. Время отъ времени слышится подземный гулъ и вода въ бассейнѣ поднимается въ видѣ колокола. Черезъ нѣкоторые промежутки времени, весьма различные по своей величинѣ, эти маленькія изверженія усиливаются и начинается настоящее изверженіе. Постепенно усиливаются подземные взрывы, сопровождаемые сильнымъ шумомъ, въ бассейнѣ начинается волно- и вихреобразное движеніе воды, изъ центра его выдѣляются громадные пузыри пара и черезъ нѣсколько мгновеній изъ него вылетаетъ фонтанъ кипящей воды на высоту 25—30 метровъ. За первымъ слѣдуетъ второй, за нимъ третій, и, наконецъ, начинается безпрерывное изверженіе въ теченіе нѣсколькихъ минутъ; во время этого изверженія вода, падающая внизъ, снова захватывается фонтаномъ и снова поднимается вверхъ. Черезъ нѣсколько минутъ изверженіе оканчивается. Вода въ значительномъ количествѣ переливается черезъ края бассейна; этотъ послѣдній послѣ изверженія совершенно не содержитъ воды, которая останавливается въ выводномъ каналѣ на 2 метра ниже поверхности земли. Вода медленно повышается и вскорѣ все явленіе происходитъ въ прежнемъ порядкѣ. Промежутки между изверженіями Большого гейзера подвержены сильнымъ колебаніямъ. Нѣкогда изверженія слѣдовали одно за другимъ черезъ каждые 24 часа; въ 80-хъ годахъ прошлаго столѣтія промежутки между изверженіями равнялись 2—3 недѣлямъ, въ настоящее же время они равняются 2—3 днямъ. Вообще надо сказать, что механизмъ изверженія гейзеровъ подверженъ очень быстрымъ измѣненіямъ. Такъ, напримѣръ, еще въ 80-хъ годахъ недалеко отъ Большого гейзера существовалъ другой гейзеръ Строккуръ, не имѣвшій никакого конуса изверженія; его выводной каналъ, имѣвшій въ верхней части діаметръ $2^1/_2$ метра, съуживавшійся книзу до $^1/_3$ метра, оканчивался непосредственно у поверхности. Вода въ каналѣ стояла на 3 метра ниже поверхности и находилась все время въ состояніи сильнаго волненія. Время отъ времени происходили изверженія, едва уступавшія по размѣрамъ и грозной величественности изверженіямъ Большого гейзера. Гейзеръ Строккуръ от-

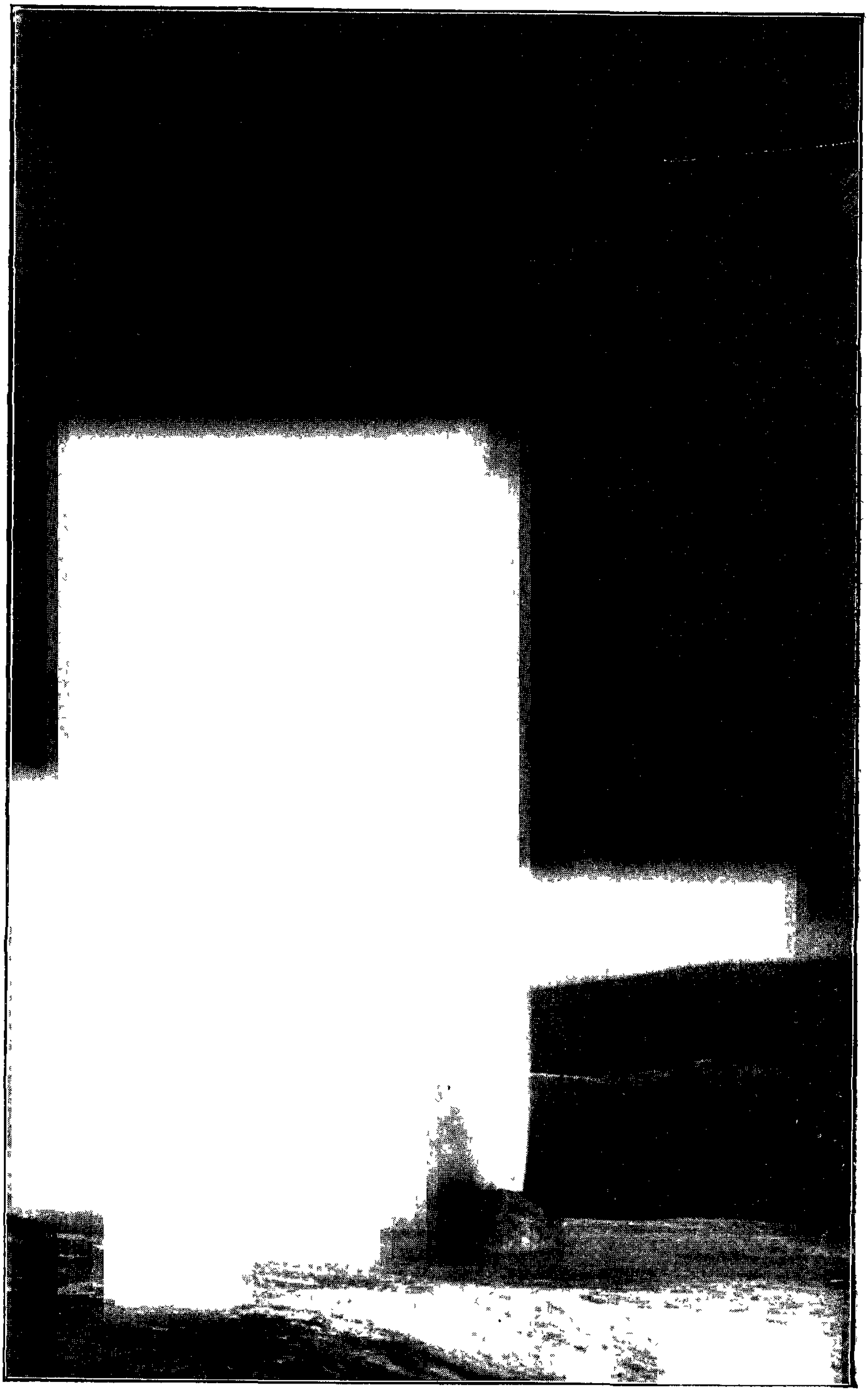
путь движенія воды въ совершенно безспорномъ видѣ; можно, во всякомъ случаѣ, принимая во вниманіе высокую температуру воды этихъ источниковъ, предположить, что вода при своемъ движеніи внизъ, пока она не достигнетъ сбросовой трещины, должна совершить длинный путь, иногда не меньше нѣсколькихъ тысячъ метровъ; далѣе, что температура изливающейся на поверхность воды тѣмъ выше, чѣмъ съ большей глубины она поднимается и чѣмъ быстрѣе происходитъ движеніе воды вверхъ. Никакого принципіальнаго различія между водой термальныхъ источниковъ и обыкновенной грунтовой провести нельзя; разница заключается лишь въ химическомъ составѣ, такъ какъ вода первыхъ, благодаря высокой температурѣ, обладаетъ большей растворяющей способностью и поэтому выщелачиваетъ различныя соли изъ породъ, по которымъ протекаетъ.



Фиг. 222.

Восходящіе источники образуются не только по сбросовымъ трещинамъ; во многихъ случаяхъ происхожденіе ихъ связано съ обычными трещинами, по которымъ вода, содержащаяся въ пластѣ, заключенномъ между водонепроницаемыми породами, и движущаяся вглубь, можетъ найти себѣ снова путь на земную поверхность. Къ такимъ источникамъ относятся термы Вильдбадъ въ Шварцвальдѣ и Пфеффersъ въ Швейцаріи. Ихъ высокая температура доказываетъ, что даже простыя трещины, отнюдь не связанныя со сбросами, могутъ проникать далеко вглубь земной коры.

Большинство горячихъ источниковъ питается не ювенильной водой, а вадозной, что доказывается зависимостью дебита ихъ отъ метеорологическихъ условій. Насколько значительно бываетъ замедленіе въ проявленіи колебанія дебита источника въ связи съ колебаніями количества атмосферныхъ осадковъ, показываетъ режимъ термъ Бадена въ Швейцаріи, вода которыхъ получается изъ тріасовыхъ отложеній Альпійскаго хребта и проходитъ на глубинѣ 1500 метровъ подъ Цюрихомъ; вліяніе колебанія количества атмосферныхъ осадковъ сказывается на этомъ источникѣ черезъ $1^1/_2$—2 года:



Фиг. 223. Гейзеръ Улей въ Іеллоустонскомъ паркѣ.

Послѣдній опускалъ максимальный термометръ на дно выводного канала гейзера передъ его изверженіемъ и нашелъ, что она оставалась неизмѣнной и послѣ изверженія и что, кромѣ того, температура здѣсь никогда не поднималась до точки кипѣнія воды при томъ давленіи, которое существуетъ въ выводномъ каналѣ. Изъ этого слѣдуетъ, что причиной изверженія не является водяной паръ, проникающій въ нижнюю часть канала, но что эту причину нужно искать въ болѣе высокихъ его частяхъ. Наблюденія Бунзена представлены въ нижеслѣдующей таблицѣ

6 іюля 8 ч. 20 м. пополудни		7 іюля 2 ч. 55 м. пополудни		7 іюля 7 ч. 58 м. пополудни	
Высота надъ дномъ канала м.	Температура °C.	Высота надъ дномъ канала м.	Температура °C.	Высота надъ дномъ канала м.	Температура °C.
0	123,6	0	127,5	0	126,5
4,8	122,7	5	123,0	—	—
9,6	113,0	9	120,4	9,85	121,8
14,4	85,8	14,75	106,4	14,75	110,0
19,2	82,6	19,55	85,2	19,55	84,7

Изъ этихъ наблюденій вытекаетъ слѣдующее: 1) температура водяного столба гейзера повышается сверху внизъ, 2) температура во всѣхъ точкахъ водяного столба со времени послѣдняго изверженія остается постоянной, если не принимать во вниманіе незначительныхъ отклоненій, 3) температура ни въ одной точкѣ водяного столба никогда не достигаетъ точки кипѣнія воды, соотвѣтствующей атмосферному и водяному давленію въ мѣстѣ наблюденія, даже за нѣсколько минутъ передъ большимъ изверженіемъ, 4) температура въ средней части водяного столба гейзера наиболѣе приближается къ точкѣ кипѣнія при соотвѣтствующемъ давленіи, и притомъ тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе значительное изверженіе слѣдуетъ за этимъ.

Если обратить вниманіе на періодъ времени, непосредственно предшествующій изверженію, то оказывается, что достаточно самой ничтожной причины для того, чтобы значительная часть водяного столба гейзера могла внезапно придти въ состояніе кипѣнія, вслѣдъ зачѣмъ и происходитъ изверженіе; достаточно лишь, чтобы, благодаря какому-либо обстоятельству, вода могла подняться на нѣсколько метровъ. Если бы вода поднялась на 2 метра, то, въ силу этого, соотвѣтственно укоротился бы столбъ жидкости и уменьшилось бы давленіе. Благодаря послѣднему обстоятельству,

личался той особенностью, что можно было въ любое время произвести изверженіе его искусственно, для чего достаточно было лишь заткнуть узкую часть его выводного канала дерномъ или торфомъ. Черезъ 10—40 минутъ послѣ этого наступало изверженіе, и подобный опытъ можно было повторять, по желанію, сколь угодно часто.

Исключительной величественностью отличаются гейзеры Іеллоустонскаго парка, на границѣ штатовъ Уйомингъ и Монтана. Въ этой мѣстности, открытой лишь въ 1869 году и подробно изслѣдованной въ 1871 году, насчитывается до 10.000 горячихъ источниковъ. Среди этихъ источниковъ находятся настоящіе, періодически извергающіе гейзеры, отлагающіе мощныя толщи известковыхъ и кремнистыхъ туфовъ. По размѣрамъ изверженій нѣкоторые изъ нихъ превосходятъ даже исландскіе, такъ какъ извергаемые фонтаны взлетаютъ вверхъ на 60 и болѣе метровъ. Самый большой изъ этихъ гейзеровъ — Гигантъ, имѣющій конусъ изверженія въ 10 футовъ высотой и 24 фута въ діаметрѣ, изъ котораго черезъ значительные промежутки времени извергается фонтанъ на высоту 60 метровъ. Гейзеръ Улей (Beehive) обладаетъ небольшимъ конусомъ очень правильной формы (фиг. 223), изъ котораго разъ въ сутки поднимаетзя гигантскій фонтанъ высотою 65 метровъ; гейзеръ же Старый служака съ удивительной правильностью чрезъ каждыя 65 минутъ извергаетъ мощную струю воды на высоту 40 метровъ. Кромѣ названныхъ, еще и многіе другіе гейзеры здѣсь производятъ громадныя изверженія. Благодаря неописуемой красотѣ столь дикой картины, Іеллоустонскій паркъ сдѣлался какъ бы восьмымъ чудомъ свѣта.

Въ 1871 полковникъ Монгомери открылъ массу горячихъ источниковъ на высотѣ 4700 м. н. у. м. въ Тибетѣ, въ особенности въ Найсумъ-Чуйя. Многіе изъ нихъ даютъ фонтаны, бьющіе на высоту 12, 15 и 20 метровъ съ сильнымъ шумомъ и съ выдѣленіемъ громаднаго количества водяныхъ паровъ. Температура ихъ равняется точкѣ кипѣнія воды на этой высотѣ, т. е. 84°. Въ этихъ источникахъ причиной изверженія является также водяной паръ, почему они и должны быть отнесены къ числу перемежающихся гейзеровъ.

Для объясненія причины изверженій гейзеровъ предложено очень много теорій. Мекензи принимаетъ существованіе подземныхъ резервуаровъ, функціонирующихъ подобно паровымъ котламъ и наполняющихся попеременно то паромъ, то горячей водой. Это объясненіе, однако, не согласуется фактами, изученными особенно подробно на исландскихъ гейзерахъ; наиболѣе рѣзкое расхожденіе существуетъ съ наблюденіями Бунзена.

часть воды переходитъ въ состояніе кипѣнія и образуется водяной паръ. Послѣдній поднимаетъ воду еще выше, давленіе понижается еще болѣе, новыя массы воды приходятъ въ кипѣніе, и такъ продолжается до тѣхъ поръ, пока въ паръ не обратится значительная часть водяного столба. Изъ этого вполнѣ ясно, что столбъ воды въ выводномъ каналѣ, внезапно закипѣвшій на нѣкоторомъ протяженіи и поднятый образовавшимся при этомъ паромъ до устья канала, гдѣ давленіе равно всего одной атмосферѣ, можетъ быть выкинутъ вверхъ на громадную высоту, благодаря развиваемой водянымъ паромъ механической энергіи. Весь столбъ воды, начиная отъ точки съ температурой 100° С. до дна канала, обратившись въ паръ, далъ бы столбъ пара высотою въ 1041 метръ; вполнѣ понятно, что столь большая механическая энергія не исчерпывается однократнымъ выбрасываніемъ водяного фонтана, потому что струи воды, охладившись въ воздухѣ, падаютъ обратно въ выводной каналъ гейзера и на мгновеніе пріостанавливаютъ движеніе воды вверхъ, благодаря тому, что паръ временно сгущается въ воду подъ дѣйствіемъ обратныхъ холодныхъ массъ воды; этотъ перерывъ продолжается до тѣхъ поръ, пока температура не поднимется снова до точки кипѣнія, послѣ чего явленіе повторяется въ прежнемъ порядкѣ. Что такіе перерывы дѣйствительно зависятъ отъ только что указанной причины, показываетъ простое наблюденіе, именно: въ промежуткахъ между отдѣльными выбросами воды, въ видѣ какъ бы сноповъ, вода стекаетъ изъ бассейна въ выводной каналъ и даже на мгновеніе съ шумомъ всасывается въ него.

Остается теперь объяснить лишь, вслѣдствіе чего происходитъ первый подъемъ воды, вызывающій начало изверженія. Въ большинствѣ исландскихъ гейзеровъ наблюдается, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ въ водѣ бассейна гейзера періодически образуются въ большомъ числѣ пузыри пара, которые, поднимаясь выше и попадая въ болѣе холодные горизонты, быстро снова сгущаются въ воду. При этомъ происходитъ своего рода небольшой выстрѣлъ, сопровождающійся поднятіемъ воды въ видѣ полушарообразной шапки и вслѣдъ затѣмъ пониженіемъ уровня воды. Такое явленіе наблюдается и въ Большомъ гейзерѣ, въ которомъ подобные выстрѣлы начинаются черезъ 4—5 часовъ послѣ каждаго изверженія и продолжаются въ теченіе 1—2 часовъ до начала новаго. Указанныя только что выдѣленія пузырей пара, однако, тогда лишь въ состояніи поднять какой-либо слой воды на такую высоту, гдѣ бы она, вслѣдствіе уменьшенія давленія, могла придти въ состояніе кипѣнія, когда, благодаря постепенному нагрѣванію, вся масса воды приметъ нѣсколько болѣе вы-

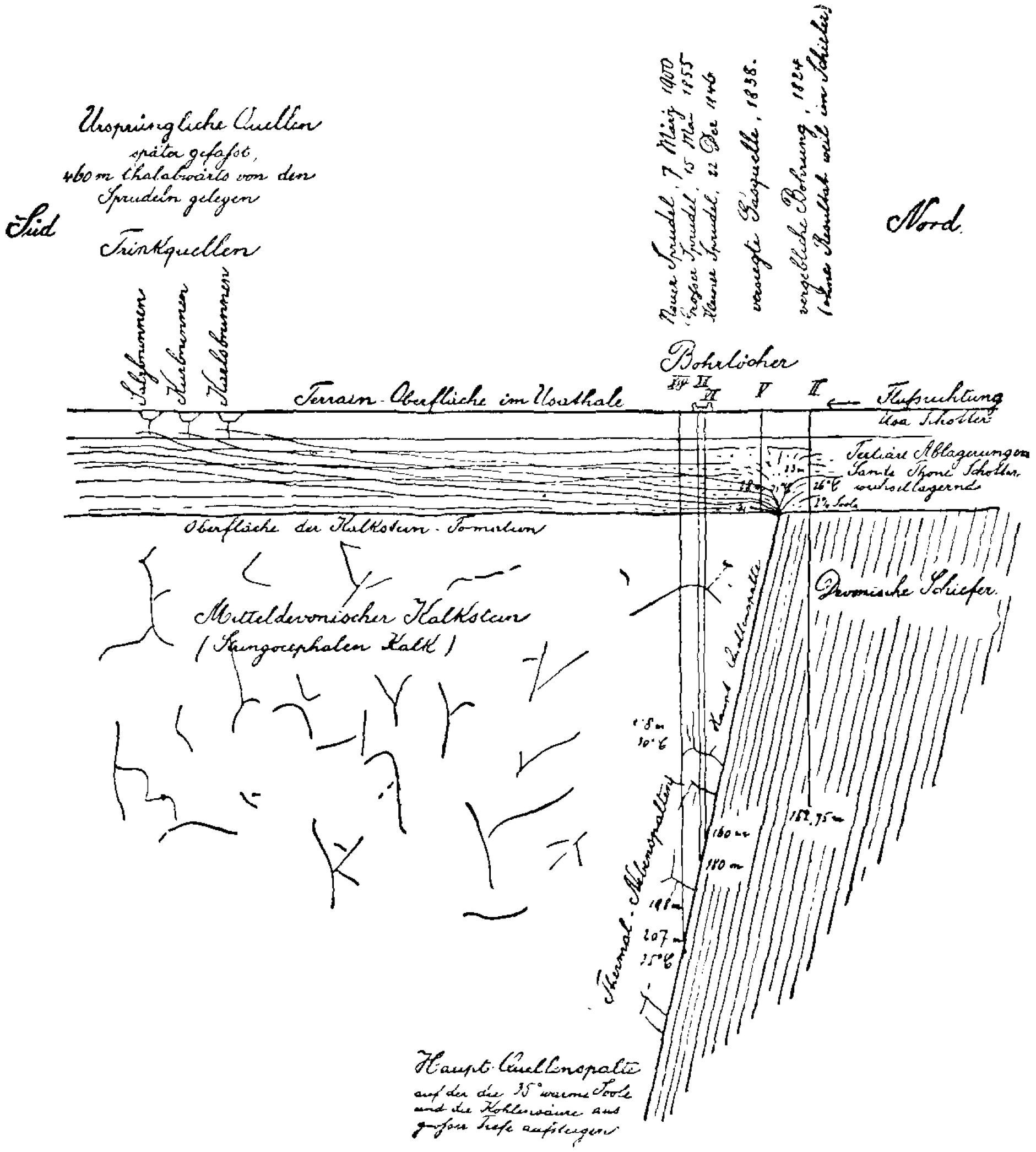
сокую температуру, что, дѣйствительно, наблюдается за нѣсколько минутъ до начала изверженія. Всѣ же остальныя поднятія этого періода сводятся лишь къ подъему въ верхнюю часть выводного канала части нагрѣтой воды, которая тамъ, въ силу уменьшенія давленія, закипаетъ; такимъ образомъ происходитъ рядъ вскипаній воды, связанныхъ съ ничтожными изверженіями, наблюдающимися среди настоящихъ изверженій. Получаются, такъ сказать, неудавшіяся изверженія, которыя не смогли развиться въ настоящія, благодаря низкой въ то время температурѣ водяного столба въ гейзерѣ.

б) Углекислота. Во многихъ мѣстностяхъ земного шара, въ особенности же въ областяхъ недавнихъ, съ геологической точки зрѣнія, очаговъ вулканическихъ явленій, изъ внутреннихъ частей земной коры выдѣляется въ большихъ или меньшихъ количествахъ углекислота; мнѣнія ученыхъ относительно ея происхожденія расходятся. По мнѣнію однихъ, выдѣляющаяся такимъ образомъ углекислота представляетъ не что иное, какъ послѣднюю стадію выдѣленія газовъ изъ подземныхъ охлаждающихся массъ магмы, въ то время какъ другіе полагаютъ, что, она получается изъ известняковъ, которые, вслѣдствіе различныхъ тектоническихъ процессовъ, погрузились на такую глубину, что, подъ вліяніемъ царящей тамъ высокой температуры, происходитъ разложеніе ихъ съ выдѣленіемъ свободной углекислоты.

Противъ послѣдняго объясненія можно возразить, что по мѣрѣ увеличенія глубины увеличивается и давленіе на 1 атмосферу черезъ каждые $2^1/_2$ метра и что распаденіе углекислой извести требуетъ тѣмъ болѣе высокой температуры, чѣмъ подъ большимъ давленіемъ она находится.

Углекислота выдѣляется изъ земной коры или въ видѣ сухихъ газовыхъ струй, какъ, напримѣръ, въ Сольфатарѣ близъ Неаполя, въ нѣкоторыхъ ущельяхъ Іеллоустонскаго парка и во многихъ пунктахъ Рейнской провинціи (Эйфель, Вестервальдъ), или же подымающаяся вверхъ струя газа, встрѣчая на своемъ пути грунтовую или минерализованную воду, увлекаетъ ее вмѣстѣ съ собою и выходитъ на поверхность въ видѣ углекислыхъ источниковъ. Буровыми скважинами обнаруживаются также оба эти типа выдѣленій углекислоты. Такъ, напримѣръ, скважина, проведенная близъ Сонтра, у подножія Тюрингенскаго лѣса, въ цехштейнѣ, доставляетъ ежегодно огромныя количества сухой углекислоты, тогда какъ въ долинѣ Броль и близъ Гудрона во Франціи буровыя скважины встрѣтили также и грунтовую воду, такъ что изъ нихъ выдѣляются періодически то сухая углекислота,

на большей глубинѣ она захвачена. Послѣдняя изъ этихъ скважинъ дала новый соленый шпрудель, который билъ съ глубины 207 м., какъ видно изъ помѣщеннаго здѣсь разрѣза (фиг. 224). Въ подобныхъ соляно-углекислыхъ источникахъ иногда вода, не насыщенная углекислотой, залегаетъ поверхъ минеральной и, въ силу оказываемаго ею давленія, препятствуетъ дѣйствію шпруделя. При



Фиг. 224. Разрѣзъ шпруделя въ Наугеймѣ, по Лепсіусу.

давленіи трехъ атмосферъ углекислый газъ уже не выдѣляется изъ воды, но остается въ связанномъ состояніи и начинаетъ освобождаться только тогда, когда столбъ верхней не газированной воды менѣе 30 метровъ мощностью. Въ такихъ случаяхъ приходится прибѣгать къ откачиванію верхней воды насосами, какъ это и дѣлалось въ Наугеймѣ, для того, чтобы уменьшить производимое ею давленіе, послѣ чего минеральная вода

начинала постепенно подниматься и, наконецъ, начинала бить выше поверхности въ видѣ шпруделя. Подобные же углекислосоленые источники, полученные буреніемъ, извѣстны въ Германіи въ Гомбургѣ, во многихъ пунктахъ Эйфеля, въ Намеди на Рейнѣ и, наконецъ, великолѣпный шпрудель въ Киссингенѣ.

c) Углеводороды. Третьей группой газовъ, способныхъ поднимать съ глубины воду и образовывать восходящіе источники, являются углеводороды. Встрѣчаются они преимущественно въ нефтеносныхъ областяхъ. Вслѣдствіе этого, восходящіе источники, образуемые углеводородами, въ большинствѣ случаевъ связаны съ выходами нефти; кромѣ того, такъ какъ они содержатся чаще всего въ пористыхъ глинистыхъ породахъ, то наблюдается сильное развитіе явленій вымыванія, такъ что вода углеводородныхъ источниковъ является скорѣе кашеобразной жидкостью, состоящей изъ болѣе или менѣе значительныхъ количествъ глинистаго ила. Подобнымъ образомъ происходятъ такъ называемые грязевые вулканы или маккалубы, описаніе которыхъ выходитъ изъ рамокъ настоящей работы. Искусственно выбуренные углеводородные гейзеры извѣстны въ штатѣ Канзасъ, гдѣ гейзеръ Кэнъ, глубиною въ 600 метровъ, производитъ періодическія изверженія выталкиваемой напоромъ углеводородовъ воды на высоту 30—50 метровъ надъ поверхностью земли.

ГЛАВА 52.

Измѣнчивость источниковъ.

Измѣнчивость источниковъ можетъ наблюдаться въ отношеніи химическаго состава, температуры и дебита даваемой ими воды. Многіе минеральные источники отличаются удивительнымъ постоянствомъ содержанія растворенныхъ въ нихъ солей и температуры. Такъ, напримѣръ, Фрезеніусъ въ 1849 г. нашелъ, что вода горячаго источника въ Висбаденѣ, дающаго 380 литровъ въ минуту и имѣющаго температуру 68—69°, содержитъ на 1000 вѣсовыхъ частей 8,262 вѣсовыхъ частей плотнаго остатка; 36 лѣтъ спустя тѣмъ же изслѣдователемъ была найдена въ той же водѣ величина плотнаго остатка 8,241 вѣсовыхъ частей. Оба числа отличаются другъ отъ друга всего на 0,26% и такое постоянство состава воды этого источника является тѣмъ болѣе удивительнымъ, что за время этихъ 36 лѣтъ источникомъ было вынесено на дневную поверхность 59.640.000 килограммовъ растворенныхъ солей, въ томъ числѣ 49.000.000 килограммовъ поваренной соли. Фрезеніусъ указываетъ, что колебанія хими-

то вод а, насыщенная углекислотой, причемъ эти послѣднія вы дѣленія сопровождаются шумомъ и шипѣніемъ.

Прекраснымъ примѣромъ восходящихъ углекислыхъ источниковъ являются источники Наугейма. Здѣсь, по Лепсіусу, въ долинѣ Уса по границѣ Рейнскихъ сланцевыхъ горъ существуютъ значительныя тектоническія липіи, отдѣляющія Таунусъ отъ его предгорій. Какъ разъ возлѣ Наугейма пересѣкаются двѣ системы такихъ трещинъ, именно болѣе древніе сбросы Нижнерейнскихъ Сланцевыхъ горъ верхне-каменноугольнаго времени, простирающіеся съ WSW на ONO, и болѣе молодыя третичныя трещины, которыя тянутся съ Нижне-рейнской низменности черезъ Веттерау на ONO. Непосредственно ниже города Наугейма громадный массивъ средне-девонскихъ стрингоцефаловыхъ известняковъ по сбросовымъ трещинамъ опустился ниже кварцитовъ, слагающихъ гору Іоганнисбергъ въ хребтѣ Таунуса. Величина сброса достигаетъ 2600 метровъ. Кварциты и девонскіе сланцы образуютъ лежачій бокъ сбросовой трещины, падающей подъ угломъ 78°, и очень трудно проницаемы для воды. Въ средне-девонскомъ известнякѣ также содержится рядъ включеній мергелистыхъ глинистыхъ сланцевъ и мергелей, падающихъ подъ угломъ 53—60°. Въ нижнихъ горизонтахъ стрингоцефаловаго известняка циркулируетъ соленая вода, которая находится подъ естественнымъ напоромъ со стороны Таунуса и поднимается вверхъ по сбросовой трещинѣ. Эта вода выходила бы здѣсь въ видѣ источниковъ на поверхность, если бы этому не препятствовали третичныя и дилювіальныя отложенія, покрывающія выходы породъ болѣе древнихъ системъ. По этимъ же трещинамъ поднимается вверхъ и углекислота, увлекающая съ собою соленую воду, циркулирующую въ породахъ на глубинѣ 200 метровъ подъ поверхностью земли. Подъемъ воды углекислотой можно сравнить съ тѣмъ, что происходитъ при откупориваніи бутылки съ сельтерской водой; въ послѣднемъ случаѣ также вода подъ напоромъ углекислаго газа подымается выше своего первоначальнаго уровня. Поднимающіяся вверхъ углекисло-соленыя воды смѣшиваются въ водопроницаемыхъ поверхностныхъ горизонтахъ съ грунтовой водой, причемъ, благодаря примѣси послѣдней, понижается ихъ температура и уменьшается концентрація солей, содержащихся въ растворѣ. Для избѣжанія обоихъ этихъ, понижающихъ качество воды источниковъ, условій, еще въ началѣ прошлаго столѣтія были сдѣланы попытки захватить минеральную воду въ болѣе глубокихъ горизонтахъ помощью буровыхъ скважинъ; такимъ образомъ получился рядъ бьющихъ источниковъ (шпруделей), температура и соленость которыхъ тѣмъ выше, чѣмъ

ческаго состава минеральной воды тѣмъ незначительнѣе, чѣмъ выше температура источника. Къ этому можно еще добавить: и чѣмъ равномѣрнѣе дебитъ его. Постоянство температуры и дебита съ очевидностью указываетъ на то, что источникъ не зависитъ отъ смѣны временъ года и отъ климатическихъ, метеорологическихъ и геологическихъ измѣненій на земной поверхности. Если же послѣдняя зависимость наблюдается, то она неизбѣжно отражается на химическомъ составѣ воды источника и на его дебитѣ. Смѣна временъ года влечетъ за собою колебанія температуры, какъ указывалось уже въ 21 главѣ, зависимость источника отъ колебанія количества выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ сказывается на дебитѣ, а также на химическомъ составѣ, благодаря подтоку воды съ иными соотношеніями растворенныхъ въ ней веществъ. Вообще говоря, колебанія въ химическомъ составѣ не достигаютъ особо значительной величины и не могутъ идти въ сравненіе съ колебаніями дебита. Послѣдній находится въ прямой зависимости отъ количества осадковъ, причемъ наинизшая величина дебита можетъ падать до $^1/_{200}$ наивысшаго. Чѣмъ скорѣе выпаденіе большого количества осадковъ отражается на источникѣ, тѣмъ быстрѣе увеличивается его дебитъ. Къ особенно быстро реагирующимъ въ этомъ отношеніи относятся большіе пластовые источники, вытекающіе изъ сильно водопроницаемыхъ известняковъ Швейцарской и Швабской Юры и известковыхъ Альпъ. Сюда принадлежитъ, по Гейму, источникъ Сенъ-Сюльписъ въ Юрѣ, котораго минимальный дебитъ равняется 1 куб. метру въ секунду, причемъ послѣ сильныхъ дождей въ области питанія онъ увеличивается до 100 куб. метр. въ 1 секунду, вслѣдствіе чего и происходятъ большія наводненія; таковъ-же источникъ Флешлохъ въ долинѣ Вегги, минимальный дебитъ котораго въ февралѣ равняется 4,98 куб. метр. въ минуту (5000 литровъ); въ среднемъ онъ равняется 30 куб. метр. въ минуту, а черезъ 24 часа послѣ выпаденія большого количества осадковъ повышается до 250 куб. метровъ. Всѣ подобные источники считаются плохими, такъ какъ они доставляютъ плохо профильтрованную воду.

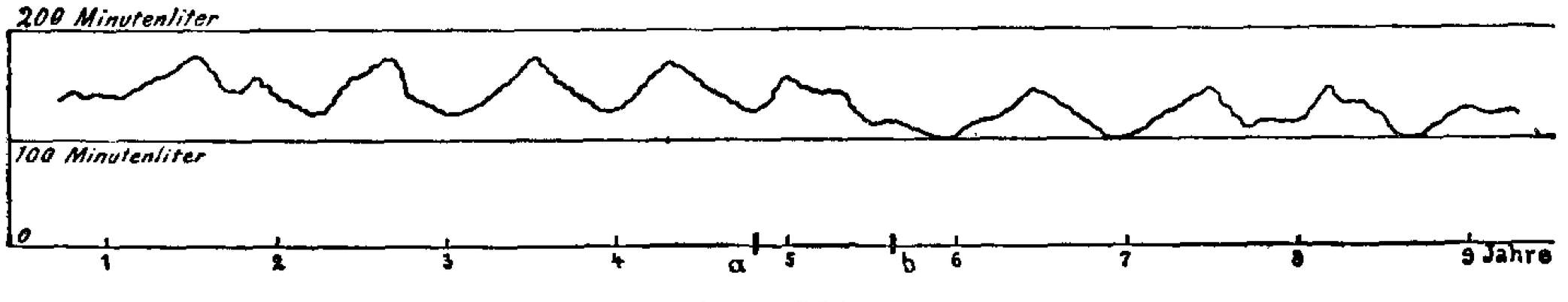
А. Геймъ пишетъ мнѣ по этому поводу слѣдующее:

„Отношеніе между минимальной и максимальной величиной дебита для плохихъ источниковъ равняется 1:20 до 1:200. Лучшіе источники даютъ болѣе выгодное соотношеніе $\frac{\text{минимумъ}}{\text{максимумъ}} = \frac{1}{10}, \frac{1}{5}, \frac{1}{2}$ и въ рѣдкихъ случаяхъ еще болѣе благопріятное. Изъ дилювіальныхъ отложеній, мощностью въ 200 метровъ, близъ Зольшпрунга вытекаютъ источники, колебаніе дебита которыхъ

ность источниковъ меньше, но зато отличается бо́льшимъ постоянствомъ. Чѣмъ большей равномѣрностью дебита отличается источникъ, тѣмъ лучше фильтруется вода и тѣмъ лучше онъ съ санитарной точки зрѣнія; наоборотъ, при большихъ колебаніяхъ производительности, источникъ хуже въ санитарномъ отношеніи.

Въ каждомъ селеніи, водоснабженіе котораго основано на родниковой водѣ, слѣдуетъ настойчиво рекомендовать установку водомѣровъ для того, чтобы изъ года въ годъ еженедѣльно измѣрять дебитъ источниковъ. Изъ этихъ измѣреній получатся данныя для отвѣта на цѣлый рядъ вопросовъ общаго и спеціальнаго характера, имѣющихъ большое практическое значеніе. Для примѣра укажу на слѣдующее:

На источникѣ, водою котораго снабжается селеніе, отражается углубленіе другого источника на разстояніи около 1 километра. Точныя измѣренія въ теченіе ряда лѣтъ даютъ слѣдующую кри-



Фиг. 226.
a. Вблизи начато углубленіе. b. Углубленіе закончено.

вую постепеннаго паденія производительностью (ординаты = дебиту въ литрахъ въ минуту; фиг. 226).

Такимъ образомъ, какъ видно изъ кривой, величина минимальнаго дебита понизилась на 30 метровъ въ минуту послѣ углубленія новаго источника: ранѣе она равнялась 130 метровъ въ 1 минуту, теперь же всего 100 метровъ.

Только продолжительныя наблюденія могутъ гарантировать въ данномъ случаѣ отъ ошибочныхъ заключеній, которыя могли бы быть сдѣланы, благодаря случайнымъ отклоненіямъ въ отдѣльные годы.

Другой примѣръ, взятый изъ практики:

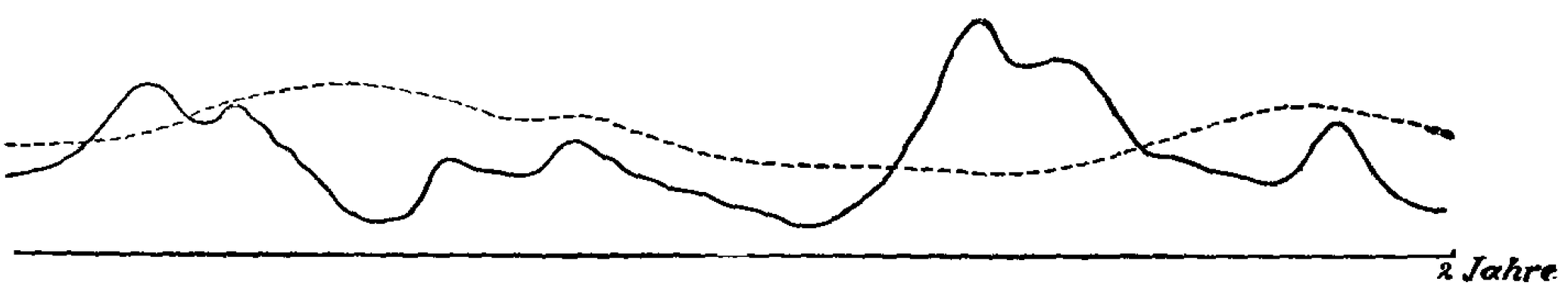
Въ одномъ селѣ производился каптажъ источника и устраивался водопроводъ. Одинъ изъ мѣстныхъ жителей, устраивавшій тамъ же дренажъ, сдѣлалъ въ водопроводной трубѣ отверстіе, но закрылъ его пробкой до того времени, когда возможно было бы, не внушая подозрѣній, воспользоваться водою изъ водопровода. Спустя три года онъ однажды ночью вынулъ эту пробку и направилъ часть воды къ себѣ. Измѣренія въ сельскомъ водопроводѣ представляются въ видѣ слѣдующей кривой (фиг. 227).

происходитъ въ предѣлахъ всего 5—10%! У всѣхъ мало измѣняющихся въ отношеніи дебита источниковъ наступленіе максимумовъ и минимумовъ сильно запаздываетъ по сравненію съ таковыми же атмосферныхъ осадковъ; степень измѣненія въ обоихъ случаяхъ одинакова.

Хорошіе источники въ нашихъ мѣстахъ обнаруживаютъ максимумъ дебита спустя 2—3 мѣсяца послѣ максимума осадковъ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ запаздываніе бываетъ еще сильнѣе, напримѣръ, въ термахъ Бадена въ Швейцаріи — на $1^1/_2$—2 года (см. стр. 348).

Весною и раннимъ лѣтомъ дебитъ источниковъ сильно увеличивается и отличается постоянствомъ въ томъ случаѣ, если зима была снѣжная и если снѣгъ выпалъ до начала морозовъ на незамершую землю; наоборотъ, въ случаѣ выпаденія снѣга зимою послѣ наступленія морозовъ на успѣвшую уже замерзнуть



Фиг. 225.

Кривыя дебита:
——— = плохой источникъ съ большими колебаніями дебита,
..... = хорошій источникъ, отличающійся постоянствомъ дебита;
абсциссы = время,
ординаты = дебитъ въ литрахъ въ минуту.

землю, дебитъ источниковъ увеличивается мало и періодъ весенняго максимума очень коротокъ. Во второмъ случаѣ, благодаря быстрому стоку снѣговыхъ водъ, легко происходятъ паводненія.

Снѣговыя воды для питанія источниковъ имѣютъ большее значеніе, чѣмъ дожди.

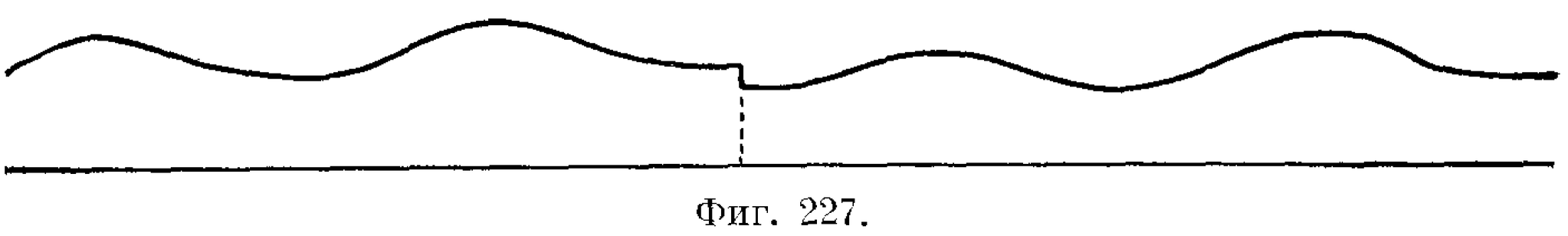
Въ Цюрихскихъ горахъ, какъ и въ Англіи, наблюдалось, что въ районахъ источниковъ просачивается въ землю 30—50% осадковъ, выпавшихъ въ видѣ дождя, и 70—90% снѣговыхъ водъ.

Чѣмъ больше времени потребно просачивающейся водѣ для прохожденія отъ пункта выпаденія осадковъ, до водосборнаго бассейна источника, тѣмъ менѣе колебанія дебита; чѣмъ выше минимальный дебитъ (пропорціонально водосборной площади), тѣмъ большую цѣнность представляетъ источникъ.

При легко проницаемыхъ породахъ образуются многоводные источники, но съ сильными колебаніями дебита (известняковыя породы), при менѣе водопроницаемыхъ породахъ производитель-

Время незаконнаго захвата и количество перехваченной воды ясно видно изъ этой кривой".

Наряду съ правильными періодическими колебаніями дебита источника, наблюдаются еще внезапныя или же медленно развивающіяся измѣненія, вызываемыя или естественными причинами, или дѣятельностью человѣка. Въ томъ и въ другомъ случаѣ часть воды, питавшей источники, можетъ найти себѣ болѣе удобный путь къ поверхности и направиться по нему, вслѣдствіе чего дебитъ источника уменьшится. Среди природныхъ факторовъ подобнаго рода прежде всего необходимо указать эрозію, оказывающую вліяніе не только на поверхностныя, но и на подземныя воды. На счетъ эрозіи относится исчезновеніе всѣхъ доселѣ бывшихъ въ данной области источниковъ; благодаря эрозіоннымъ же процессамъ, рано или поздно прекратятъ свое существованіе бьющіе и теперь источники. Вліяніе эрозіи сказывается чрезвычайно медленно и можетъ быть подмѣчено лишь непрерывными контрольными измѣреніями. Другимъ при-



Фиг. 227.

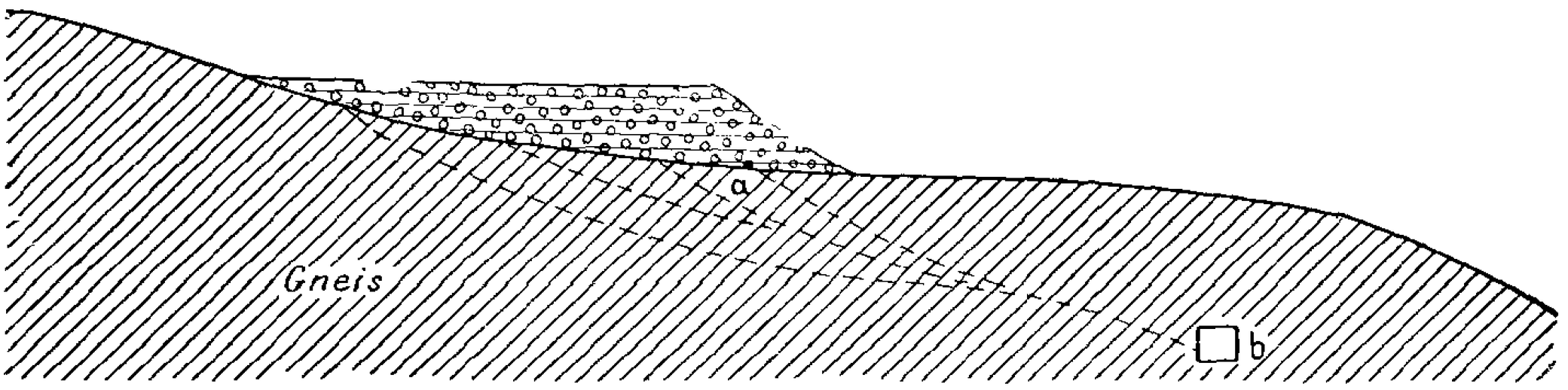
роднымъ же факторомъ, вызывающимъ медленное уменьшеніе или увеличеніе дебита источниковъ, является постепенное съуживаніе или расширеніе тѣхъ путей, по которымъ вода притекаетъ къ источнику. Съуженіе и закупориваніе подземныхъ протоковъ можетъ происходить или вслѣдствіе отложенія механически подвѣшенныхъ въ водѣ твердыхъ минеральныхъ частицъ, или же вслѣдствіе выпаденія изъ раствора растворенныхъ въ водѣ веществъ. Оба эти процесса вызываютъ общее уменьшеніе дебита источника, которое, въ концѣ концовъ, можетъ закончиться совершеннымъ его прекращеніемъ. Расширеніе подземныхъ протоковъ происходитъ вслѣдствіе растворяющаго дѣйствія циркулирующей по нимъ воды и чаще всего наблюдается въ известняковыхъ и доломитовыхъ толщахъ. Положеніе пункта выхода источника и дебитъ его измѣняются вслѣдствіе этой причины, въ особенности въ карстовыхъ областяхъ (см. 34 главу).

А. Геймъ, какъ онъ сообщаетъ мнѣ, путемъ многократныхъ наблюденій установилъ, что вліяніе процессовъ размыва сказывается въ теченіе ряда лѣтъ, и новое равновѣсіе устанавливается лишь черезъ 3, 4, 5, 10, 20 и болѣе лѣтъ. Путемъ уничтоженія углубленій, произведенныхъ размывомъ, вообще говоря, никогда

нельзя направить воду на прежній путь, потому что въ почвѣ произошли уже серьезныя измѣненія, одни протоки занесены иломъ, другіе, наоборотъ, расширились. Геймъ сообщилъ мнѣ слѣдующіе примѣры:

Въ Бюлахѣ существовали источники изъ моренныхъ отложеній Делленберга. Затѣмъ черезъ Делленбергъ былъ проведенъ туннель въ моренныхъ отложеніяхъ и молассахъ. Притокъ воды въ туннель постепенно увеличивался и, наконецъ, черезъ 15 лѣтъ, выше расположенные источники прекратили свое существованіе.

Въ Лауфенбургѣ на Рейнѣ (Швейцарія) источники питались водою изъ делювіальныхъ толщъ Шварцвальда. Подъ ними въ гнейсахъ въ концѣ 60-хъ годовъ былъ проведенъ туннель. Источники въ 1885 г. постепенно стали уменьшаться и, наконецъ, вода появилась въ туннелѣ (фиг. 228).



Фиг. 228.
a. Каптажъ источника до 1885 г., b. туннель.

Наблюденія надъ вліяніемъ землетрясеній на грунтовыя воды и источники представлены Гёрнесомъ[1]) въ его работѣ, посвященной этому вопросу; я приведу изъ нея нѣсколько примѣровъ. Землетрясенія, являющіяся предвѣстниками вулканическихъ изверженій, часто влекутъ за собою измѣненія температуры, дебита и вообще всего режима источниковъ всего района, въ которомъ разразилось землетрясеніе. Такъ, напримѣръ, на о. Исхія послѣдствіемъ сотрясеній 1880 г. явилось то, что прѣсноводные источники начали давать болѣе теплую и мутную воду; температура минеральныхъ источниковъ повысилась, дебитъ ихъ уменьшился. Во время землетрясенія 1883 г. производительность одного источника, расположеннаго на востокъ отъ Форіо, дававшаго до того времени огромныя количества прекрасной питьевой воды, уменьшился, причемъ вода сдѣлалась мутной и стала издавать западъ сѣроводорода. Это измѣненіе режима источника произошло за 10 дней до сильнаго землетрясенія 28 іюля. Черезъ 10 дней послѣ него вода потеряла мутность и запахъ сѣроводорода и снова сдѣлалась прекрасной питьевой водою. Но черезъ

1) „Zeitschr. f. Balneol.“ III, 3. S. 65 -73.

7—8 дней снова наступило ухудшеніе. Температура и выдѣленіе пара изъ горячихъ источниковъ Казамиччіолы сильно повысились во время этого разрушительнаго землетрясенія. Съ другой стороны, многочисленныя землетрясенія въ области Флегрейскихъ полей близъ Поццуоли и Гаэты, а равно и вулканическія явленія сбразованіе Монте-Нуово, опусканіе и поднятіе храма Сераписа) ничуть не отразились въ теченіе тысячелѣтій на мѣстоположеніи и производительности источниковъ. Къ числу послѣднихъ принадлежитъ, напримѣръ, источникъ Кантарелле, выходящій подъ храмомъ Сераписа и эксплоатировавшійся еще во времена владычества римлянъ; изверженіемъ Монте-Нуово въ 1538 г. онъ былъ засыпанъ, но при изысканіяхъ въ 1738 г. снова былъ найденъ на прежнемъ мѣстѣ. Близъ Гаэты до сихъ поръ вытекаетъ холодный источникъ, устье котораго было обдѣлано еще греками.

Болѣе грандіозныя и распространяющіяся на большую площадь тектоническія землетрясенія нерѣдко производятъ значительныя измѣненія въ режимѣ грунтовыхъ водъ и источниковъ и притомъ не только вблизи отъ эпицентра, но и на далекомъ разстояніи отъ него. При многихъ сильныхъ землетрясеніяхъ наблюдалось, что изъ трещинъ въ водоносныхъ породахъ изливались жидкій илъ и вода, причемъ одновременно съ этимъ образовывались провалы, занимавшіе иногда большую площадь. Такое явленіе произошло во время извѣстнаго Валахскаго землетрясенія въ нижнемъ теченіи Дуная 11 января 1838 г.; послѣдствіемъ землетрясенія было образованіе многочисленныхъ трещинъ на аллювіальной равнинѣ Дымбовицы до р. Серета, изъ которыхъ во многихъ мѣстахъ били фонтаны воды высотою въ нѣсколько клафтеровъ [1]). Подобное же явленіе произошло во время землетрясенія 26 января 1812 г. на берегахъ Миссисипи близъ Новаго Мадрида. По сообщенію очевидца Бренгье, во многихъ мѣстахъ здѣсь забили фонтаны воды, сопровождавшіеся громкими взрывами: вода выбрасывала куски обугленнаго дерева, обращавшіеся въ пыль, поднимавшуюся на 10—15 футовъ. Въ то же время произошелъ провалъ поверхности и надъ послѣднею поднялась черная жидкость, доходившая почти до брюха лошади. Совершенно аналогичныя явленія наблюдались 12 января 1862 г. во время сильнаго землетрясенія въ области Южнаго Байкала, въ особенности въ дельтѣ впадающей въ него рѣки Селенги. Степь, расположенная къ востоку отъ Селенги и извѣстная подъ названіемъ Бурятской низменности, опустилась на площади длиною 21 километръ и шириною 9,5—15 километровъ; вода появи-

1) 1 клафтеръ = 6 футовъ.

лась отовсюду, забили многочисленные источники и, наконецъ, воды Байкала устремились на опустившуюся часть суши и покрыли ее сплошнымъ водянымъ покровомъ. Во многихъ мѣстахъ появились бьющіе источники, напримѣръ, между селомъ Дубининымъ и Саганской степью. Въ селеніи Кудара деревянныя крышки колодцевъ были выбиты вверхъ, какъ пробки изъ бутылокъ, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ забили фонтаны теплой воды на высоту 3 саженей (6,4 метра).

Очень подробно описано, по собственнымъ наблюденіямъ Ю. Шмидта, опусканіе на значительномъ протяженіи берега Коринѳскаго залива, вслѣдствіе сильнаго землетрясенія, происшедшаго 26 декабря 1861 г., образованіе здѣсь многочисленныхъ трещинъ и выбрасываніе изъ нихъ песка, грязи, воды и газовъ, причемъ образовалось много небольшихъ песчаныхъ конусовъ.

Въ очень большомъ масштабѣ аналогичныя же явленія происходили во время грандіозныхъ колебаній земной коры въ Калабріи въ 1873 г. Во время этого землетрясенія на аллювіальныхъ равнинахъ образовалась масса песчаныхъ конусовъ, что, по мнѣнію Гамильтона, объясняется тѣмъ, что при подъемахъ и опусканіяхъ почвы вода толчками выбрасывалась вверхъ по трещинамъ. Въ Піанура ди Розарно произошло около пятидесяти круглыхъ проваловъ почвы, величиною въ вагонное колесо, иногда, впрочемъ, больше, иногда меньше. Въ тѣхъ случаяхъ, когда они бываютъ до 1—2 футовъ ниже поверхности наполнены водою, они производятъ впечатлѣніе источниковъ, обычно же они бываютъ заполнены лишь пескомъ, поверхность котораго часто вогнута, иногда же является и выпуклой. Если въ послѣднемъ случаѣ вырыть въ немъ ямку, то оказывается, что провалъ имѣетъ воронкообразную форму и что вода поднимается по волоснымъ трубкамъ въ мельчайшемъ пористомъ пескѣ. Края такихъ небольшихъ, похожихъ на перевернутый конусъ, углубленій разсѣчены множествомъ трещинъ, расходящихся лучеобразно во всѣ стороны. Подобныя же образованія наблюдались и во время большого землетрясенія въ Индіи въ 1897 г. Наиболѣе грандіозный масштабъ имѣло, однако, истеченіе воды изъ опустившейся аллювіальной страны при землетрясеніи 1819 года, когда образовалась „Уллахъ-бунтъ“ или „Божья плотина“, которая, впрочемъ, не заслуживаетъ названія плотины, потому что представляетъ только оставшійся безъ движенія массивъ аллювіальныхъ отложеній среди опустившейся области. Алекс. Бёрнсъ пишетъ, что тогда въ Ранъ Каггъ образовалась масса трещинъ, изъ которыхъ въ теченіе трехъ дней происходило изверженіе громадныхъ коли-

чествъ черной воды съ иломъ, и что изъ колодцевъ въ области Бунни, примыкающей къ этой мѣстности, вода переливалась черезъ края до тѣхъ поръ, пока всѣ окрестности не были покрыты слоемъ воды до 6 и даже до 10 футовъ высотою.

Не менѣе значительнымъ является дѣйствіе землетрясеній и на источники. Въ особенности крупныя измѣненія режима (увеличеніе или уменьшеніе дебита, повышеніе или пониженіе температуры) происходятъ въ тѣхъ источникахъ, которыя вытекаютъ изъ наиболѣе глубокихъ слоевъ массивныхъ породъ въ области очага землетрясенія, т. е. въ термахъ и минеральныхъ источникахъ. Неоднократно замѣчались также нарушенія дѣйствія источниковъ, благодаря временному закупориванію или перемѣщенію выхода источника, и происхожденіе новыхъ. Изъ многочисленныхъ примѣровъ этого рода я приведу нѣсколько, заимствованныхъ мною у Гёрнеса.

Пониженіе температуры и уменьшеніе дебита различныхъ термальныхъ источниковъ при тектоническихъ землетрясеніяхъ можетъ имѣть причиной своей то обстоятельство, что, вслѣдствіе сотрясеній, ювенильная вода временно или навсегда находитъ себѣ новые пути. Это произошло, напримѣръ, въ термахъ Сутинско, вслѣдствіе Аграмскаго землетрясенія 9 ноября 1880 г. Ф. Венеръ пишетъ по этому поводу слѣдующее: температура главнаго источника равнялась 37,4° С. Черезъ два часа послѣ землетрясенія, когда понадобилась вода для ваннъ, оказалось, что количество пара въ ней уменьшилось и температура понизилась до 34,2° С. Эта пониженная температура продержалась пять сутокъ, а на шестыя снова повысилась. Однако, парообразованіе въ день моего посѣщенія (24 ноября) еще не поднялось до прежнихъ размѣровъ. Температура второго, болѣе холоднаго источника понизилась съ 30° до 22,5° С. Въ Крапина-Тёплицъ землетрясеніе 9 ноября ничуть не отразилось на температурѣ источниковъ, ни непосредственно вслѣдъ за землетрясеніемъ, ни позднѣе. Вода, впрочемъ, сдѣлалась мутной и дебитъ источниковъ на короткое время повысился; къ полудню оба эти явленія прекратились и источники снова стали давать безукоризненно прозрачную воду въ прежнихъ количествахъ.

Сильное вліяніе на температуру горячихъ источниковъ оказало большое землетрясеніе 22 апрѣля 1783 г., причинившее большіе убытки въ Коморнѣ и Будапештѣ. Л. Г. Жейтелесъ (Jeittelles) пишетъ по этому поводу въ своей работѣ по исторіи Судетскихъ землетрясеній, на основаніи сообщеній вѣнскихъ періоди-

---

1) „Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges.“ 1860.

ческихъ изданій, слѣдующее[1]): въ Офенѣ новыя ванны „in civitate Rascianorum“ съ этого времени сдѣлались гораздо горячѣе и обильнѣе водою. Въ Виніе (желѣзистыя ванны) близъ Хемница источники послѣ землетрясенія сдѣлались горячѣе, чѣмъ были раньше, „ut id omnes balneatores testantur“ (по свидѣтельству всѣхъ купающихся). Равнымъ образомъ у того же автора находимъ сообщеніе, заимствованное у Антона Ширмай[1]), что послѣ землетрясенія 1713 г. въ Хегьялья (Токайскіе виноградники) появились сѣрнистые источники въ Бекешѣ въ Земплинскомъ комитатѣ.

Очень интересный въ разныхъ отношеніяхъ примѣръ образованія новыхъ источниковъ вдоль термальной линіи Вѣны, извѣстной также и въ качествѣ сейсмической линіи, приводитъ Эдуардъ Зюссъ[2]), по Кейблингеру: 23 апрѣля 1826 г. между 3 и 4 часами пополудни забилъ источникъ изъ ямы въ одномъ огородѣ близъ Леоберсдорфа. Владѣльцы огорода за нѣсколько дней до этого слышали во время работы глухой подземный гулъ. Въ день появленія этотъ гулъ усилился, земля затряслась, поднялась буря, во время которой въ огородѣ забилъ источникъ на высоту 6 футовъ въ видѣ струи въ руку толщиною; очень скоро, впрочемъ, бьющая струя сильно уменьшилась и образовался круглый водный бассейнъ. Этотъ источникъ, расположенный какъ разъ на термальной линіи, существуетъ и понынѣ среди полей; надъ нимъ воздвигнута часовня и онъ слыветъ среди населенія за цѣлебный.

Областью, въ которой термальныя и сейсмическія линіи самымъ тѣснымъ образомъ связаны между собою, является Македонія. Всѣ геологи и географы, изучавшіе эту страну, издавна являющуюся ареной многихъ землетрясеній, въ особенности же Цвіичъ и Эстрейхъ, указываютъ на почти постоянное нахожденіе горячихъ источниковъ вдоль линій разлома, пересѣкающихъ эту страну.

Во время Салоникскаго землетрясенія 5 іюля 1902 г. вліяніе послѣдняго появилось какъ на холодныхъ, такъ и на горячихъ источникахъ, не говоря уже о томъ, что изъ аллювіальныхъ отложеній поднялась грунтовая вода, какъ это бываетъ почти при каждомъ болѣе сильномъ землетрясеніи; во время этого землетрясенія такое явленіе наблюдалось близъ Гювене и Аракли въ плейстосейстовой области. Въ термахъ Баньско близъ Струмицы

---

1) Anton de Szirmay. Notitia topographica-politica inclyti com. Zempleniensis, Budae 1803.

2) E. Suess. Monographie der Erdbeben Niederoesterreichs. „Denkschr. d. Wiener Akademie“ 1875.

и Негорче близъ Джегели повысилась температура и увеличился дебитъ.

Особенно многочисленные случаи измѣненія источниковъ произошли во время землетрясенія 4 апрѣля 1904 г. Почти во всѣхъ термахъ Македоніи послѣ этого землетрясенія производительность увеличилась, и притомъ въ большинствѣ случаевъ это увеличеніе было длительнаго характера, лишь въ нѣсколькихъ отдѣльныхъ случаяхъ дебитъ черезъ 2 дня вернулся къ первоначальной величинѣ. Въ нѣкоторыхъ пунктахъ появились новые термальные источники, какъ, напримѣръ, въ Симитли къ сѣверу отъ дефиле Кресна. Здѣсь и до землетрясенія во многихъ мѣстахъ были выходы горячихъ источниковъ, какъ въ сѣверо-восточномъ, такъ и въ юго-восточномъ концѣ села, расположеннаго на террасѣ р. Струмы, на высотѣ 6—8 метровъ надъ рѣкою. Горячіе источники выходили на склонѣ этой террасы; въ юго-западной части села имѣлись даже горячія ванны, разрушенныя землетрясеніемъ. Въ обоихъ районахъ послѣ землетрясенія появились новые выходы горячихъ источниковъ, нѣсколько менѣе значительныхъ въ сѣверо-восточной части и гораздо болѣе значительныхъ и горячихъ — въ юго-западной. Въ послѣдней образовались богатые водою источники въ довольно значительномъ разстояніи отъ существовавшихъ уже ранѣе, приблизительно въ 500 шагахъ отъ Струмы, на табачной плантаціи по ту сторону улицы. Гёрнесъ, измѣривъ 24 апрѣля температуру воды въ нѣсколькихъ новыхъ источникахъ, нашелъ, что она равняется 58° С. Одинъ изъ самыхъ богатыхъ источниковъ съ нѣсколько болѣе холодной водою (51° С.) образовалъ настоящій ручей, прекрасно замѣтный среди поля, такъ какъ вдоль его извилистаго русла поднимался паръ, вслѣдствіе соприкосновенія горячей воды съ холоднымъ влажнымъ воздухомъ.

Всѣ до сихъ поръ указанныя явленія весьма понятны, такъ какъ всѣ они происходили въ мѣстностяхъ, подвергавшихся землетрясеніямъ, вслѣдствіе которыхъ и происходили измѣненія въ источникахъ. Гораздо труднѣе объяснить измѣненіе режима источниковъ подъ вліяніемъ отдаленныхъ землетрясеній. Въ этомъ отношеніи особенно замѣчательно Лиссабонское землетрясеніе 1 ноября 1755 г. Хотя Кнеттъ и утверждалъ, что сообщеніе о томъ, будто Карлсбадскій шпрудель, вслѣдствіе Лиссабонскаго землетрясенія, временно пересталъ давать воду, является совершенно невѣроятнымъ и даже ложнымъ, однако Лаубе подтвердилъ, что въ день землетрясенія главный источникъ Теплица сперва началъ давать мутную воду, а затѣмъ на нѣсколько минутъ совершенно прекратилъ подачу воды; послѣ этого дебитъ

его сильно увеличился и въ водѣ оказалось присутствіе большихъ количествъ желѣзныхъ соединеній. Объясненіе этому замѣчательному явленію далъ Э. Зюссъ въ своей работѣ, посвященной этому вопросу [1]). Онъ указываетъ на извѣстное всѣмъ физическое явленіе, что встряхиваніе насыщенной газомъ жидкости влечетъ за собою выдѣленіе газа и обильное образованіе пузырей, что легко можетъ видѣть всякій при откупориваніи бутылки съ сельтерской водою. Еще значительнѣе, чѣмъ при движеніи всего водяного столба, происходитъ выдѣленіе газа въ томъ случаѣ, если жидкость подвергается молекулярному колебательному движенію, вродѣ движенія звуковыхъ волнъ, какъ показываютъ опыты Гернеца. Онъ наливалъ насыщенную газомъ жидкость въ стеклянную трубку и, проводя смычкомъ по нижней части ея, производилъ звуковыя волны, причемъ происходило энергичное образованіе пузырей газа. При опредѣленномъ содержаніи газа въ растворѣ, выдѣленіе его шло столь энергично при началѣ звуковыхъ волнъ, что жидкость выплескивалась изъ трубки. Систему трещинъ Теплицкихъ термъ можно, по Зюссу, разсматривать, какъ огромной длины трубку, наполненную сильно газированной водой. Эластическія колебанія горныхъ породъ, вызванныя отдаленнымъ землетрясеніемъ, можно сравнить съ колебательными звуковыми движеніями стеклянной трубки, причемъ происходитъ внезапное выдѣленіе газа и столь-же внезапный подъемъ жидкости. Зюссъ совершенно правильно замѣчаетъ, что въ пользу такого объясненія говоритъ продолжительность колебаній, вызываемыхъ отдаленнымъ землетрясеніемъ. То обстоятельство, что продолжительность колебаній увеличивается по мѣрѣ удаленія отъ очага землетрясенія, обнаруживается всѣми чувствительными сейсмометрами; такъ, напримѣръ, при сильномъ землетрясеніи въ Японіи сейсмометры въ Страсбургѣ или Лайбахѣ обнаруживаютъ колебанія въ теченіе многихъ часовъ.

Начавшееся сразу волненіе верхнихъ слоевъ можетъ нарушить связность частицъ отложеній охры, благодаря чему происходитъ помутнѣніе воды, вызывающее непродолжительное уменьшеніе дебита источника. Пузыри газа, выдѣляющіеся изъ болѣе глубокихъ частей водяного столба, должны затратить нѣкоторое время для преодолѣнія этого препятствія, послѣ чего начинается уже усиленное истеченіе воды, какъ выше описано.

---

1) „Verhandl. d. K. K. Geol. Reichsanstalt“ 1900.

7. Химія подземныхъ водъ.

ГЛАВА 53.

Общія соображенія о химіи минеральныхъ водъ [1]).

Разрѣшеніе вопроса о томъ, въ какомъ состояніи находятся вещества, растворенныя въ водѣ, не можетъ быть достигнуто при посредствѣ одной аналитической химіи, такъ какъ освѣщеніе и пониманіе результатовъ анализа въ большой степени зависитъ отъ господствующихъ въ данное время химическихъ теорій; въ особенности это имѣетъ значеніе по отношенію къ главнѣйшей составной части воды — различнымъ солямъ, опредѣляемымъ качественно и количественно. Очевидно, что при анализѣ минеральной части воды опредѣляются, напримѣръ, извѣстныя количества не поваренной соли, а только ея составные элементы — хлоръ и натрій; не горькая соль, — а магній и сѣрная кислота. Въ какомъ состояніи находятся въ водѣ найденныя отдѣльныя части — объ этомъ анализъ не даетъ никакихъ указаній. Въ прежнее время предполагали, что вещества минеральныя находятся въ растворѣ въ видѣ солей. Если находили въ водѣ хлоръ и натрій, то принимали, что въ ней присутствуетъ поваренная соль; присутствіе магнія и сѣрной кислоты указывало на содержаніе въ водѣ горькой соли. При этомъ всегда возникалъ затруднительный вопросъ, какимъ образомъ распредѣляются отдѣльные составные элементы между различными солями и какія комбинаціи солей существуютъ въ дѣйствительности, въ виду того, что въ водѣ всегда содержится много отдѣльныхъ составныхъ частей.

Въ томъ случаѣ, напримѣръ, который мы указывали выше, когда въ водѣ были опредѣлены эквивалентныя, т. е. пропорціональныя пайнымъ вѣсамъ, количества натрія, магнія, хлора, сѣрной кислоты, возникаетъ затруднительная необходимость выбирать между различными возможными комбинаціями — сѣрнокислый натрій и хлористый магній, или хлористый натрій и сѣрнокислый магній, или предполагать одновременное присутствіе всѣхъ четырехъ солей вмѣстѣ. Такъ какъ въ минеральныхъ водахъ обычно находится еще больше составныхъ частей, то всегда возможно болѣе или менѣе большое число различныхъ комбинацій отдѣльныхъ элементовъ. Для того, чтобы принять ту или иную комбинацію, химическія теоріи не даютъ никакихъ непоколебимыхъ основаній.

---

1) По Th. Paul въ: Deutsches Bäderbuch, S. XXXVII—XLIII.

временная теорія растворовъ, которую слѣдуетъ разсмотрѣть болѣе подробно, въ виду ея большого значенія для химіи минеральныхъ водъ.

Если кристаллическую поваренную соль (NaCl) бросить въ воду, то соль постепенно начинаетъ исчезать — растворяться, т. е. получается жидкая гомогенная смѣсь воды и поваренной соли, которую называютъ воднымъ растворомъ поваренной соли. Въ этомъ водномъ растворѣ, по прежнимъ воззрѣніямъ, вмѣстѣ съ молекулами воды — H_2O — находились молекулы поваренной соли. Аналогичный процессъ происходитъ, если, вмѣсто поваренной соли, въ водѣ растворить органическое соединеніе, напримѣръ, виноградный сахаръ ($C_6H_{12}O_6$): и въ этомъ случаѣ мы получаемъ жидкую гомогенную смѣсь воды и сахара. Въ полученномъ водномъ растворѣ сахара принимали тоже присутствіе молекулъ сахара ($C_6H_{12}O_6$) наряду съ молекулами воды. Поэтому казалось, что оба процесса въ указанныхъ растворахъ протекаютъ совершенно одинаково. Если же данные растворы мы разсмотримъ болѣе детально, то замѣтимъ существенную и характерную разницу между ними. Всѣмъ извѣстенъ фактъ, что водный растворъ поваренной соли имѣетъ болѣе низкую температуру замерзанія, чѣмъ чистая вода. Тогда какъ вода замерзаетъ при 0^0, растворъ солей, напримѣръ, морскую воду, можно охладить ниже 0^0, причемъ растворъ не замерзаетъ. Подобный опытъ можно произвести и съ воднымъ растворомъ виноградnаго сахара. Водный растворъ виноградnаго сахара, концентраціей въ 1 моль, т. е. содержащій въ единицѣ растворителя столько граммъ вещества, сколько единицъ содержитъ его молекулярный вѣсъ, въ данномъ случаѣ ($C_6H_{12}O_6 = 180$)[1]) 180 гр. на 1 кгр. воды, имѣетъ точку замерзанія при —1,85^0. Опытомъ было установлено, что точка замерзанія какого-либо раствора, т. е. температура, при которой появляется ледъ, понижается пропорціонально концентраціи раствора. Такъ, точка замерзанія раствора виноградnаго сахара въ

$$\text{полмоля} = \frac{180}{2} = 90 \text{ гр. на 1 кгр. воды, совпадаетъ съ } \frac{185}{2} = -0{,}93^0.$$

Вмѣстѣ съ тѣмъ, было найдено, что пониженіе температуры за-

1) „Моль“ обозначаетъ единицу вѣса, которая позволяетъ сравнивать свойства веществъ по ихъ молекулярному вѣсу. „Миллимоль“ — составляетъ тысячную часть моля. Одинаково „эквивалентный граммъ“ обозначаетъ количество вещества въ граммахъ по эквивалентному вѣсу; „эквивалентный миллиграммъ“ въ тысячу разъ меньшая единица. Такъ какъ эквивалентъ двухъ-трехвалентныхъ элементовъ и соединеній равенъ половинѣ или третьей части ихъ молекулярнаго вѣса, то для такихъ веществъ граммъ эквивалентный составляетъ половину или третью часть того количества, которое вычислено въ моляхъ.

мерзанія въ отдѣленномъ растворителѣ не зависитъ отъ химическихъ свойствъ растворенныхъ веществъ и для многихъ веществъ является весьма характернымъ свойствомъ. Въ общемъ, можно сказать, что совершенно безразлично, какое вещество мы растворяемъ, и если концентрація растворовъ эквимолекулярна (молекулярная концентрація растворовъ одинакова), т. е. если въ 1 гр. воды растворено одинаковое число молекулъ, то точка замерзанія такихъ растворовъ приблизительно совпадаетъ. Такъ, напримѣръ, точка замерзанія воднаго раствора мочевины ($CON_2H_4 = 60$), съ концентраціей въ полмоля $= \frac{60}{2} = 30$ гр. мочевины на 1 кгр. воды, лежитъ при $\frac{-1{,}85}{2} = -0{,}93^0$, т. е. совпадаетъ съ температурой замерзанія раствора виноградnаго сахара одинаковой концентраціи.

Существуетъ общій законъ, что водные растворы веществъ, содержащіе одинаковое число молекулъ на опредѣленное количество воды, имѣютъ одинаковую температуру замерзанія. Если путемъ растворенія новыхъ количествъ вещества увеличить количество молекулъ въ растворѣ, то тѣмъ самымъ соотвѣтственно понизится температура замерзанія раствора. Всѣ выведенныя для точки замерзанія растворовъ правила сохраняютъ свою силу и для точки кипѣнія растворовъ; вся разница заключается лишь въ томъ, что точка кипѣнія растворовъ повышается отъ увеличенія концентраціи раствора. Изъ обыденной жизни извѣстно, напримѣръ, что водные растворы поваренной соли или сахара въ открытомъ сосудѣ можно нагрѣть выше 100^0 С.

Исключенія изъ приведенной законности представляютъ какъ разъ тѣ вещества (солы, кислоты и основанія), которыя содержатся въ минеральныхъ водахъ въ преобладающемъ количествѣ. Если, напримѣръ, растворить въ 1 кгр. воды 58.5 гр. ($NaCl = 58.5$) поваренной соли, то растворъ этотъ, съ концентраціей въ 1 моль, будетъ замерзать не при $-1{,}85^0$, какъ это было при растворѣ виноградnаго сахара въ 1 моль, а ниже — при $-3{,}42^0$ С. Растворъ поваренной соли, слѣдовательно, дѣйствуетъ такъ, какъ будто въ растворѣ содержится почти вдвое большее количество молекулъ, чѣмъ это наблюдается въ растворѣ виноградnаго сахара, хотя концентрація обоихъ растворовъ эквимолекулярна. Аналогичныя уклоненія отъ приведенной выше закономѣрности обнаруживаютъ растворы другихъ солей, а также сильныхъ кислотъ — какъ-то: соляной кислоты, азотной, и сильныхъ основаній, вродѣ ѣдкихъ щелочей. Всѣ водные растворы этихъ веществъ имѣютъ болѣе низкую температуру замерзанія и болѣе

Поэтому нѣкоторые аналитики ограничиваются одними экспериментальными данными при изслѣдованіи минеральныхъ водъ, т. е. они сообщаютъ, напримѣръ, лишь то количество хлористаго серебра, которое получилось при опредѣленіи хлора въ 1 кгр. минеральной воды. Подобный методъ хотя и имѣетъ то преимущество, что онъ свободенъ отъ всякихъ гипотезъ и потому всегда долженъ проводиться во всѣхъ аналитическихъ изслѣдованіяхъ, но за то по этому методу нельзя составить никакого яснаго представленія о составѣ воды, и поэтому для практическихъ цѣлей онъ не пригоденъ. Въ силу этого, является необходимымъ создать извѣстныя основанія, которыя, будучи несвободными отъ тѣхъ или иныхъ случайныхъ взглядовъ, все же позволяли бы комбинировать отдѣльныя составныя части въ соли и тѣмъ самымъ позволяли бы сравнивать какъ отдѣльные анализы одной и той же воды, такъ и различныхъ минеральныхъ водъ между собою. Такъ Р. Бунзенъ предложилъ въ 1871 году „группировать въ соли основанія и кислоты въ томъ порядкѣ, въ какомъ соли выкристаллизовываются изъ раствора при свободномъ испареніи и при одной, установленной для всѣхъ опытовъ, температурѣ, сообразно степени растворимости находящихся въ водѣ солей“. Съ другой стороны, Р. Фрезеніусъ выдвинулъ принципъ крѣпости кислотъ и основаній, по которому болѣе сильныя кислоты соединяются съ болѣе сильными основаніями; затѣмъ слѣдуютъ кислоты и основанія въ порядкѣ уменьшенія изъ крѣпости. Если всѣ сильныя основанія вполнѣ распредѣлены между сильными кислотами, то послѣднія соединяются съ слѣдующими по силѣ основаніями и т. д. Оба предложенія, какъ Бунзена, такъ и Фрезеніуса, помимо того, что они несвободны отъ теоретическихъ погрѣшностей, въ практическомъ отношеніи представляютъ много затрудненій. Принимая во вниманіе всѣ трудности, съ какими сопряжено комбинированіе солей въ минеральныхъ водахъ во всѣхъ теоретически возможныхъ направленіяхъ, Карлъ Танъ въ 1864 году совершенно отклонилъ попытки такъ или иначе группировать отдѣльные іоны въ соли и предложилъ считаться лишь съ непосредственными данными анализа о количествѣ отдѣльныхъ составныхъ элементовъ. Такимъ образомъ, количество хлористаго серебра онъ перечислялъ на хлоръ, количество сѣрнокислаго барія — на остатокъ сѣрной кислоты — SO_3, пирофосфорный магній — на магній. Этотъ методъ имѣетъ то преимущество, что, не прибѣгая къ какимъ-либо теоретическимъ предположеніямъ, даетъ возможность ясно понимать аналитическія данныя и по нимъ непосредственно сравнивать составъ различныхъ минеральныхъ водъ. Къ аналогичнымъ результатамъ пришла и со-

высокую точку кипѣнія, чѣмъ слѣдовало бы согласно теоретическимъ разсужденіямъ.

Какимъ же образомъ можно объяснить столь замѣчательное явленіе? Современная электрохимія указываетъ путь для наиболѣе полнаго и удачнаго рѣшенія этого вопроса.

Дѣло въ томъ, что между воднымъ растворомъ виноградnаго сахара и поваренной соли наблюдается существенная разница по отношенію къ электрическому току. Если мы погрузимъ въ водный растворъ виноградnаго сахара двѣ платиновыхъ пластинки, которыя соединены съ полюсами гальванической батареи, то гальванометръ, введенный въ эту замкнутую цѣпь, либо не покажетъ никакого отклоненія стрѣлки, или — такое малое отклоненіе, какое наблюдается при погруженіи платиновыхъ пластинокъ въ чистую воду. Виноградный сахаръ, равно какъ мочевина и многія другія органическія вещества, водные растворы которыхъ не проводятъ электрическаго тока, называются неэлектролитами, тогда какъ поваренная соль, водный растворъ которой проводитъ токъ, принадлежитъ къ электролитамъ. Вскорѣ послѣ того, какъ было установлено, что водные растворы солей, кислотъ и основаній проводятъ электрическій токъ, опытъ привелъ къ открытію, что при пропусканіи электрическаго тока черезъ растворъ солей всегда происходитъ химическое разложеніе раствора — электролизъ. Какимъ образомъ въ растворѣ электричество переносится отъ одного полюса къ другому и въ какой связи стоитъ разложеніе раствора съ пропусканіемъ тока, тогда не могли достаточно научно объяснить. Лишь позже пришли къ заключенію, что при дѣйствіи электрическаго тока молекулы соли, напримѣръ, поваренной, разлагаются на атомы, при чемъ атомы несутъ на себѣ положительный и отрицательный зарядъ электричества и въ этомъ состояніи іоновъ[1]) обусловливаютъ переносъ электричества отъ одного полюса къ другому. Движущіеся къ положительному полюсу — аноду — заряженные отрицательнымъ электричествомъ хлоръ-іоны (Cl-іоны) называются аніонами, заряженные же положительнымъ электричествомъ іоны натрія (Na-іоны), которыя движутся къ отрицательному полюсу — катоду, называются катіонами. При такомъ взглядѣ, іоны при соприкосновеніи съ электродами теряютъ свой зарядъ, такъ какъ электричество іона нейтрализуется обратнымъ по знаку электричествомъ электрода. Одновременно съ утратой электрическаго заряда, іоны

---

1) Слово „іонъ“ (*ἰών*, род. *ἰόντος* — идущій) взято изъ греческаго языка, какъ и другія многія обозначенія, введенныя въ науку Фарадеемъ въ половинѣ прошлаго столѣтія.

пріобрѣтаютъ характеръ атомовъ: хлоръ выдѣляется въ видѣ зеленовато-желтаго газа, а натрій разлагаетъ воду съ выдѣленіемъ водорода. Остается еще рѣшить вопросъ, происходитъ ли разложеніе электролита на іоны — въ нашемъ примѣрѣ съ поваренной солью распадъ молекулъ NaCl на положительный іонъ натрія (Na-іонъ) и отрицательный іонъ хлора (Cl-іонъ) — только при дѣйствіи электрическаго тока, или же процессъ іонизаціи происходитъ уже при растваренія соли безъ дѣйствія электричества. Въ послѣднемъ случаѣ въ растворѣ должны находиться свободные іоны натрія и хлора. То соображеніе, что, если бы разложеніе нейтральныхъ молекулъ NaCl-поваренной соли происходило лишь при пропусканіи электрическаго тока, то происходила бы извѣстная затрата работы электричества на разложеніе молекулъ, указываетъ съ большой вѣроятностью на присутствіе іоновъ въ обыкновенномъ водномъ растворѣ соли безъ дѣйствія электрическаго тока. Въ нѣкоторыхъ опытахъ, какъ, напримѣръ, при пропусканіи электрическаго тока черезъ растворъ азотнокислаго серебра, при чемъ примѣнялись серебряные электроды, было замѣчено, что растворъ проводитъ токъ безъ всякой замѣтной потери электрической энергіи. Подобная потеря энергіи должна была бы происходить, если бы разложеніе электрически нейтральныхъ $AgNO_3$ молекулъ на положительный іонъ серебра (Ag-іонъ) и отрицательный іонъ азотной кислоты (NO_3-іонъ) наступало впервые лишь при дѣйствіи электрическаго тока. Поэтому необходимо принять (Клаузіусъ, 1857), что при растваренія электролита, напримѣръ, поваренной соли, въ водѣ часть электрически нейтральныхъ молекулъ соли распадается на положительные и отрицательные іоны; значитъ, въ водномъ растворѣ поваренной соли всегда имѣется часть хлористаго натрія въ видѣ нейтральныхъ NaCl-молекулъ, другая же часть соли въ видѣ свободнаго отрицательнаго іона хлора (Cl-іоны) и свободнаго положительнаго іона натрія (Na-іоны).

Весьма существенное расширеніе приведенной теоріи было произведено работами С. Аррениуса, который доказалъ, что водные растворы тѣхъ веществъ, которыя въ растворенномъ состояніи проводятъ электрическій токъ, обнаруживаютъ болѣе низкую температуру замерзанія и болѣе высокую точку кипѣнія, чѣмъ это слѣдовало бы на основаніи теоретическихъ вычисленій по молекулярному вѣсу. По мнѣнію Аррениуса, указанныя явленія пониженія температуры замерзанія и повышенія точки кипѣнія растворовъ солей, связанныя со свойствами этихъ растворовъ проводить электрическій токъ, что какъ бы указываетъ на увеличеніе числа молекулъ растворенаго вещества при процессѣ

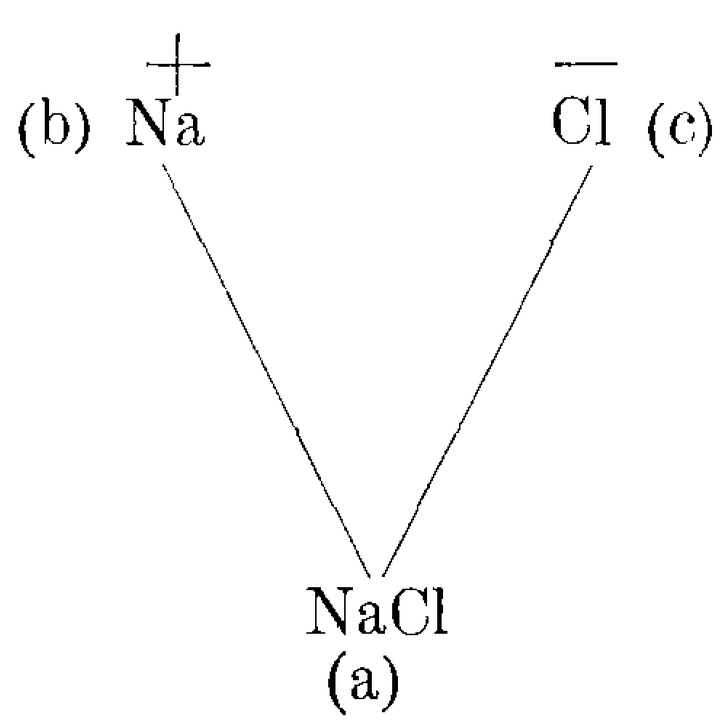
бальнеологія. Въ этомъ отношеніи весьма важно то, что явленія электролитической диссоціаціи мы не только можемъ по существу понимать, но и количественно изслѣдовать.

Для послѣдней цѣли даютъ достаточный матеріалъ опредѣленія точки кипѣнія и замерзанія воднаго раствора даннаго вещества, равно какъ измѣренія его электропроводности. Мы не имѣемъ возможности входить въ болѣе детальное разсмотрѣніе этихъ изслѣдованій; достаточно будетъ еще разъ указать на приведенную выше закономѣрность, что пониженіе температуры замерзанія раствора опредѣляется суммой растворенныхъ молекулъ и іоновъ. Если изъ анализа извѣстно общее количество растворенная вещества, то изъ наблюденнаго пониженія точки замерзанія раствора можно вычислить количество іоновъ и молекулъ, не распавшихся на іоны. По этому способу можно опредѣлить въ приведенномъ нами выше примѣрѣ съ растворомъ поваренной соли, имѣющемъ 58,5 гр. соли въ 1 кгр. воды, что пониженіе точки замерзанія $-3{,}42^0$, вмѣсто $-1{,}85^0$, указываетъ на то, что $84{,}9^0/_0$ молекулъ поваренной соли разложились на положительный іонъ натрія и отрицательный іонъ хлора. Такъ какъ отношеніе числа молекулъ электролита, распавшихся на іоны, къ общему числу молекулъ обозначаетъ степень электролитической диссоціаціи, то въ нашемъ примѣрѣ послѣдняя равна $84{,}9^0/_0$. Чѣмъ болѣе разбавленъ растворъ, т. е. чѣмъ меньше его концентрація, тѣмъ больше степень диссоціаціи растворенная вещества. Въ растворѣ поваренной соли, который въ сто разъ слабѣе, по сравненію съ вышеприведеннымъ, т. е. который содержитъ 0,6 гр. поваренной соли на одинъ литръ воды, можно для практическихъ цѣлей принимать, что соль находится въ полной электролитической диссоціаціи. Какъ мы видѣли, электропроводность зависитъ отъ количества іоновъ. Слѣдовательно, электропроводность есть также способъ измѣренія степени электролитической диссоціаціи, если извѣстно общее количество растворенная вещества. Поэтому съ помощью измѣреній электропроводности можно провѣрять тѣ числа электролитической диссоціаціи, которыя получены опредѣленіемъ точки замерзанія раствора. Опытомъ доказано, что полученныя различными способами величины удовлетворительно согласуются между собою, и это служитъ прекраснымъ доказательствомъ правильности всѣхъ теоретическихъ разсужденій.

Если всѣ изложенныя теоретическія разсужденія мы приложимъ къ химіи минеральныхъ водъ, которыя обычно содержатъ незначительныя количества солей на 1 кгр. воды, то придемъ къ заключенію, что почти всѣ растворенныя въ минеральныхъ во-

растворенія, могутъ быть объяснены лишь тѣмъ, что при растворенiи соли, кислоты или основанія въ водѣ происходитъ разложеніе молекулъ вещества на составныя части — іоны. Эти составныя части или іоны оказываютъ такое же дѣйствіе на пониженіе температуры замерзанія раствора, какъ и остальныя интактныя молекулы, и поэтому явленіе пониженія точки замерзанія или повышенія точки кипѣнія въ растворахъ электролитовъ слагается изъ дѣйствія молекулъ и іоновъ; пониженіе точки замерзанія или повышеніе точки кипѣнія въ растворахъ электролитовъ является результатомъ аддитивныхъ свойствъ молекулъ и іоновъ. Разложеніе молекулъ электролита на заряженные электричествомъ іоны, напримѣръ, поваренной соли на положительный іонъ натрія (Na-іонъ) и отрицательный іонъ хлора (Cl-іонъ), которое всегда происходитъ при растворенiи электролита въ водѣ и которое происходитъ при томъ безъ дѣйствія электрическаго тока, обозначаютъ терминомъ „электролитическая диссоціація“.

На основаніи теоріи электролитической диссоціаціи С. Арреніуса (1887), мы можемъ наглядно представить состояніе воднаго раствора поваренной соли въ видѣ слѣдующей схемы.



Въ данной схемѣ обозначаютъ:
a = недиссоціированныя молекулы хлористаго натрія,
b = положительные іоны натрія.
c = отрицательные іоны хлора.

Значеніе теоріи электролитической диссоціаціи заключается не только въ томъ, что она объясняетъ намъ сущность водныхъ растворовъ солей, кислотъ и основаній и устанавливаетъ взаимную связь такихъ явленій, какъ электропроводность, пониженіе точки замерзанія и повышеніе точки кипѣнія этихъ растворовъ, но и въ томъ, что подобные новые взгляды создали цѣлую эпоху въ области качественнаго и количественнаго анализа и въ области всѣхъ другихъ отраслей химіи и медицины, которыя имѣютъ дѣло съ водными растворами веществъ, какъ, напр.,

дахъ соли находятся не въ видѣ молекулъ, а іоновъ. Такъ, напримѣръ, источникъ Wilhelmsglücksbrunn, недалеко отъ Крейцбурга, судя по анализамъ Е. Гинтца (1903), содержитъ въ 1 кгр. минеральной воды такое количество хлора и натрія, которое соотвѣтствуетъ 9,7% поваренной соли. При этой концентраціи около 87% поваренной соли диссоціировано на положительные іоны натрія и отрицательные іоны хлора. Остальныя соли, встрѣчающіяся въ минеральныхъ водахъ, точно также въ той или иной степени разлагаются на іоны, въ зависимости отъ природы самой соли и концентраціи ея раствора въ минеральной водѣ. Какъ мы раньше указывали, группировка аналитически опредѣляемыхъ составныхъ частей въ соли представляетъ большія трудности. Теорія электролитической диссоціаціи показываетъ, что подобное стремленіе не соотвѣтствуетъ дѣйствительному состоянію растворенныхъ въ минеральныхъ водахъ веществъ, такъ какъ содержащіяся въ водахъ соли, въ большей своей части, диссоціируютъ на іоны и только небольшая часть каждой соли находится въ видѣ молекулъ; при чемъ, какъ мы правильно предполагали, возможны всѣ теоретическія комбинаціи солей. Само собой отсюда понятно, что наиболѣе правильныя соотношенія получаются, если всѣ аналитическія данныя представлены не въ видѣ солей, а въ видѣ іоновъ солей, какъ это предложилъ Танъ въ 1864 г., хотя и по другимъ соображеніямъ. Правда, при этомъ упускается изъ виду, что извѣстная малая часть каждой соли находится въ недиссоціированномъ состояніи въ минеральной водѣ, но, благодаря чрезвычайно сложнымъ отношеніямъ солей, мы не имѣемъ все-равно никакихъ твердыхъ основаній, чтобы судить о количествѣ отдѣльныхъ комбинацій изъ различныхъ солей. Въ виду этого, въ нѣмецкихъ книгахъ о минеральныхъ водахъ приводятся анализы солей въ формѣ ихъ іоновъ.

Кромѣ солей, электролитической диссоціаціи подвергаются въ водныхъ растворахъ кислоты и основанія. Такъ какъ эти вещества, за исключеніемъ углекислоты, играютъ въ большинствѣ минеральныхъ водъ подчиненную роль, то мы лишь кратко коснемся этого вопроса. Подъ кислотами, съ точки зрѣнія теоріи электролитической диссоціаціи, разумѣются вещества, которыя въ водномъ растворѣ отдѣляютъ іонъ водорода (H-іоны). Такъ, напримѣръ, молекулы соляной кислоты (HCl-молекулы) разлагаются на іоны водорода (H-іоны) и іоны хлора (Cl-іоны), молекулы азотной кислоты (HNO_3-молекулы) — на іоны водорода (H-іоны) и іоны нитратные (NO_3-іоны), молекулы угольной кислоты (H_2CO_3-молекулы) — на іоны водорода (H-іоны) и гидрокарбонатные іоны (HCO_3-іоны), молекулы

Аналитикъ Е Гинтцъ 1906.
Удѣльный вѣсъ: 1,00478 при 15^0 по отношенію къ водѣ при 4^0.
Температура: $31,2^0$.
Продуктивность: 180 гктл. въ 24 часа.
Въ 1 кгр. минеральной воды содержится:

Катіоновъ	Граммы	Милли-моли	Миллиграммъ-эквиваленты
Калій-іонъ ($K^{\cdot}$)	0,06419	1,640	1,640
Натрій-іонъ ($Na^{\cdot}$)	2,260	98,06	98,06
Литій-іонъ ($Li^{\cdot}$)	0,005045	0,7176	0,7176
Аммоній-іонъ ($NH_4^{\cdot}$) . . .	0,004393	0,2431	0,2431
Кальцій-іонъ ($Ca^{\cdot\cdot}$)	0,3387	8,447	16,89
Стронцій-іонъ ($Sr^{\cdot\cdot}$)	0,02745	0,3133	0,6266
Барій-іонъ ($Ba^{\cdot\cdot}$)	0,002214	0,0161	0,0322
Магній-іонъ ($Mg^{\cdot\cdot}$)	0,02826	1,160	2,320
Желѣзо-іонъ ($Fe^{\cdot\cdot}$)	0,002083	0,0573	0,0745
Марганецъ-іонъ ($Mn^{\cdot\cdot}$) . . .	0,000329	0,0000	0,0120
			120,62
Авіоновъ			
Хлоръ-іонъ (Cl')	4,047	114,1	114,1
Бромъ-іонъ (Br')	0,02380	0,2976	0,2976
Іодъ-іонъ (J')	0,000294	0,0023	0,0023
Сульфатъ-іонъ (SO_4'') . . .	0,003583	0,0373	0,0746
Гидрофосфатъ-іонъ (HPO_4'') .	0,000028	0,0003	0,0006
Гидрокарбонатъ-іонъ (HCO_3')	0,372	6,09	6,09
	7,179	231,2	120,6
Борная кислота (мета) (HBO_2)	0,01466	0,3331	
Кремневая кислота (мета) (H_2SiO_3)	0,03039	0,3875	
	7,224	231,9	
Свободный угольный ангидридъ (CO_2)	0,020	0,45	
	7,244	232,35	

Минеральная вода соотвѣтствуетъ, по своему составу, какъ бы раствору, въ которомъ на 1 кгр. приходится:

	Граммы
Хлористаго калія (KCl)	0,1223
Хлористаго натрія (NaCl)	5,719
Бромистаго натрія (NaBr)	0,03066
Іодистаго натрія (NaJ)	0,000347
Хлористаго линія (LiCl)	0,03048
Хлористаго аммонія (NH_4Cl)	0,01301

сѣроводорода (H_2S-іоны) — на іоны водорода (H-іоны) и гидросульфидные іоны (HS-іоны). Степень диссоціаціи кислотъ зависитъ отъ ея крѣпости, при чемъ крѣпкія кислоты, напримѣръ, соляная и азотная кислоты, гораздо сильнѣе диссоціируютъ, чѣмъ ихъ соли. Очень слабыя кислоты — угольная кислота, сѣроводородъ — лишь въ незначительной части іонизируются. Такъ, напримѣръ, водный растворъ, въ которомъ на 1 литръ воды приходится 1 литръ углекислаго газа (CO_2), содержитъ $^1/_4{}^0/_0$ молекулъ угольной кислоты, диссоціированныхъ на іоны водорода (H-іоны) и гидрокарбонатные іоны (HCO_3-іоны). Поэтому вполнѣ цѣлесообразно обѣ кислоты, поскольку онѣ встрѣчаются въ свободномъ состояніи въ минеральныхъ водахъ, представлять въ видѣ недиссоціированныхъ молекулъ и придавать имъ формулу, которую онѣ имѣютъ въ газообразномъ состояніи, — т. е. изображать ихъ въ видѣ CO_2 и H_2S. Если же въ минеральныхъ водахъ встрѣчаются соли обѣихъ кислотъ, то онѣ диссоціируютъ на іоны въ одинаковой степени, какъ соли крѣпкихъ кислотъ, такъ какъ соли крѣпкихъ и слабыхъ кислоты, по степени электролитической диссоціаціи, не отличаются между собою. Борная кислота и кремнекислота, которыя являются еще болѣе слабыми кислотами, чѣмъ углекислота и сѣроводородъ, встрѣчаются въ минеральныхъ водахъ въ свободномъ состояніи и потому молекулы ихъ должны разсматриваться недиссоціированными. Въ минеральныхъ водахъ растворены бываютъ также другіе газы, какъ, напримѣръ, азотъ, кислородъ, водородъ и метанъ. По отношенію къ этимъ веществамъ, которыя принадлежатъ къ неэлектролитамъ, не можетъ приниматься въ разсчетъ теорія электролитической диссоціаціи, равно какъ по отношенію къ разсмотрѣннымъ раньше органическимъ веществамъ.

Сообразно съ вышеизложенными теоретическими воззрѣніями, производятся и печатаются въ нѣмецкихъ книгахъ о водолѣченіи всѣ анализы минеральныхъ источниковъ. Для того же, чтобы облегчить перечисленіе всѣхъ прежнихъ аналитическихъ данныхъ на новыя числовыя величины, къ анализамъ, перечисленнымъ на соли, прилагаются, въ видѣ дополненія, таблицы іоновъ. Не нужно при этомъ забывать, что таблицы солей въ прежнихъ анализахъ изображаютъ не дѣйствительный составъ воды, а, въ извѣстной степени, произвольныя предположенія. Какъ примѣръ всесторонняго изображенія аналитическихъ данныхъ, можно привести анализы главнаго источника въ Мюнстерѣ, взятые изъ нѣмецкой книги о лѣчебныхъ источникахъ [1]):

---

1) Deutsches Bäderbuch.

a) растворенныя твердыя вещества: хлористыя, бромистыя, іодистыя, сѣрнистыя, сѣрнокислыя, фосфорнокислыя и углекислыя соединенія натрія, калія, литія, кальція, магнія, барія, стронція, желѣза и марганца, борную и кремневую кислоту;

b) газообразныя вещества: углекислоту, сѣроводородъ, азотъ, углеводороды, водородъ.

a) Твердыя растворенныя вещества.

1. Хлористыя соли, главнымъ образомъ щелочныхъ металловъ и аммонія, равно какъ свободная соляная кислота, находятся среди продуктовъ вулканическаго возгона; онѣ, безъ сомнѣнія, играютъ важную роль среди солей и газовъ, растворенныхъ въ магмѣ, поэтому хлористыя соли могутъ встрѣчаться въ вулканическихъ источникахъ. Далѣе хлористыя соединенія, въ большей своей части, вымываются минеральными источниками изъ различныхъ отложеній, богатыхъ каменной солью и ее сопровождающими благородными и засоряющими солями или, иначе, солями, осаждающимися изъ маточнаго разсола. Во всей сѣверной и средней Германіи самыми древними отложеніями, служащими источникомъ солей для минеральныхъ водъ, являются слои верхняго и нижняго цехштейна. Начиная отъ Франціи до Шлезвигъ-Голштиніи и отъ Прирейнскихъ провинцій почти до Вейкселя (Hohensalza), во многихъ мѣстахъ буреніемъ было доказано распространеніе соленосныхъ отложеній въ цехштейновой свитѣ. Вмѣстѣ съ каменной солью, во многихъ мѣстахъ были найдены мощныя отложенія другихъ весьма разнообразныхъ, по составу, солей, среди которыхъ хлористыя и сѣрнокислыя соли калія, натрія, кальція и магнія встрѣчаются въ самыхъ разнообразныхъ отношеніяхъ. Подчиненную роль играютъ борнокислыя и бромистыя соли, хотя иногда онѣ встрѣчаются въ такихъ количествахъ, что отложенія ихъ могутъ разрабатываться

Третью группу среди солей составляетъ сѣрнокислый кальцій, частью въ видѣ гипса, еще чаще въ видѣ ангидрида. Въ нашихъ моряхъ не наблюдается образованія отложеній ни гипса, ни каменной соли, не смотря на осажденіе весьма хорошо растворимыхъ солей изъ маточнаго раствора. Мы должны предположить, что Нѣмецкое море цехштейноваго періода представляло широкій, почти замкнутый бассейнъ, который лишь въ немногихъ мѣстахъ соединялся съ открытымъ океаномъ неглубокими проливами, аналогично Средиземному морю, которое при своей глубинѣ въ 4000 м., соединяется съ глубокимъ, свыше 6000 м.,

Хлористаго кальція ($CaCl_2$)	0,7653
Сѣрнокислаго кальція ($CaSO_4$)	0,005080
Кислаго фосфорнокислаго кальція ($CaHPO_4$)	0,000040
Кислаго углекислаго кальція [$Ca(HCO_3)_2$] .	0,2455
Кислаго углекислаго стронція [$Sr(HCO_3)_2$] .	0,06568
Кислаго углекислаго барія [$Ba(HCO_3)_2$] . .	0,004180
Кислаго углекислаго магнія [$Mg(HCO_3)_2$] .	0,1698
Кислаго углекислаго желѣза [$Fe(HCO_3)_2$] .	0,006629
Кислаго углекислаго марганца [$Mn(HCO_3)_2$]	0,001060
Борной кислоты (мета) (HBO_2)	0,01466
Кремневой кислоты (мета) (H_2SO_3)	0,03039
	7,224
Свободнаго угольнаго ангидрида (CO_2) . .	0,020 = 11 см³. при 31,2° и 760 мм.
	7,244

1000 см³. газа, выдѣляющагося изъ источника, содержали:

угольнаго ангидрида (CO_2)	209
азота (N_2) и углеводородовъ	791

ГЛАВА 54.

Происхожденіе солей и газовъ, содержащихся въ обыкновенныхъ грунтовыхъ и въ минеральныхъ водахъ.

Химически чистой воды, какъ мы уже указали въ 16 главѣ, въ природѣ не встрѣчается: всѣ натуральныя воды содержатъ въ растворѣ тѣ или иныя количества органическихъ и неорганическихъ веществъ. Если количества растворенныхъ въ подземной водѣ веществъ переходитъ извѣстныя границы или концентрація только нѣкоторыхъ веществъ въ ней повышается выше предѣла, мы говоримъ въ такихъ случаяхъ уже о минеральной водѣ. Въ минеральныхъ водахъ, вообще, до сихъ поръ найдено гораздо больше химическихъ веществъ; но было бы неправильнымъ отсюда заключать, что между прѣсными грунтовыми и минеральными водами существуетъ принципіальная разница; наоборотъ, слѣдуетъ думать, что въ обыкновенныхъ грунтовыхъ водахъ большое число химическихъ элементовъ находится въ растворѣ, но только въ такихъ малыхъ количествахъ, что доказать ихъ присутствіе является невозможнымъ.

Изъ всѣхъ химическихъ соединеній, которыя встрѣчаются въ подземныхъ прѣсныхъ и минеральныхъ водахъ, за исключеніемъ рѣдкихъ элементовъ, мы разсмотримъ слѣдующія:

Атлантическимъ океаномъ при помощи Гибралтара — глубиною лишь въ 250 м. Это цехштейновое море, по всей вѣроятности, находилось въ жаркой пустынной области, путемъ испаренія теряло массу воды и не имѣло никакого или имѣло весьма незначительный притокъ прѣсныхъ водъ. Для восполненія испарившейся воды, въ это море черезъ проливъ притекала соленая вода океана; такимъ образомъ въ морѣ увеличивалась все больше и больше концентрація солей. Какъ только отдѣльныя растворенныя въ этомъ морѣ соли достигали точки насыщенія, происходило ихъ осажденіе, продолжавшееся до тѣхъ поръ, пока послѣ полнаго осажденія сѣрнокислаго калія и хлористаго натрія, не наступило выдѣленіе болѣе легко растворимыхъ солей: полигалита, кизерита, карналлита, трахгидрита, при чемъ химическій составъ осаждающихся солей зависѣлъ отъ состава солей въ растворѣ и температуры воды. Только такимъ образомъ можно объяснить себѣ возникновеніе столь замѣчательныхъ отложеній калійныхъ солей (названіе дано по имени наиболѣе полезныхъ въ техническомъ отношеніи солей), ограниченныхъ въ своемъ распространеніи площадью Германіи.

Теперь считается общепринятымъ мнѣніе, что огромное большинство соляныхъ источниковъ, встрѣчающихся въ области распространенія цехштейна, возникаетъ благодаря чрезвычайнымъ залежамъ солей; въ томъ мѣстѣ, гдѣ подземныя воды имѣютъ свободный доступъ къ этимъ залежамъ, онѣ растворяютъ легко растворимыя соли и, обогатившись солями, естественнымъ или искусственнымъ путемъ поднимаются на дневную поверхность. Съ извѣстнымъ правомъ мы можемъ заключить, что многочисленные соляные источники, встрѣчающіеся въ третичныхъ мѣловыхъ отложеніяхъ Сѣверной Германіи, а также источники, находящіеся по берегамъ Балтійскаго моря, имѣютъ общее происхожденіе изъ цехштейновыхъ отложеній, ибо источникъ, возникшій въ цехштейновыхъ отложеніяхъ, можетъ выйти на поверхность внѣ предѣловъ распространенія этихъ отложеній. Такимъ образомъ, объясняется, напримѣръ, появленіе соляныхъ источниковъ въ мелафирѣ Крейцнаха, въ порфирѣ Зенневица возлѣ Галле на З., въ карбонѣ Вестфаліи, въ силурійскихъ кварцитахъ Гоммерна возлѣ Магдебурга, въ девонскихъ породахъ Таунуса, въ стрингоцефаловомъ известнякѣ Наугейма, — словомъ, въ породахъ, которыя являются геологически болѣе древними, чѣмъ цехштейнъ. Съ другой стороны, трещины позволяютъ соленоснымъ растворамъ проникать въ болѣе молодыя породы, напримѣръ, въ мѣловые слои Эйнгаузена и Мюнстерской бухты, въ пестрые песчаники у Киссингена, въ вальденскіе и мѣловые слои береговъ

Балтійскаго моря, въ нижній олигоценъ окрестностей Берлина, въ дилювій и аллювій (Кольбергъ) многихъ мѣстъ сѣверной Германіи.

Часто бываетъ, что при горныхъ работахъ соляные источники выводятся наружу для осушенія мѣстъ разработки, онѣ стекаютъ въ открытые водоемы и засоляютъ почвенныя воды сосѣднихъ мѣстностей (Эльба, Заала, Бернбургъ).

Огромное богатство въ цехштейнѣ различныхъ сопутствующихъ солей позволяетъ иногда открывать въ источникахъ, кромѣ преобладающихъ количествъ хлористаго натрія, еще хлористый калій, хлористый магній, хлористый рубидій и бромистыя соли.

Изъ другихъ соленосныхъ отложеній упомянемъ соленосные слои въ верхнемъ пестромъ песчаникѣ, изъ котораго, напримѣръ у Шенебека, бьетъ соляной источникъ. Въ Тюрингіи. а еще больше въ южной Германіи, отложенія солей въ среднемъ раковистомъ известнякѣ доставляютъ матеріалъ и среду для превращенія циркулирующихъ въ известнякѣ водъ въ соляные источники. Средній или гипсовый кейперъ также заключаетъ въ себѣ соленосныя отложенія въ средней и южной Германіи. Отложенія солей въ третичныхъ образованіяхъ, которыя имѣютъ огромное значеніе въ Австро-Венгріи, Италіи и Испаніи, на Германской территоріи не играютъ существенной роли, такъ какъ до сихъ поръ они найдены лишь въ міоценѣ, заходящемъ изъ Галиціи въ Верхнюю Силезію.

Мы не имѣемъ никакой необходимости содержаніе и возникновеніе хлора или, что то же, поваренной соли въ обыкновенныхъ грунтовыхъ водахъ, въ которыхъ весьма рѣдко его не встрѣчается, приписывать исключительно выщелачиванію поваренной соли изъ природныхъ ея отложеній. Хлоръ или поваренная соль можетъ появляться въ такихъ водахъ изъ различныхъ горныхъ породъ, содержащихъ, хотя и въ незначительномъ количествѣ, хлористыя соединенія; въ извѣстной части содержаніе хлора въ подземныхъ водахъ обусловлено жизнедѣятельностью человѣка. Если исчислять, по крайней мѣрѣ, по 5 кгр. поваренной соли на каждое лицо въ годъ и принять во вниманіе, что, въ концѣ концовъ, вся поваренная соль, потребленная человѣкомъ, возвращается въ землю, то въ одной Германіи въ почву поступаетъ ежегодно до 300,000 тоннъ хлористаго натра. Это количество соли достаточно для того, чтобы покрыть всю поверхность Германіи слоемъ воды въ 10 см. съ концентраціей въ 5 мгр. на литръ.

2. Сѣрнокислыя соли. Происхожденіе сульфатовъ въ минеральныхъ водахъ прежде всего обязано отложеніямъ гипса. Частью въ видѣ широкихъ сплошныхъ отложеній, частью въ видѣ прожилокъ, натековъ и жилъ или отдѣльныхъ кристалловъ, гипсъ

Происхожденіе сѣрной кислоты въ обычныхъ грунтовыхъ водахъ, въ большей своей части, обязано вывѣтриванію различныхъ сѣрнистыхъ соединеній, весьма распространенныхъ въ природѣ. Тотъ фактъ, что грунтовыя воды вблизи большихъ городовъ часто содержатъ сѣрную кислоту, долженъ быть приписанъ промышленной дѣятельности. Въ другихъ случаяхъ, либо непосредственно изъ мѣстъ, предназначенныхъ для отбросовъ, либо окольнымъ путемъ, съ полей орошенія, сѣрная кислота проникаетъ въ подземныя воды. Сѣрная кислота часто служитъ показателемъ нежелательныхъ примѣсей въ грунтовой водѣ.

3. Сѣрнистыя соединенія. Во многихъ минеральныхъ источникахъ, содержащихъ сѣроводородъ, встрѣчаются также сѣрнистыя соединенія щелочныхъ металловъ; происхожденіе этихъ соединеній таково-же, какъ и происхожденіе сѣрной кислоты: по большей части, сѣрнистыя щелочи являются результатомъ дѣйствія органическихъ веществъ на гипсъ въ условіяхъ возстановительныхъ процессовъ; съ своей стороны, сѣрнистыя щелочи весьма легко разлагаются съ образованіемъ сѣроводорода.

4. Углекислыя соли. Чрезвычайно важную и весьма распространенную группу солей, встрѣчающихся въ минеральныхъ источникахъ, образуютъ углекислыя соли щелочныхъ, щелочно-земельныхъ металловъ и желѣза. Наибольшее распространеніе имѣетъ углекислый кальцій, такъ какъ онъ встрѣчается не только въ большинствѣ минеральныхъ источниковъ, но составляетъ необходимый ингредіентъ въ обыкновенной питьевой водѣ; онъ придаетъ водѣ ея пріятный вкусъ и обусловливаетъ, въ значительной степени, то свойство воды, которое мы обозначаемъ именемъ — „жесткость воды“. Углекислый кальцій поступаетъ въ воду изъ осадочныхъ отложеній, содержащихъ въ большихъ количествахъ известковыя породы; онъ весьма плохо растворимъ въ химически чистой водѣ, гораздо лучше — въ водѣ, содержащей углекислоту. Воды, проникающія съ дневной поверхности въ болѣе глубокіе слои земли, всегда, безъ исключенія, содержатъ въ себѣ углекислоту, хотя бы въ небольшихъ количествахъ. Вода, падающая въ видѣ дождя или снѣга, поглощаетъ углекислоту изъ атмосфернаго воздуха или же обогащается углекислотой въ поверхностныхъ слояхъ почвы при процессахъ разложенія органическихъ веществъ: при прохожденіи черезъ эти слои вода поглощаетъ выдѣляющуюся при гніеніи органическихъ веществъ углекислоту; насыщенная въ той или иной мѣрѣ углекислотой, грунтовая вода дѣйствуетъ на известняки и переводитъ соотвѣтствующія количества углекислаго кальція въ растворъ въ видѣ кислой углекислой соли. Большинство известняковъ,

распространенъ во всѣхъ почти осадочныхъ отложеніяхъ. Третичныя отложенія Германіи хотя и не содержатъ сплошныхъ залежей гипса, но зато изобилуютъ многочисленными кристаллами гипса; такъ, напримѣръ, въ извѣстныхъ глинахъ міоценоваго бураго угля и въ среднеолигоценовой септаріевой глинѣ содержится много кристалловъ гипса. Гораздо значительнѣе содержаніе гипса въ мезозойскихъ слояхъ, среди которыхъ средній кейперъ можетъ быть названъ гипсовымъ кейперомъ; средній раковистый известнякъ, верхній ретскій пестрый песчаникъ, а также цехштейнъ заключаютъ въ себѣ весьма широкія и мощныя массы гипса. Если гипсъ и не обладаетъ такой легкой растворимостью, какъ хлористыя соли, то все-же онъ принадлежитъ къ относительно легко растворимымъ горнымъ породамъ. Насколько велики бываютъ массы гипса, вымытыя на протяженіи тысячилѣтій круговоротомъ воды, объ этомъ свидѣтельствуютъ многія явленія въ природѣ; въ особенности мы укажемъ на такъ называемыя резидуальныя явленія, когда, благодаря вымыванію растворившихся гипсовыхъ залежей, на мѣстѣ остаются лишь нерастворимыя породы и когда, вслѣдствіе паденія потерявшихъ опору горныхъ массъ, лежавшихъ на гипсоносныхъ пластахъ, происходятъ землетрясенія и „гипсовыя“ мѣстныя колебанія почвы.

Такъ какъ весьма часто въ составъ тѣхъ формацій, въ которыхъ находятся гипсовыя залежи, входятъ доломитовыя, т. е. богатыя углекислымъ магніемъ породы, то одновременно въ растворъ могутъ переходить магнезіальныя соединенія, которыя, благодаря присутствію сѣрной кислоты, на мѣстѣ образуютъ извѣстную горькую соль.

Все же въ залежахъ гипса мы не можемъ видѣть единственнаго источника сѣрной кислоты въ нашихъ минеральныхъ водахъ. Мы должны принять во вниманіе, въ качествѣ второго фактора, легкую разлагаемость нѣкоторыхъ сѣрнистыхъ соединеній, въ особенности двусѣрнистаго желѣза, которое, въ видѣ желѣзнаго колчедана и марказита, пользуется широкимъ распространеніемъ во многихъ глинистыхъ породахъ въ формѣ отдѣльныхъ кристалловъ, стяженій или даже залежей. Сѣрнистыя соединенія желѣза, при доступѣ воды и кислорода, обладаютъ способностью легко разлагаться съ образованіемъ желѣзнаго купороса и сѣрной кислоты. Послѣднія въ водномъ растворѣ могутъ дѣйствовать на другія породы и переводить въ растворъ новыя вещества. Присутствіе свободной сѣрной кислоты въ нѣкоторыхъ источникахъ (Sour Spring въ Канадѣ) и во многихъ моховыхъ болотахъ (Шмидебергъ въ Саксоніи), объясняется описаннымъ процессомъ разложенія сѣрнистыхъ соединеній.

кромѣ углекислаго кальція, содержитъ также различныя количества углекислаго магнія, который аналогичнымъ образомъ переводится подземными водами въ растворъ. Въ особенности такія формаціи, какъ кейперъ, средній раковистый известнякъ, цехштейнъ, богатыя доломитомъ, обогащаютъ грунтовыя воды магнезіальными солями. Содержаніе известковыхъ солей въ водахъ, протекающихъ въ сѣверо-германскомъ дилювіи, обусловливается примѣсью къ породамъ силурійскаго и мѣлового известняка, который встрѣчается во всѣхъ невывѣтрившихся глаціальныхъ образованіяхъ. Количество извести въ нихъ колеблется: тогда какъ въ распространенномъ рыхломъ мергелѣ количество извести достигаетъ 8—12%, въ мергелистомъ пескѣ, глинѣ и лессѣ оно поднимается до 24%, а въ среднезернистомъ пескѣ падаетъ до 1—2%. Дилювій бѣденъ также углекислымъ магніемъ, и воды этой мѣстности бѣдны этими солями.

5. Желѣзо. Происхожденіе желѣза въ подземныхъ водахъ и минеральныхъ источникахъ зависитъ отъ самыхъ разнообразныхъ причинъ. Среди породообразующихъ минераловъ большая часть силикатовъ богата содержаніемъ закисныхъ и окисныхъ соединеній желѣза (авгитъ, роговая обманка, гранатъ, слюда); затѣмъ во многихъ породахъ, особенно эруптивнаго происхожденія, желѣзныя руды встрѣчаются въ видѣ тонкихъ частичекъ (сѣрный колчеданъ, магнитный желѣзнякъ, титановое желѣзо) и, наконецъ, желѣзныя соединенія распространены въ известковыхъ и глинистыхъ осадочныхъ породахъ въ видѣ лимонита и бураго желѣзняка. Большинство желѣзо-содержащихъ минераловъ весьма легко подвергается вывѣтриванію. Желѣзо выдѣляется при этомъ изъ минеральныхъ соединеній и вступаетъ въ реакцію съ углекислотой и сѣрной кислотой грунтовыхъ водъ; такимъ образомъ происходятъ желѣзосодержащіе источники, пользующіеся большимъ распространеніемъ. Въ новѣйшихъ пластахъ земли, въ дилювіальныхъ и аллювіальныхъ образованіяхъ, происходитъ въ весьма большихъ размѣрахъ осажденіе желѣзныхъ солей. Желѣзныя соли содержатся также во многихъ обыкновенныхъ грунтовыхъ водахъ, вмѣстѣ съ водами онѣ выходятъ на поверхность и затѣмъ снова осаждаются въ окрестностяхъ источника въ видѣ красножелтыхъ хлопьевъ; въ этомъ процессѣ принимаютъ часто участіе маленькія водоросли (Gallionella ferruginea).

Благодаря нестойкости желѣзныхъ соединеній, чрезвычайно трудно предохранить заключающееся въ минеральныхъ водахъ желѣзо отъ осажденія при выходѣ источника на дневную поверхность; потому то у выхода источника и наблюдается всегда сильная окраска отъ осадившагося желѣза (Висбаденскіе кипящіе ключи).

6. Марганецъ. Въ минеральныхъ источникахъ, содержащихъ желѣзо, всегда почти встрѣчается, въ тѣхъ или иныхъ количествахъ, марганецъ, какъ спутникъ желѣза и весьма родственный ему элементъ; вмѣстѣ съ желѣзомъ марганецъ переходитъ въ растворъ и вмѣстѣ съ нимъ осаждается по выходѣ источника на поверхность. Желѣзо и марганецъ, по причинѣ сильной окраски своихъ соединеній, весьма непріятны въ питьевой водѣ, и часто, чтобы вода стала пригодной для употребленія, требуется очистить ее отъ желѣзныхъ и марганцевыхъ соединеній. Въ особенности присутствіе марганца въ водѣ опасно, такъ какъ его труднѣе удалить изъ раствора въ виду того, что при обычныхъ способахъ осажденія желѣза онъ выпадаетъ лишь спустя долгое время. Главнымъ источникомъ желѣза и марганца являются сѣрнистыя ихъ соединенія; марказитъ и сѣрнистый марганецъ часто встрѣчается въ почвѣ въ видѣ конкрецій и только до тѣхъ поръ остаются неизмѣненными, пока находятся подъ водою. Въ особенности распространены указанныя сѣрнистыя соединенія въ дилювіальныхъ и аллювіальныхъ отложеніяхъ нашихъ долинъ размыванія. Если въ такой долинѣ произойдетъ осушеніе въ большихъ размѣрахъ и уровень грунтовыхъ водъ понизится, сѣрнистыя конкреціи придутъ въ соприкосновеніе съ воздухомъ, начнетъ образовываться сѣрная кислота, желѣзный и марганцевый купоросъ, и такимъ образомъ сѣрнистыя соединенія переходятъ въ растворимыя соли. Если снова затѣмъ произойдетъ поднятіе грунтовыхъ водъ или поверхность покроется проточными водами, то окисленныя растворимыя соединенія будутъ вымыты. Подобный случай произошелъ возлѣ Бреславля, когда вода вдругъ обогатилась бо́льшимъ чѣмъ 1000 мгр. содержаніемъ желѣза и большимъ чѣмъ 500 мгр. содержаніемъ марганца на литръ.

7. Литій, стронцій, барій, фосфорнокислыя соли, борная кислота, мышьякъ. Другія вещества, которыя встрѣчаются въ минеральныхъ источникахъ лишь въ видѣ незначительныхъ примѣсей, въ медицинскомъ отношеніи часто играютъ очень существенную роль. Сюда относятся фосфорнокислыя соли, соли литія, стронція, барія, мышьяковистыя соединенія и борная кислота. Послѣдняя, повидимому, находится въ свободномъ состояніи, такъ какъ почти всегда подобныя минеральные источники содержатъ значительныя количества свободной углекислоты. Тщательное изслѣдованіе породъ показываетъ, что многія изъ соединеній указанныхъ элементовъ, а также еще болѣе рѣдкихъ, каковы рубидій, цезій, часто встрѣчаются въ вѣсомыхъ количествахъ. Такъ, барій и стронцій, хотя и въ ми-

нимальныхъ количествахъ, пользуются широкимъ распространеніемъ — первый въ нѣкоторыхъ частяхъ нѣмецкаго пестраго песчаника, второй въ пластахъ мѣловой системы и раковистаго известняка. Рубидій и цезій спектроскопически найдены во многихъ породахъ, въ которыхъ раньше никто не предполагалъ даже ихъ присутствія. Природная фосфорная кислота встрѣчается въ видѣ минерала апатита, который, главнымъ образомъ, состоитъ изъ фосфорнокислаго кальція, а также въ видѣ фосфоритовъ, находящихся во многихъ морскихъ породахъ въ видѣ шаровидныхъ конкрецій. Такъ какъ эти соединенія растворяются отчасти при дѣйствіи воды, содержащей углекислоту, то нѣтъ ничего удивительнаго, что вода, циркулирующая въ поверхностныхъ породахъ, растворяетъ незначительныя количества этихъ рѣдкихъ минераловъ и выноситъ ихъ на поверхность. Мышьякъ встрѣчается въ природѣ, главнымъ образомъ, въ соединеніи съ металлами (мышьяковый колчеданъ, блеклая руда).

Встрѣчающіяся въ нѣкоторыхъ источникахъ бромистыя соли, имѣющія важное лечебное значеніе, вымываются водами изъ цехштейновыхъ слоевъ и затѣмъ выносятся на поверхность. Іодистыя соединенія находятся въ кремнистыхъ сланцахъ и изъ нихъ переходятъ въ источники (Роннебургъ).

8. Кремневая кислота. Горячая вода, содержащая щелочи, въ состояніи разлагать многіе силикаты съ образованіемъ растворимой кремневой кислоты. При охлажденіи кремнекислота осаждается, и такимъ образомъ въ гротахъ, въ мѣстахъ выхода ключа, отлагаются мощныя кремнекислые осадки, которые образуютъ фантастическія террасы, каскады, чашевидныя и кратеровидныя фигуры, которыя особенно распространены въ областяхъ богатыхъ гейзеровыми ключами, въ Исландіи и Сѣверной Америкѣ, и приводятъ въ восхищеніе наблюдателей.

9. Амміакъ, азотная и азотистая кислота. Эти соединенія если и встрѣчаются въ водѣ, то въ очень незначительныхъ количествахъ, но присутствіе ихъ въ водѣ за то очень важно съ той точки зрѣнія, что указываетъ на содержаніе въ водѣ различныхъ отбросовъ и продуктовъ гніенія растительнаго или животнаго происхожденія, что дѣлаетъ воду малопригодною для употребленія. Въ особенности самыя незначительныя количества амміака въ этомъ отношеніи подозрительны, такъ какъ случаи, какъ амміакъ содержится въ природныхъ отложеніяхъ, весьма рѣдки (бурый уголь); поэтому присутствіе амміака почти всегда указываетъ на зараженіе воды продуктами гніенія.

b) Газообразныя составныя части.

Что касается содержанія въ источникахъ летучихъ составныхъ частей — углекислоты, сѣроводорода, углеводородовъ, водорода и азота, то относительно многихъ мы уже говорили выше; такъ, азотъ поглощается водой изъ атмосфернаго воздуха; свободная углекислота, которая въ обыкновенныхъ грунтовыхъ водахъ и многихъ минеральныхъ источникахъ содержится часто въ довольно большихъ количествахъ, поступаетъ изъ воздуха или изъ продуктовъ разложенія органическихъ веществъ въ поверхностныхъ слояхъ почвы. Большія массы углекислоты, весьма вѣроятно, образуются непосредственно въ глубинѣ земной коры, благодаря вулканическимъ процессамъ, и она можетъ быть названа вулканической ювенильной углекислотой. Если въ какой-либо мѣстности и окончился періодъ дѣятельнаго вулканизма, то все же впродолженіе многихъ тысячелѣтій происходитъ еще выдѣленіе газовъ, среди которыхъ углекислота играетъ значительную роль. Если мы обратимся къ мѣстностямъ, въ которыхъ происходили страшныя базальтовыя изверженія въ третичный періодъ, то еще теперь замѣтимъ выдѣленіе углекислоты то въ видѣ газа (Броталь), то въ смѣси съ водой (тамъ же и въ другихъ пунктахъ Эйфеля, Вестервальда и Вогезовъ). То же самое можно сказать и о сѣроводородѣ. Выдѣленіе сѣроводорода въ „сольфатарахъ“ — сѣроводородныхъ ключахъ, и „мофеттахъ“ — углекислыхъ ключахъ, стоитъ въ связи съ современнымъ и дѣйствовавшимъ въ недавнее время вулканизмомъ. Подобныя выдѣленія газовъ представляютъ преходящія явленія въ исторіи нашей земли, и такъ какъ нигдѣ не сохранились подобныя послѣдствія вулканическихъ изверженій со временъ палеозойской и мезозойской эры, то мы должны заключить, что настоящія выдѣленія углекислоты и сѣроводорода будутъ ослабѣвать и съ теченіемъ времени прекратятся, чтобы появиться въ новыхъ мѣстахъ. Было сдѣлано много попытокъ объяснить выдѣленіе иногда очень большихъ массъ углекислоты химическими процессами въ застывшихъ пластахъ земли, находящихся надъ вулканическимъ очагомъ. Объясняли выдѣленіе углекислоты дѣйствіемъ на известняки сѣрной кислоты, получающейся отъ разложенія сѣрнистыхъ соединеній, или думали, что известняки, находящіеся по близости отъ границъ вулканическаго очага, должны разлагаться отъ дѣйствія высокой температуры и выдѣлять свободную углекислоту. Но при болѣе детальномъ разсмотрѣніи всѣ эти предположенія оказываются маловѣроятными, и мы наиболѣе правильно сдѣлаемъ, если такое поразительное выдѣленіе газовъ поставимъ въ связь съ прямымъ выдѣленіемъ газовъ изъ вулканической магмы.

растворенныхъ частей содержится также менѣе 1 гр. Такъ называемые „простые щелочно-земельные“ теплые источники могутъ быть причислены къ данной группѣ.

Примѣры съ указаніемъ температуры воды:

Вармбруннъ	43,1°—24,5°
Вильдбадъ	39,5°—34,5°
Вильдбадъ-Трарбахъ и Вильдштейнъ	35,0°
Бодендорфъ	32,0°
Шлангенбадъ	31,0°—28,0°
Вармбадъ	29,0°
Баденвейлеръ	26,4°
Визенбадъ	20,2°

III. Простые кислые источники отличаются богатымъ содержаніемъ свободной углекислоты свыше 1 гр. на 1 кгр. воды и малымъ количествомъ твердыхъ растворенныхъ составныхъ частей — менѣе 1 гр. на 1 кгр. воды.

Къ этой группѣ источниковъ относятся также кислые источники съ содержаніемъ желѣза ниже 10 мгр. на 1 кгр. воды, хотя чаще они причисляются къ желѣзнымъ источникамъ, благодаря ихъ лѣчебнымъ свойствамъ.

Примѣры: Бриккенау, Шарлоттенбруннъ, Дитценбахъ, Зинцигъ.

IV. Щелочно-земельные кислые источники содержатъ въ 1 кгр. воды болѣе 1 гр. свободной углекислоты и болѣе, чѣмъ 1 гр., твердыхъ растворенныхъ составныхъ частей, среди нихъ преобладаютъ аніоны гидрокарбонатные и катіоны кальція и магнія. (При перечисленіи на соли, кромѣ свободной углекислоты, слѣдуетъ отмѣтить преобладающее присутствіе гидрокарбонатовъ кальція и магнія).

Примѣры: Альтрейхенау, Гейсмаръ, Гёппингенъ, Мальмеди, Ребургъ, Швальгеймъ, Зельтерсъ возлѣ Вейльбурга, Вильдунгенъ.

V. Щелочные источники отличаются бóльшимъ, чѣмъ 1 гр., содержаніемъ твердыхъ растворенныхъ составныхъ частей въ 1 кгр. воды, преобладаютъ аніоны гидрокарбонатные и катіоны щелочные. (При перечисленіи на соли главной составной частью будетъ гидрокарбонатъ натрія). Если такую воду вскипятить, то гидрокарбонатные іоны, отщепляя углекислоту, переходятъ въ карбонатные, при чемъ частицы щелочно-земельныхъ металловъ выпадаютъ въ осадокъ, остается, слѣдовательно, въ водѣ нѣкоторый избытокъ карбонатныхъ іоновъ, которые, благодаря, гидролизу, освобождаютъ нѣкоторое количество гидроксильныхъ іоновъ, т. е. появляется щелочная реакція воды.

ПОДРАЗДѢЛЕНІЕ МИНЕРАЛЬНЫХЪ ИСТОЧНИКОВЪ.

По содержанію различныхъ растворенныхъ веществъ, минеральные и термическіе источники могутъ быть раздѣлены слѣдующимъ образомъ [1]):

I. Простые холодные источники.
II. Простые теплые источники.
III. Простые кислые источники.
IV. Щелочно-земельные кислые источники.
V. Щелочные источники.
VI. Соленые источники.
VII. Горькіе источники.
VIII. Желѣзные источники.
IX. Сѣрные источники.

I. Простые холодные источники (акратопеги) [2]) имѣютъ постоянную температуру, превышающую годовую температуру данной мѣстности, но не свыше 20° С, постоянный химическій составъ, бѣдны углекислотой и твердыми растворенными веществами; 1 кгр. воды содержитъ меньше, чѣмъ 1 гр. свободной углекислоты. Они стоятъ наиболѣе близко къ обыкновеннымъ водамъ колодцевъ; отъ простыхъ теплыхъ ключей они отличаются низкой температурой, отъ кислыхъ — малымъ содержаніемъ углекислоты, отъ остальныхъ группъ — малымъ количествомъ растворенныхъ твердыхъ составныхъ частей. Источники, названные простыми щелочно-земельными, характеризуются большимъ 1 гр. содержаніемъ твердыхъ растворенныхъ веществъ, среди которыхъ гидрокарбонатные іоны, а также іоны кальція и магнія преобладаютъ; по своему составу, они слѣдовательно, не отличаются отъ жесткихъ колодезныхъ водъ и могутъ быть причислены къ разсматриваемой группѣ.

Къ источникамъ данной группы нужно отнести также и тѣ, въ которыхъ содержаніе желѣза не достигаетъ 10 мгр. и 1 кгр. воды, которые часто называются желѣзными источниками и, благодаря присутствію желѣза, служатъ для лѣчебныхъ цѣлей.

Примѣры: Бибра, Фрейенвальдъ, Кайнценбадъ, Лаухштэдтъ, Мёлльнъ, Тёльцъ.

II. Простые теплые источники (акратотермы) [3]) имѣютъ постоянную температуру выше 20°, бѣдны содержаніемъ углекислоты и твердыхъ растворенныхъ веществъ. Въ 1 кгр. воды количество свободной углекислоты не достигаетъ 1 гр., твердыхъ

---

1) E. Hintz u. L. Grünhut въ Deutsches Bäderbuch, S. LXVI. Leipzig 1907.
2) ἄκρατος = безъ примѣсей, πηγή = источникъ.
3) θερμός = теплый.

Если количество свободной углекислоты превосходитъ 1 гр. на 1 кгр. воды, то мы говоримъ о щелочно-кислыхъ источникахъ.

Если въ источникахъ данной группы найдены извѣстныя количества іоновъ хлора, щелочно-земельныхъ металловъ и сульфатные іоны, то, вмѣсто чистыхъ щелочныхъ водъ, мы получаемъ щелочно-солянокислые, щелочно-соляные, щелочно-соляно-сѣрнокислые, или щелочно-щелочноземельные источники.

Примѣры: Аполлинарисъ, Бертрихъ, Бирресборнъ, Даунъ, Эмсъ, Фашингенъ, Герольштейнъ, Намеди, Нейенаръ, Верхне- и Нижнезельтерсъ, Зальцбруннъ.

VI. Источники съ поваренной солью (соленые источники) содержатъ въ 1 кгр. воды свыше 1 гр. растворенныхъ твердыхъ составныхъ частей; преобладаютъ аніоны хлора и катіоны натрія. (При перечисленіи на соли, главной составной частью является поваренная соль).

Различаютъ простые и соляные источники въ этой группѣ, смотря по тому, находится ли въ 1 кгр. воды іоновъ хлора или же натрія больше или меньше, чѣмъ 260 миллиграммъ-эквивалентовъ. (При перечисленіи на соли: содержится больше или меньше 15 гр. поваренной соли).

Если количество свободной углекислоты превосходитъ 1 гр. на 1 кгр. воды, то получается кислый источникъ съ поваренной солью.

Въ случаѣ, если въ источникѣ найдены еще гидрокарбонатные или сульфатные іоны, мы получаемъ смѣшанные источники — щелочные, соляные, щелочно-соленые источники съ поваренной солью; при наличности іоновъ щелочноземельныхъ металловъ, гидрокарбонатныхъ іоновъ и сульфатныхъ іоновъ мы получаемъ щелочноземельные-солянокислые; щелочноземельные или сѣрнокислые источники съ поваренной солью.

Примѣры: Арнштадтъ, Артернъ, Баденъ, Бернбургъ, Эльменъ, Галль, Гарцбургъ, Киссингенъ, Кёзенъ, Крейцнахъ, Наугеймъ, Эйнгаузенъ Рейхенгалль, Зальцшлирфъ, Соденъ на Таунусѣ, Сооденъ на В., Зульца, Висбаденъ.

VII. Горькіе источники содержатъ твердыхъ растворенныхъ составныхъ частей больше, чѣмъ 1 гр. на 1 кгр. воды, среди аніоновъ преобладаютъ сульфатные іоны. Присутствіе сульфатныхъ іоновъ придаетъ столь особенный характеръ водѣ, что не только относительное преобладаніе ихъ слѣдуетъ принимать во вниманіе, но даже всякую минеральную воду, которая, кромѣ щелочей, содержитъ въ значительномъ количествѣ сульфатный іонъ, считаютъ за горькій источникъ. Если концентрація хлоръ-іоновъ, напримѣръ, превосходитъ концентрацію сульфатныхъ іоновъ, то все же источникъ можно причислить къ

горькимъ. (При перечисленіи на соли въ такомъ случаѣ мы имѣемъ значительныя количества сѣрнокислыхъ солей на ряду съ большими количествами поваренной соли).

Смотря по тому, какіе катіоны — натрія ли, кальція или магнія — играютъ главную роль, и смотря по количеству хлора, мы получаемъ соленые горькіе источники, сѣрнокислые горькіе источники, настоящіе горькіе источники, а также смѣшанные солено-солянокислые, солено-сѣрнокислые или соляные настоящіе — горькіе источники.

Примѣры: Болль въ Баденѣ, Эйахшпрудель, Фридрихсгалль, Липпшпринге, Мергентгеймъ, Виндсгеймъ.

VIII. Желѣзные ключи отличаются тѣмъ, что содержатъ больше, чѣмъ 0,010 гр., іоновъ закиснаго или окиснаго желѣза въ 1 кгр. воды и оказываютъ, благодаря присутствію желѣза, особенное лѣчебное дѣйствіе. Если вода содержитъ только сульфатные іоны и никакихъ аніоновъ больше нѣтъ (при перечисленіи на соли все желѣзо будетъ въ видѣ сѣрнокислыхъ солей двухъ и трехвалентнаго желѣза), то такіе источники называются купоросными. Если въ водѣ находятся гидрокарбонатные іоны и іоны желѣза (при перечисленіи но соли желѣзо будетъ въ видѣ углекислыхъ соединеній), то это будутъ источники съ углекислымъ желѣзомъ (до сихъ поръ часто назывались стальными источниками).

Если количество свободной углекислоты превосходитъ 1 гр. на 1 кгр. воды (какъ это наблюдается въ источникахъ углекислаго желѣза), то мы получаемъ желѣзно-кислые источники.

Въ остальныхъ случаяхъ, когда присутствуютъ еще и другіе іоны солей, мы дѣлимъ на желѣзокарбонатные источники, щелочноземельные и желѣзокарбонатные источники, щелочные желѣзокарбонатные источники, солянокислые желѣзокарбонатные источники, желѣзокарбонатные горькіе источники и т. д.

Примѣры: Александербадъ, Берггиссгюбель, Флинсбергъ, Кудова, Либенштейнъ, Лобенштейнъ, Мускау, Пирмонтъ, Риппольдзау.

IX. Сѣрные источники характеризуются одновременнымъ присутствіемъ гидросульфитныхъ іоновъ и свободнымъ сѣроводородомъ; благодаря такому составу, они оказываютъ лѣчебное дѣйствіе. Смотря по тому, содержатъ ли источники свободную углекислоту и свободный сѣроводородъ, или нѣтъ, мы можемъ говорить о сѣроводородныхъ источникахъ въ тѣсномъ смыслѣ этого слова.

Другіе источники, сообразно содержанію тѣхъ или иныхъ составныхъ веществъ, подраздѣляются на подгруппы: чистые, щелочноземельные, щелочные, солянокислые сѣроводородные источники, сѣроводородные горькіе источники.

Примѣры: Аахенъ, Ненндорфъ, Ротенбургъ у Таубера.

ГЛАВА 55.

Вліяніе водоносныхъ породъ на химическій составъ воды.

Растворяющая сила воды, увеличивающаяся еще вслѣдствіе присутствія углекислоты, ставитъ химическій составъ нашихъ подземныхъ водъ въ зависимость отъ количества болѣе или менѣе растворимыхъ солей въ тѣхъ породахъ, по которымъ протекаетъ вода. Такъ какъ растворяющая сила воды зависитъ не только отъ температуры, но и отъ времени дѣйствія на породы, то мы можемъ сдѣлать общее заключеніе, что вода можетъ тѣмъ больше растворить солей, чѣмъ богаче породы растворимыми веществами, чѣмъ выше температура, и чѣмъ дольше вода находится въ соприкосновеніи съ породами, по которымъ протекаетъ.

По степени устойчивости противъ растворяющаго дѣйствія воды наши породы мы можемъ расположить по слѣдующимъ группамъ:

1. кварциты, кварцитовый песчаникъ, кремнистые песчаники, чистый кварцевый песокъ и кварцевый хрящъ;
2. граниты и другія кислыя эруптивныя породы, гнейсы и другія кристаллическія метаморфическія породы;
3. глины, глинистые сланцы и песчаники съ глинистымъ цементирующимъ веществомъ;
4. базальты, фонолиты и другія основныя изверженныя породы;
5. дилювіальный песокъ и гравій, песчаники съ мергелистымъ, известковымъ и доломитовымъ цементирующимъ веществомъ, мергелистая глина, и рыхлый мергель;
6. доломитъ;
7. известнякъ;
8. гипсъ;
9. каменная соль.

Отсюда вытекаетъ, что наши пласты гранитовъ и песчаниковъ содержатъ воды, наиболѣе бѣдные минеральными веществами. Это можетъ доходить до такой степени, что подземныя воды оказываются какъ бы дестиллированными, какъ, напр., въ пестромъ песчаникѣ возлѣ Гейдельберга. Горячіе источники также часто бываютъ очень бѣдны растворенными веществами, напр., такъ называемые Wildbäder. По мнѣнію Лепсіуса, чрезвычайная бѣдность этихъ источниковъ солями обусловливается тѣмъ, что вода поднимается къ поверхности съ относительно небольшой глубины сначала въ видѣ паровъ, затѣмъ, вслѣдствіе охлажденія, пары сгущаются въ воду и быстро достигаютъ дневной поверх-

ности, благодаря давленію паровъ, почему вода не успѣваетъ растворить большихъ количествъ минеральныхъ соединеній.

Въ нѣкоторыхъ почти чисто-кварцевыхъ пескахъ третичныхъ образованій съ бурымъ углемъ находится также чрезвычайно чистая вода. Напримѣръ, вода изъ залежей бураго угля возлѣ Видница имѣетъ жесткость въ $^1/_2$ градуса.

Съ другой стороны, въ водахъ, которыя циркулируютъ въ породахъ богатыхъ гипсомъ и каменной солью, мы въ правѣ ожидать большихъ количествъ растворенныхъ минеральныхъ веществъ. Причемъ предѣломъ растворимости солей въ водѣ является въ данномъ случаѣ полное насыщеніе воды соотвѣтствующей солью (см. 10 главу).

Такъ какъ химическій составъ подземныхъ водъ и источниковъ зависитъ отъ цѣлаго ряда условій, то нѣтъ ничего удивительнаго, что воды, которыя вытекаютъ изъ однѣхъ и тѣхъ породъ, могутъ отличаться по своему химическому составу. Поэтому мы можемъ говорить лишь объ индивидуальныхъ химическихъ свойствахъ источниковъ и грунтовыхъ водъ; во всякомъ случаѣ, непозволительно по химическому составу одного источника той или иной области заключать о полномъ соотвѣтствіи съ нимъ свойствъ всѣхъ другихъ источниковъ изъ этой же мѣстности и изъ той же породы.

Всестороннее освѣщеніе вопросовъ, касающихся химіи подземныхъ водъ и источниковъ не составляетъ главной задачи даннаго труда и потому я долженъ ограничиться разсмотрѣніемъ лишь главнѣйшихъ пунктовъ.

Химическій составъ воды не даетъ представленія о соотвѣтствующемъ составѣ горныхъ породъ, по которымъ протекаетъ вода; по химическому составу воды мы можемъ лишь заключать о томъ, какія вещества въ породѣ способны оказывать наименьшее сопротивленіе растворяющему дѣйствію воды. Наиболѣе легко выщелачиваются хлористыя соединенія, за ними слѣдуютъ сѣрнокислыя соли щелочныхъ металловъ, кальція и магнія, затѣмъ углекислыя соли щелочныхъ металловъ, наконецъ, слѣдуютъ наименѣе растворимые въ углекислой водѣ силикаты.

Слѣдуетъ имѣть въ виду то обстоятельство, что раствореніе отдѣльныхъ компонентовъ въ минералахъ, подвергающихся дѣйствію воды, происходитъ не въ тѣхъ количественныхъ отношеніяхъ, какъ въ чистыхъ химическихъ соединеніяхъ. Такъ, вода, протекающая черезъ доломитъ, содержитъ, подобно породѣ, углекислый кальцій и магній, но относительныя количества извести въ водѣ гораздо большія, чѣмъ въ породѣ Еще бо́льшая разница въ относительныхъ количествахъ кальція и магнія наблюдается

между водой и породой въ томъ случаѣ, если порода бѣдна ими. Такъ, по наблюденіямъ М. Дитриха[1]), въ гейдельбергскомъ пестромъ песчаникѣ содержится одинаково много или мало кальція и магнія, тогда какъ въ вытекающихъ изъ песчаника источникахъ количество магнія, большею частью, значительнѣе, чѣмъ кальція. Тѣ же соображенія приложимы и къ щелочнымъ металламъ: тогда какъ въ породахъ бываетъ калія больше, чѣмъ натрія, въ водахъ количества натрія значительно превосходятъ количества калія.

Такое обратное соотношеніе наблюдается не только въ песчаникахъ, но и гранитахъ изъ Гейдельберга и ихъ водахъ: въ породѣ кальція и магнія содержится меньше одной трети, тогда какъ въ гранитовыхъ водахъ количество кальція увеличивается больше, чѣмъ втрое; точно какже калій въ породѣ находится въ одинаковомъ количествѣ съ натріемъ, въ водѣ же растворена лишь пятая часть калія. Дитрихъ даетъ весьма поучительный примѣръ, составляя анализы свѣжаго порфироваго рогово-обмановаго гранита (I), вывѣтрившейся породы (II) и воды (III).

	I	II	III
Кремнекислоты . .	63,57	63,24	1,977 гр. въ 100 литрахъ
Титановой кислоты .	0,55	—	—
Окиси алюминія . .	14,69	16,63	0,070 „ „ 100 „
Окиси желѣза . .	1,79	4,45	
Закиси желѣза . .	3,11	0,40	
Извести	3,84	0,90	4,912 „ „ 100 „
Магнезіи.	2,82	1,50	1,390 „ „ 100 „
Окиси калія . . .	4,07	7,73	0,136 „ „ 100 „
Окиси натрія . . .	4,26	1,72	0,613 „ „ 100 „
Фосфорной кислоты	0,24	0,30	
Воды	0,95	3,24	
Углекислоты . . .	—	0.28	

Изъ приведенныхъ анализовъ видно, что они восполняютъ другъ друга: то, что изъ породы легко извлекается водой, въ сравнительно бо́льшихъ количествахъ содержится въ источникѣ, чѣмъ въ породѣ; то, что трудно выщелачивается водой, въ меньшемъ количествѣ заключается въ источникѣ, чѣмъ въ породѣ Легко вымывающаяся известь, въ большей своей части, исчезла при вывѣтриваніи и перешла въ воду, значительно труднѣе растворимая магнезія въ гораздо меньшихъ количествахъ перешла въ воду; въ вывѣтрившейся же породѣ магнезіи почти вдвое больше,

1) M. Dittrich, Über die chemischen Beziehungen zwischen den Quellenwässern und ihren Ursprungsgesteinen. „Mitt. d. Grossherzogl. Bad. Geol. Landesamt“. IX, Heft 2, 1901.

источники, конечно, при этомъ исключаются. Въ мягкой водѣ, протекающей по формаціямъ бураго угля, наблюдаются примѣси растворимыхъ битуминозныхъ веществъ, которыя свертываются отъ дѣйствія солей въ родѣ гидрата окиси кальція.

Наиболѣе хорошо проявляется вліяніе водоносныхъ породъ на химическій составъ воды, когда въ области весьма разнообразнаго геологическаго строенія, большое число источниковъ выходитъ изъ разныхъ породъ. Такой областью является Мейснеръ въ Гессенѣ, гдѣ источники вытекаютъ изъ базальтовъ, изъ формацій бураго угля, изъ раковистаго известняка, средняго пестраго песчаника и верхняго цехштейна. Большая часть воды изливается естественными источниками, нѣкоторая же часть, заключенная въ отложеніяхъ, появляется на поверхность липь благодаря искусственнымъ отверстіямъ при горныхъ разработкахъ бураго угля. Профиль разрѣза слагающихъ слоевъ въ Мейснерѣ приведенъ на фиг. 199, вплоть до средняго пестраго песчаника. Подъ нимъ находится весьма мало водопроницаемый и даже совсѣмъ водонепроницаемый нижній пестрый песчаникъ; въ восточномъ отрогѣ горы (у Vockerode) изъ пестраго песчаника выдается куполовидный подъемъ цехштейна. Источники изъ раковистаго известняка въ Мейснерѣ представлены на фиг. 213 и 214, и изъ цехштейна на фиг. 204. Ниже я привожу анализы большинства источниковъ въ Мейснерѣ, которые обнаруживаютъ сходство по составу водъ, вытекающихъ изъ одинаковыхъ породъ.

1. Базальтовые источники.

	1	2	3	4
Хлоръ	10,640	20,57	7,447	8,87
Сѣрная кислота	9,604	13,72	10,990	8,32
Известь	8,568	18,95	8,404	8,65
Магнезія	8,839	3,76	5,506	2,54
Органическія вещества . . .	19,170	20,98	6,391	88,00
Сухой остатокъ	92,00	144,00	66,00	88,00
Потеря отъ прокаливанія . .	39,00	56,00	32,00	40,00
Жесткость	2,09°	2,41°	1,61°	1,22°

1—3 источники Зеепитейна; 4 — Мюльборна.

2. Источники изъ раковистаго известняка.

	1	2
Хлоръ	8,51	8,86
Сѣрная кислота	12,35	17,42
Известь	46,14	79,42
Магнезія	7,39	10,14

чѣмъ извести, количество которой стало меньше 1%. Окись калія въ этомъ отношеніи напоминаетъ магнезію, лишь съ тѣмъ различіемъ, что окись калія болѣе трудно выщелачивается водой, а вывѣтрившаяся порода, сильно ею обогащается. Окись натрія, наоборотъ, въ вывѣтрившейся породѣ уменьшилась почти на половину, въ водѣ же источника ея содержится относительно много, при чемъ содержаніе окиси натрія въ пять разъ превышаетъ количество окиси калія въ водѣ, тогда какъ въ породѣ количества обѣхъ окисей было одинаково. Приведенныя изслѣдованія Дитриха можно разсматривать, какъ образецъ для выясненія отношеній между грунтовыми водами и водоносными породами по ихъ составу.

Въ мѣстностяхъ съ известковыми отложеніями и породами, содержащими въ значительныхъ количествахъ углекислый кальцій, мы можемъ ожидать, что воды будутъ жестки и богаты раствореннымъ углекислымъ кальціемъ; въ тѣхъ формаціяхъ, въ которыхъ, кромѣ известняка встрѣчается доломитъ и гипсъ, большую роль, кромѣ углекислаго кальція, играютъ углекислый магній и сѣрнокислыя соли кальція и натрія. Это наблюдается въ тріасовыхъ водахъ, которыя берутъ начало въ ретскихъ отложеніяхъ, въ среднемъ раковистомъ известнякѣ и среднемъ кейперѣ. Изъ этихъ формацій берутъ начало всѣ нѣмецкія горькія воды. Цехштейнъ, верхній пестрый песчаникъ, средній раковистый известнякъ и средній кейперъ, а также верхнесилезскій міоценъ, нѣмецкія отложенія, богатыя каменной солью — даютъ начало нѣмецкимъ натуральнымъ соленымъ источникамъ. На стр. 370 было указано, почему и внѣ предѣловъ соленосныхъ формацій могутъ встрѣчаться соленые источники.

Въ тѣхъ областяхъ Германіи, которыя покрыты глаціальными отложеніями, господствуетъ замѣтная согласованность въ химическомъ составѣ подземныхъ водъ; по крайней мѣрѣ, это касается качественнаго состава веществъ. Кальцій, магній, калій, натрій, хлоръ и углекислота составляютъ главную массу сухого остатка, достигающаго, въ среднемъ, 0,04%, причемъ углекислый кальцій составляетъ отъ $^2/_3$ до $^3/_4$ всего состава. Въ дилювіальныхъ водахъ сѣверной Германіи, хотя и въ незначительныхъ количествахъ, но всегда находится углекислая соль закиснаго желѣза, которая чрезвычайно портитъ воду, такъ какъ при окисленіи на воздухѣ выпадаютъ желѣзные хлопья гидрокиси желѣза, которые придаютъ водѣ непріятный видъ. Большое содержаніе хлористаго натрія или сѣрнокислаго кальція въ грунтовыхъ водахъ этихъ областей нужно приписать случайному загрязненію водъ человѣческими отбросами (грунтовыя воды вблизи полей орошенія), натуральные соленые

	1	2
Органическія вещества . . .	24,49	16,45
Сухой остатокъ	144,00	218,00
Потеря отъ прокаливанія . .	25,00	30,00
Жесткость	5,65°	9,35°

1 — изъ Гешпринге, 2 — Кальтерборнъ.

Слѣдуетъ указать на высокое содержаніе углекислаго кальція.

3. Источники изъ пестраго песчаника.

	1	2	3	4	5
Хлоръ	0,39	0,496	0,724	0,742	0,355
Сѣрная кислота	5,012	3,100	1,350	1,590	3,900
Известь	2,267	1,031	1,175	1,546	1,031
Магнезія	1,450	0,906	0,598	1,030	1,300
Органическія вещества . .	0,550	0,344	0,644	0,997	0,601
Сухой остатокъ	26,00	16,00	8,300	7,800	14,00
Потеря отъ прокаливанія .	8,00	10,00	3,00	7,40	2,60
Жесткость	4,64°	2,29°	2,00°	2,96°	3.24°

1 — ключевые колодцы въ Швалбенталѣ, 2 — источникъ ниже Швальбентальскаго дома Штейгера, 3—4 — источники въ Ширренгайнѣ, 5 — такъ называемый Фокеродскій источникъ ниже Швальбенталя.

Приведенные источники, съ 0,00078—0,0026% растворенныхъ солей, принадлежатъ къ самымъ чистымъ натуральнымъ водамъ, близкимъ къ дестиллированной водѣ.

4. Воды изъ фармаціи бураго угля и отчасти пестраго песчаника.

	1	2	3	4	5
Хлоръ	11,7	9,574	8,87	8,51	15,6
Сѣрная кислота . . .	42,8	34,57	48,02	114,40	48,19
Известь	13,5	28,83	25,71	107,5	13,8
Магнезія	3,6	19,13	22,46	31,88	20,65
Органическія вещества .	42,0	16,74	5,06	18,31	21,17
Сухой остатокъ	160,0	159,0	180,0	438,0	184,0
Потеря отъ прокаливанія	28,0	21,0	32,7	90,0	30,0
Жестокость	1,8°	5,55°	5,72°	15,2°	4,27°

	6	7	8	9	10
Хлоръ	12,7	8,15	8,87	10,28	8,15
Сѣрная кислота . . .	34,3	68,6	51,28	63,63	33,27
Известь	13,1	31,3	15,04	22,04	24,66
Магнезія	слѣды	18,1	24,45	25,36	11,41

	6	7	8	9	10
Органич. вещества . .	38,60	13,9	9,78	11,52	15,30
Сухой остатокъ	80,0	192,0	150,0	203,0	178,0
Потеря отъ прокаливанія	10,0	40,0	35,0	70,0	78,0
Жестокость	1,31°	5,66°	4,82°	5,77°	4,05°

1) штольня въ Швабенталѣ, 2) верхняя штольня въ Гальдѣ, 3) нижняя штольня, 4) штольня Фридриха, 5) источники на мѣстѣ бывшей конюшни въ Швабенталѣ, 6) источники около штоленъ Фридриха, 7—10) такъ называемый Фокеродскій источникъ ниже Швабенталя.

Четыре упомянутыхъ въ концѣ источника (7—10) вытекаютъ изъ средняго пестраго песчаника, но ихъ химическій составъ показываетъ, что вода этихъ источниковъ проходитъ черезъ вышележащую формацію бураго угля. Нужно отмѣтить высокое содержаніе сѣрнокислыхъ солей.

5. Источники изъ цехштейна въ деревнѣ Vockerode.

Хлоръ	9,0	Окись калія	15,3
Сѣрная хислота . . .	735,7	Кремневая кислота . .	8,0
Известь	540,0	Сухой остатокъ . . .	1510,0
Магнезія	52,5	Потеря отъ прокалив. .	30,0

Типичный гипсоносный источникъ.

Всѣ вышеприведенные источники, по среднему содержанію растворенныхъ веществъ, можно расположить слѣдующимъ образомъ:

наиболѣе бѣдны источники изъ пестраго песчаника съ . . . . . 14,4 мгр.
затѣмъ слѣдуютъ источники изъ базальтовъ съ . . . . . 97,5 „
дальше идутъ источники изъ раковистаго известняка съ . . . . . 181 „
потомъ идутъ источники изъ третичныхъ отложеній съ . . . . . 192,4 „
и, наконецъ, идутъ источники изъ цехштейна съ . . . . . 1510 „

} сухого остатка въ 1 кгр.

Не менѣе характернымъ является среднее содержаніе сѣрной кислоты:

въ источникахъ изъ	пестраго песчаника	2,99 мгр.	въ 1 кгр.
„ „ „	базальтовъ	10,16 „	„ „ „
„ „ „	раковистаго известняка	14,89 „	„ „ „

въ источникахъ изъ третичныхъ отложеній 53,00 мгр. въ 1 кгр.
„ „ „ цехштейна . . . . 735,70 „ „ 1 „

Различіе отдѣльныхъ группъ источниковъ станетъ еще болѣе рѣзкимъ и очевиднымъ, если опредѣлять при анализахъ количество углекислоты и щелочей.

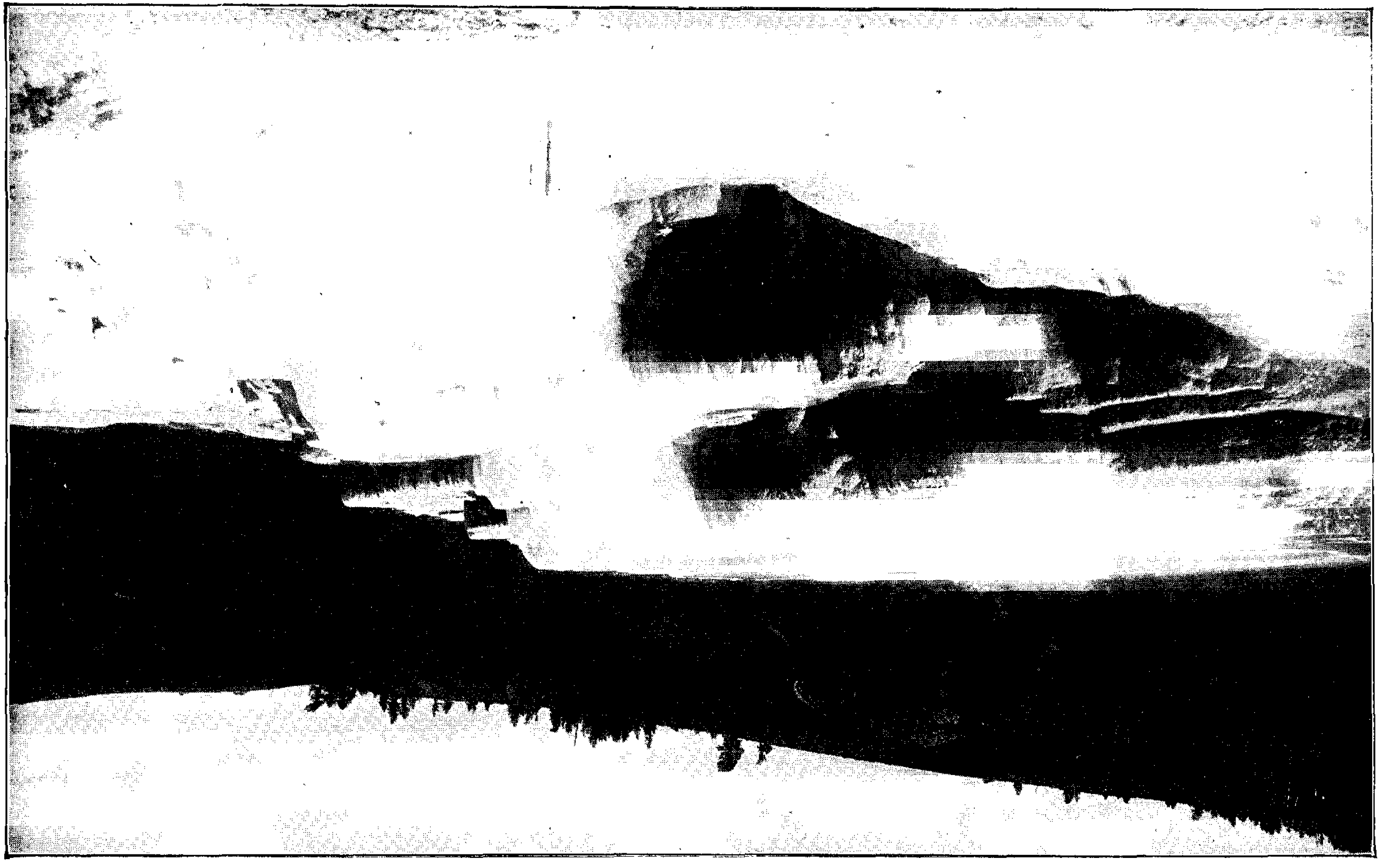
ГЛАВА 56.

Отложенія подземныхъ водъ и источниковъ.

Процессъ выдѣленія растворенныхъ въ водѣ минеральныхъ веществъ при выходѣ на земную поверхность источника обусловленъ преимущественно дѣйствіемъ слѣдующихъ четырехъ факторовъ: пониженія температуры, уменьшенія давленія, потери углекислоты и соприкосновенія съ кислородомъ воздуха. Въ обыкновенныхъ холодныхъ источникахъ происходитъ, главнымъ образомъ, отложеніе гидрата окиси желѣза и карбоната кальція, при чемъ наиболѣе легко совершается выдѣленіе солей желѣза. Кислое углекислое желѣзо, въ каковой формѣ желѣзо находится въ водномъ растворѣ, представляетъ собою вещество очень легко разлагающееся, которое при соприкосновеніи съ кислородомъ воздуха выдѣляетъ часть углекислоты и превращается въ углекислое желѣзо. Это послѣднее выпадаетъ изъ раствора въ видѣ бурыхъ хлопьевъ и окрашиваетъ почву вблизи источника, при чемъ окраска можетъ мѣняться, смотря по наличному количеству желѣза, отъ свѣтло-желтой до красно-коричневой. При очень богатомъ содержаніи желѣза происходитъ отложеніе чистаго бураго желѣзняка. На этомъ процессѣ выпаденія желѣза изъ раствора отъ соприкосновенія съ кислородомъ воздуха основаны методы очищенія воды отъ желѣза. Значительное большинство источниковъ сѣверной Германіи, выходящихъ изъ дилювіальныхъ образованій, содержатъ желѣзо; но немалое также количество его заключается въ подземныхъ водахъ, циркулирующихъ въ породахъ болѣе древняго происхожденія. Лишены желѣза лишь тѣ воды, которыя циркулируютъ въ бѣдныхъ желѣзомъ или трудно разложимыхъ породахъ, каковы: кварциты, свѣтлые кварцевые песчаники юрской системы, кремнистые кварцы, третичные пески и подобныя образованія.

Выдѣленіе углекислой извести въ формѣ *известковаго туфа* покоится на потерѣ углекислоты. Известь растворена въ видѣ кислой углекислой соли и, соприкасаясь съ воздухомъ, теряетъ половину своей углекислоты. Образовавшійся углекислый кальцій, не растворимый въ водѣ, выпадаетъ, отлагаясь въ видѣ

ноздревато-пористаго вещества, такъ называемаго известковаго туфа, который является чрезвычайно характернымъ признакомъ существованія въ настоящее время или во времена давно минувшія богатыхъ известью источниковъ. Однако отложеніе источникомъ известковаго туфа можетъ происходить лишь при условіи соприкосновенія съ атмосфернымъ воздухомъ, при условіи потери угольной кислоты, а этотъ процессъ значительно усиливается отъ быстраго движенія воды по откосамъ, склонамъ или долинамъ съ крутымъ паденіемъ. Далѣе, для образованія известковаго туфа необходимъ извѣстный минимальный процентъ содержанія извести въ водѣ. Если общее содержаніе солей въ водѣ меньше 18°, то отложенія известковаго туфа не наблюдается вовсе; при 20° оно происходитъ лишь въ малыхъ размѣрахъ, при 21° уже довольно интенсивно. Чаще всего известь осаждается на стебляхъ и листьяхъ растеній, камыша, мховъ, травъ, вообще растеній, произрастающихъ въ водѣ или на влажной почвѣ. Происшедшій такимъ путемъ известковый туфъ, структура котораго нерѣдко выдаетъ его растительное основаніе, имѣетъ свѣтлую окраску или, если съ известью осаждались желѣзо и марганецъ, желтокрасную и даже черную, со всѣми промежуточными оттѣнками. Иногда въ туфѣ попадаются также включенія перегнойныхъ образованій. Отложеніе туфа начинается въ непосредственной близости источника и продолжается по направленію теченія насыщенной известью воды. По склонамъ туфъ образуетъ наклонныя гряды. На днѣ долинъ онъ слоится болѣе или менѣе горизонтально. Если имѣется цѣлый рядъ источниковъ, отлагающихъ известь, то по склону образуется рядъ длинныхъ лентъ известковаго туфа. Если же такіе источники имѣются на двухъ противоположныхъ склонахъ, то отложенія туфа могутъ сойтись на серединѣ и совершенно заполнить долину или котловину. Естественно, что подобныя отложенія известковаго туфа будутъ встрѣчаться наиболѣе часто и въ наиболѣе мощномъ развитіи въ области источниковъ, выходящихъ изъ известковыхъ породъ; потому то они и наблюдаются часто въ области раковистаго известняка и юрскихъ образованій, не отсутствуя, однако, и въ области распространенія песчаника, если песчаникъ богатъ известковымъ цементирующимъ веществомъ. Известковые туфы встрѣчаются также въ сѣверномъ ледниковомъ дилювіи, въ составѣ котораго значительная доля приходится на силурійскіе и мѣловые известняки. Особенно въ долинахъ Прибалтійской гряды отложенія туфа попадаются очень часто. Въ горячихъ источникахъ выдѣленіе углекислой извести происходитъ въ широкихъ размѣрахъ. Въ области Іеллоустонскаго парка имѣются обшир-



Фиг. 229. Террасы известковаго туфа въ области Мамонтоваго источника (Mammuth Hot Spring) въ Іеллоустонскомъ паркѣ.

ныя террасовидныя отложенія, изъ числа которыхъ на фигурахъ 229 и 230 изображены отложенія Мамонтоваго горячаго источника и гейзера Oblong.

Особую форму известковыхъ выдѣленій горячихъ источниковъ, извѣстную по Карлсбадскому шпруделю, представляетъ горохов ый камень или пизолитъ — скопленіе мелкихъ, съ горошину, шариковъ арагонита концентрически-лучистой структуры. Происходятъ эти шарики отъ песчинки или пузырька газа, взвѣшенныхъ въ бурлящей водѣ и постепенно покрывающихся все растущими слоями арагонита, пока вѣсъ ихъ не станетъ слишкомъ большимъ и они не упадутъ на дно.

Горячіе источники, кромѣ разсмотрѣнныхъ выше отложеній бураго желѣзняка и известковаго туфа, выдѣляютъ еще кремнистый туфъ и сѣру — отложенія особенно важныя. Кремневая кислота, въ видѣ кремнистаго туфа, образуетъ мощныя отложенія въ области многихъ горячихъ источниковъ; конусы исландскихъ и многихъ сѣвероамериканскихъ гейзеровъ состоятъ изъ кремневой кислоты; великолѣпныя террасовидныя отложенія многихъ горячихъ источниковъ Іеллоустонскаго парка созданы кремневой кислотой вмѣстѣ съ углекислымъ кальціемъ, при содѣйствіи особыхъ видовъ водорослей, выносящихъ чрезвычайно высокую температуру. Уже въ подземной части своей источникъ, вслѣдствіе охлажденія, выдѣляетъ кремневую кислоту, слѣдствіемъ чего является уплотненіе стѣнокъ канала, изоляція отъ грунтовой воды, постепенное съуженіе просвѣта, что можетъ, въ концѣ концовъ, повести къ совершенной закупоркѣ и къ прекращенію источника.

Отложенія сѣры наблюдаются чаще всего въ источникахъ, выдѣляющихъ сѣроводородъ, который отъ соприкосновенія съ атмосфернымъ воздухомъ окисляется, осаждая сѣру.

Къ числу отложеній, обусловленныхъ, хотя и косвенно, источниками, относятся также органогенныя отложенія. Присутствіе текучей воды, увлажненіе почвы, особая регулировка температуры ея, вслѣдствіе которой почва по сосѣдству съ источникомъ зимою не замерзаетъ — всѣ эти условія представляютъ большую притягательную силу для гидрофитовъ. Если вода не выходитъ на поверхность въ видѣ открыто текущаго источника, а липь промачиваютъ почву, то происходятъ, такъ называемыя мочажины, представляющія мокрыя пространства, безпорядочно поросшія камышомъ и осоками, указывающими на повышенную влажность. Съ увеличеніемъ влажности количество поселяющихся растеній увеличивается, и ихъ перегнившіе остатки даютъ отложенія органическихъ остатковъ. Такимъ образомъ происхо-



Фиг. 230. Кратеръ гейзера Oblong съ отложеніями известковаго туфа въ Іеллоустонскомъ паркѣ.

дятъ либо тонкіе слои болотнаго перегноя, перемѣшаннаго съ минеральнымъ основаніемъ, либо самостоятельныя отложенія органическаго вещества, въ видѣ торфяныхъ болотъ, которыя въ такомъ случаѣ направляются внизъ отъ источника. въ видѣ лентъ, по заболоченному склону. Многіе источники бываютъ окружены валиками рыхлаго иловатаго торфа, которые могутъ превышать окружающую мѣстность на 2—3 м.

Способностью источниковъ выдѣлять минеральныя вещества обусловлено часто наблюдаемое уплотненіе ключевыхъ путей многихъ горячихъ и минеральныхъ источниковъ, вслѣдствіе чего они отмежевываются отъ циркулирующихъ по сосѣдству обыкновенныхъ грунтовыхъ водъ.

При чрезвычайномъ, до извѣстной глубины, изобиліи грунтовыхъ водъ, особенно во всѣхъ трещиноватыхъ породахъ и въ большихъ сбросовыхъ трещинахъ, онѣ, въ большинствѣ случаевъ, могутъ сильно разбавлять и обезцѣнивать поднимающуюся на поверхность минеральную воду. А что такое смѣшеніе иногда дѣйствительно происходитъ, тому наилучшимъ свидѣтельствомъ служатъ колебанія дебита и состава многихъ минеральныхъ источниковъ, хотя одного этого обстоятельства еще мало для признанія ихъ малоцѣнными. Съ другой стороны, многіе источники выходятъ на поверхность съ такой равномѣрностью въ отношеніи температуры, дебита, содержанія газовъ, химическаго состава, что слѣдуетъ исключить всякую возможность притока къ нимъ обыкновенныхъ грунтовыхъ водъ. Есть и такого рода наблюденія, сдѣланныя, напримѣръ, въ Новой Зеландіи и въ Исландіи, что со дна моря или со дна рѣки, несущей совершенно холодную воду, поднимается горячій источникъ высокой температуры; близъ Эмса есть минеральный источникъ, поднимающійся со дна рѣки. Всѣ эти явленія объясняются химическимъ составомъ минеральной воды, который обусловливаетъ естественное уплотненіе канала, по которому источникъ поднимается, и естественную изоляцію его отъ сосѣднихъ грунтовыхъ водъ.

Какъ мы уже видѣли, кислый углекислый кальцій, при выдѣленіи половины угольной кислоты, переходитъ въ нерастворимое состояніе. Осажденіе его изъ раствора происходитъ не только на земной поверхности, но можетъ имѣть мѣсто и на извѣстномъ отъ нея разстояніи, въ нѣдрахъ земной коры. Выдѣляющаяся углекислая известь осаждается на стѣнкахъ ключевого канала, цементируя отдѣльные обломки породъ и покрывая стѣнки непроницаемымъ слоемъ известковаго туфа. Аналогичнымъ путемъ совершается выдѣленіе кислаго углекислаго желѣза, и тогда ключевой каналъ одѣвается изнутри какъ-бы трубой изъ бураго

желѣзняка. Важнѣйшимъ уплотняющимъ веществомъ для многихъ источниковъ, и особенно для термальныхъ, является кремневая кислота. Какъ уже было сказано, она растворима въ горячей щелочной водѣ, но съ пониженіемъ температуры растворимость ея уменьшается. Поэтому, если съ пониженіемъ давленія вода охладилась до 100°, она уже выдѣляетъ часть кремневой кислоты, и это выдѣленіе продолжается на всемъ протяженіи канала до самой земной поверхности. Такимъ образомъ въ нѣдрахъ земной коры происходитъ уплотненіе стѣнокъ ключевыхъ путей, и этимъ объясняется не только вполнѣ надежная изоляція источниковъ отъ грунтовыхъ водъ, но и то обстоятельство, что изъ земли бокъ-о-бокъ могутъ выходить, не смѣшиваясь между собой, обыкновенные и минеральные источники. Этимъ же объясняется и то, что сосѣдніе минеральные источники обладаютъ различной температурой, различнымъ химическимъ составомъ; все дѣло въ томъ, что они, проходя по различнымъ слоямъ земной коры, приняли въ растворъ различныя вещества и уплотнили свои стѣнки. Поэтому всякое вмѣшательство въ крайне чувствительный механизмъ минеральныхъ источниковъ должно совершаться съ величайшею осторожностью, съ учетомъ всѣхъ возможныхъ послѣдствій, иначе равномѣрность состава и дебита неминуемо будетъ нарушена.

8. Изслѣдованіе подземныхъ водъ.

ГЛАВА 57.

Пріемы взятія пробъ.

Взятіе пробъ[1]). Общія положенія. Для правильнаго сужденія о свойствахъ подземной воды необходимо пробу взять такъ, чтобы она получилась средней, чтобы были исключены всякія случайныя загрязненія, особенно такія, которыя обусловлены самымъ способомъ взятія пробы. Необходимыя для этого мѣропріятія опредѣляются особенностями мѣстности и степенью доступности воды.

Наиболѣе простой способъ добычи воды для хозяйственныхъ цѣлей заключается, конечно, въ пользованіи источникомъ, т. е. подземной водой, выходящей на поверхность естественнымъ путемъ. Въ этомъ случаѣ мѣсто выхода источника либо сохраняется въ своемъ естественномъ видѣ, либо превращается въ болѣе обширный резервуаръ устройствомъ каптажа; иногда вста-

1) Ohlmüller. Die Untersuchung des Wassers, Berlin 1894, S. 5—14.

вляютъ трубку или жолобъ, указывая такимъ образомъ водѣ опредѣленное мѣсто выхода. Въ первыхъ двухъ случаяхъ, слѣдуетъ обращать вниманіе на то, чтобы случайно не захватить въ пробу различныхъ веществъ, плавающихъ на поверхности воды, каковы: части листьевъ, цвѣточная пыльца, водоросли, пыль: слѣдуетъ также тщательно слѣдить за тѣмъ, чтобы не взмутить илъ, образовавшійся отъ органическихъ и неорганическихъ осадковъ. Наличность выводной трубы не вполнѣ устраняетъ эти опасенія (особенно относительно поверхностныхъ загрязненій); все же здѣсь допустимо непосредственное наполненіе испытательнаго сосуда, такъ какъ вода получится такой, какою она идетъ въ употребленіе Если подземныя воды поднимаются на поверхность искусственнымъ путемъ, посредствомъ откачки, то передъ взятіемъ пробы слѣдуетъ откачивать воду въ теченіе десяти минутъ для удаленія застоявшейся воды и промывки трубъ.

Для изслѣдованія воды, передаваемой на разстояніе по системѣ трубъ и взятой либо изъ источника, либо изъ рѣки или озера, съ послѣдующей очисткой ея, пробу слѣдуетъ брать, опять таки, послѣ предварительнаго десятиминутнаго спуска воды въ такомъ мѣстѣ системы, гдѣ расходъ воды обыкновенно великъ.

Особыхъ мѣръ предосторожности требуетъ взятіе пробъ изъ рѣкъ, прудовъ и озеръ. Какъ въ случаѣ открытыхъ источниковъ, и здѣсь необходимо, конечно, избѣгать приближенія къ поверхности и къ дну. Можетъ возникнуть вопросъ: избирать-ли мелкія мѣста или глубокія, или держаться средняго пути, брать ли пробу по серединѣ воднаго пространства или съ краевъ? Здѣсь, по различнымъ причинамъ, представляются неодолимыя трудности для достиженія средней пробы, и волей-неволей придется брать нѣсколько, быть можетъ, и очень много пробъ. Во всякомъ случаѣ, всегда надо вести изслѣдованіе какъ выше, такъ и ниже предполагаемыхъ мѣстъ загрязненія для того, чтобы получить сравнительныя данныя.

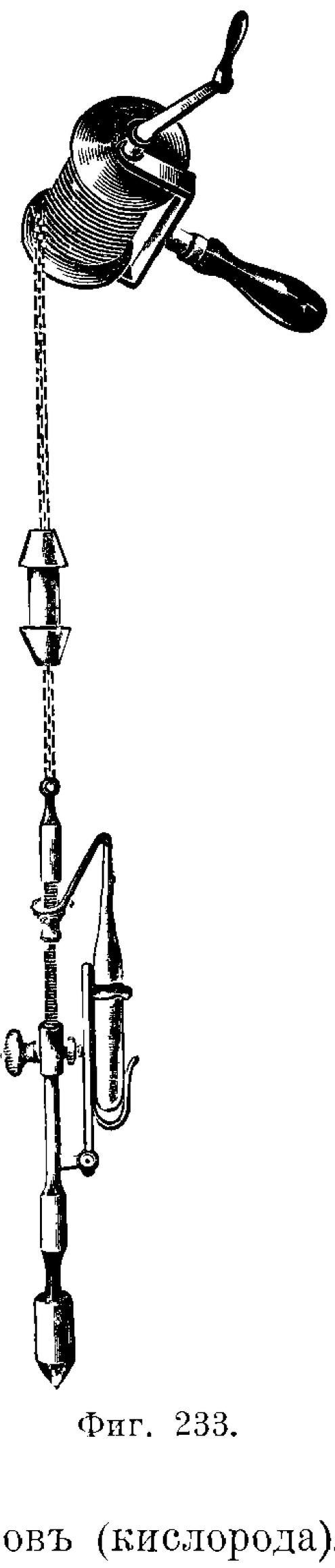
Въ стоячихъ или слабо текущихъ водахъ, въ которыхъ предполагается примѣсь соленой воды, пробы слѣдуетъ брать не только въ мелкихъ, но и въ глубокихъ мѣстахъ, съ самаго дна, такъ какъ эта примѣсь, вслѣдствіе своего болѣе высокаго удѣльнаго вѣса, стремится уйти возможно глубже. Диффузія не вполнѣ парализуетъ это явленіе; даже при сильномъ теченіи оно остается въ силѣ на сравнительно большихъ протяженіяхъ. Лишь въ маленькихъ, извилистыхъ рѣкахъ, безъ крупныхъ различій въ глубинѣ, химическій составъ воды быстро выравнивается. Слишкомъ большое приближеніе къ берегу, если на это нѣтъ особыхъ причинъ, не рекомендуется.

капилляръ трубки. Ртуть изливается въ нижній сосудъ и черезъ верхнюю трубку вода всасывается въ колбу. Когда проба извлечена, воду переливаютъ въ другую бутыль, и приборъ можетъ служить для дальнѣйшей работы.

Взятіе пробы. Наиболѣе цѣлесообразно перелить взятую пробу въ стеклянную бутыль съ притертой стеклянной пробкой, на которую во время транспорта одѣвается резиновый чехолъ. Такіе сосуды лучше глиняныхъ или каменныхъ, такъ какъ, въ виду ихъ прозрачности, всегда легко убѣдиться, насколько чисты ихъ внутреннія стѣнки. Передъ употребленіемъ такую бутыль слѣдуетъ основательно промыть обыкновенной водой, иногда съ придачей сѣрной кислоты, и затѣмъ пополоскать дестиллированной водой настолько, чтобы быть увѣреннымъ, что всякіе слѣды постороннихъ примѣсей (особенно кислоты) устранены.

Открытыя бутылки ставятся вверхъ дномъ для просушки, которую можно ускорить, если разсовать по бутылкамъ по сложенной полоскѣ пропускной бумаги. Передъ окончательнымъ наполненіемъ бутылокъ водой, взятой для испытанія, слѣдуетъ ихъ нѣсколько разъ хорошенько пополоскать той же водой.

Очень портативный приборъ для взятія пробъ воды, конструкціи Питта-Имгофъ, изготовляемый по модели королевской прусской опытной станціи по вопросамъ водоснабженія и удаленія сточныхъ водъ, имѣется въ продажѣ у Павла Альтманна въ Берлинѣ, Луизенштр. 47, по цѣнѣ 135 марокъ за экземпляръ (фиг. 232).



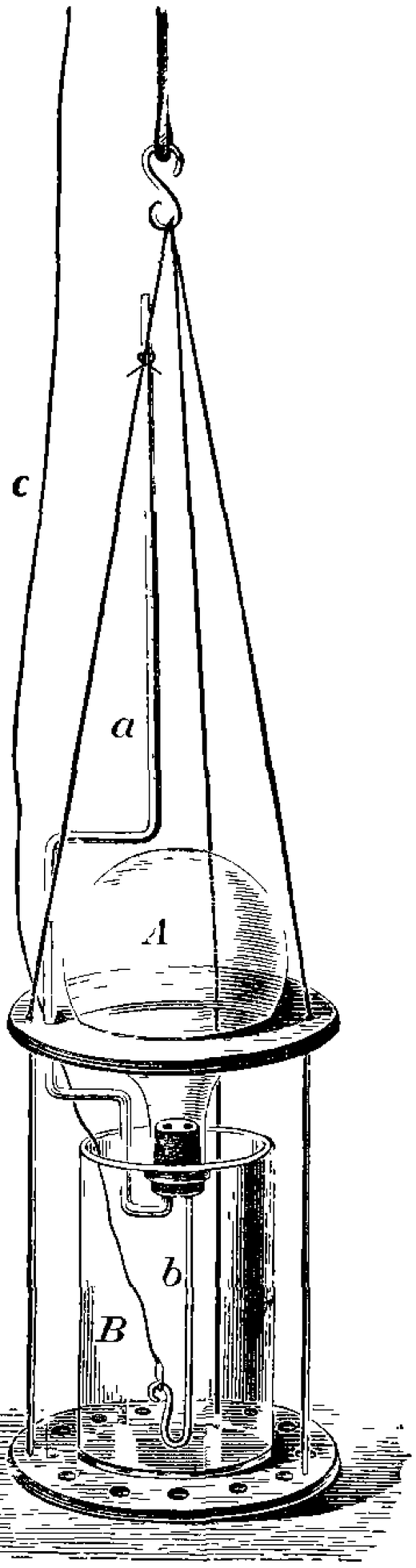
Фиг. 233.

Аппаратъ этотъ съ совершенно опредѣленной глубины одновременно забираетъ три пробы, для химическаго и бактеріологическаго изслѣдованія и для опредѣленія содержанія газовъ (кислорода).

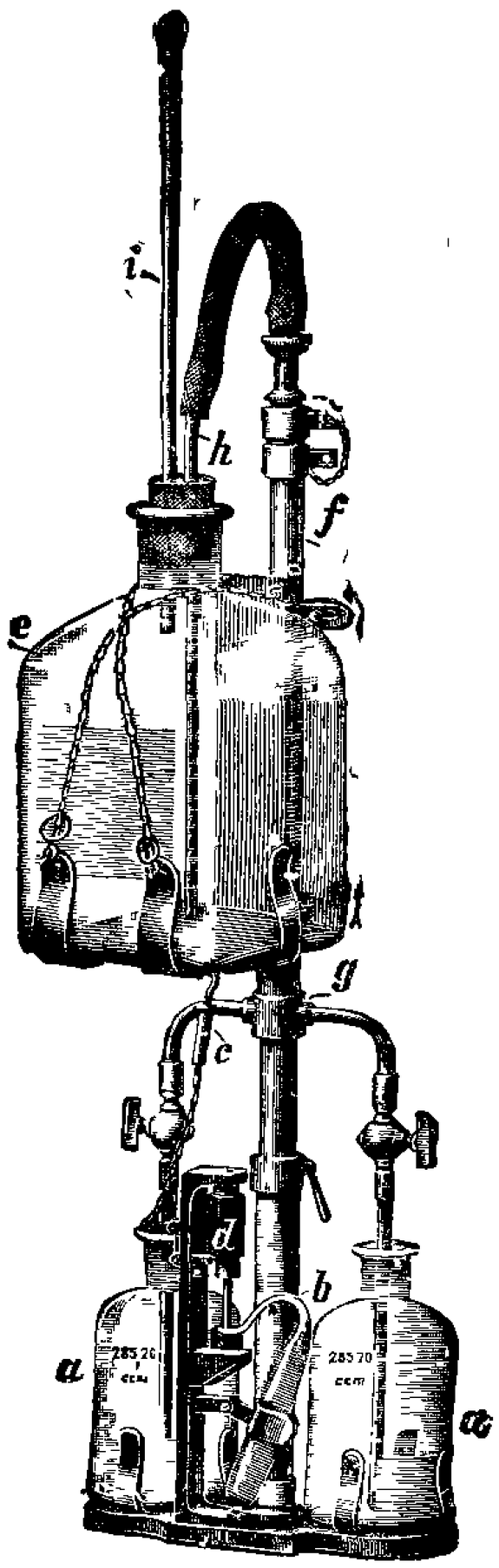
Напоръ воды снизу на четырехгранную бутыль e автоматически освобождаетъ гирьку d, которая при паденіи отбиваетъ вытянутый конецъ b пробирки, забирающей бактеріологическую пробу. Двѣ нижнія бутыли a, съ точно фиксированнымъ объемомъ, прикрѣпленныя на нижней подставкѣ, забираютъ пробу для опредѣленія содержанія газовъ въ водѣ (кислорода). Вода

Для сужденія о примѣсяхъ воды иногда бываетъ цѣлесообразно изслѣдовать дно водоема для того, чтобы по количеству и по свойствамъ отложившихся веществъ сдѣлать тѣ или иные выводы.

Для взятія пробъ изъ буровыхъ скважинъ имѣется очень цѣлесообразный приборъ (фиг. 231), конструкціи Лепсіуса. На особой подставкѣ прикрѣплены цилиндрическій сте-



Фиг. 231.



Фиг. 232.

клянный сосудъ B и горлышкомъ внизъ стеклянная колба A. Отверстіе колбы закрыто пробкой съ двумя стеклянными трубками, изъ которыхъ одна a колѣнчато изогнута кверху и открыта съ обоихъ концовъ, другая b вытянута съ нижняго конца въ капилляръ и запаяна. Колба и первая трубка совершенно наполняются ртутью, капилляръ второй трубки снабженъ бечевой c. Въ такомъ видѣ приборъ на проволочномъ канатѣ опускается до желаемой глубины, затѣмъ, дернувъ за бечевку, отламываютъ

вливается черезъ горлышки бутылокъ a и по трубкѣ черезъ g—f и h переходитъ въ бутыль e. Воздухъ выходитъ по трубкѣ i. Посредствомъ с гирька d прикрѣпляется къ бутыли e, гидростатическій подъемъ которой заставляетъ падать гирьку. Весь аппаратъ прикрѣпляемый у f къ особому стержню, можетъ быть погружаемъ въ воду на глубину 1 м. и поэтому даетъ безукоризненныя пробы для химическаго анализа, бактеріологическаго изслѣдованія и опредѣленія содержанія газовъ въ водѣ.

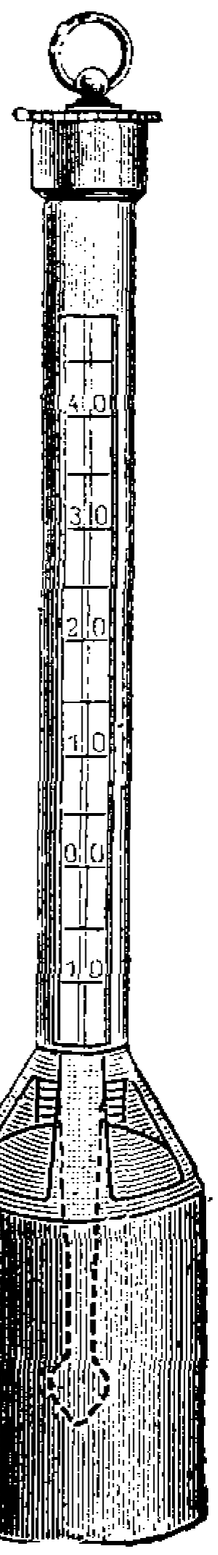
Для взятія маленькихъ, достаточныхъ для бактеріологическаго изслѣдованія, пробъ воды съ любой глубины скважины или колодца служитъ небольшой приборъ, изображенный на фиг. 233 (продается у Павла Альтманна въ Берлинѣ). Забирочный сосудъ, представляющій стеклянную трубку съ изогнутымъ и вытянутымъ верхнимъ концомъ, прикрѣпляется къ особой размѣченной цѣпи, которая снабжена намоткой. Когда сосудъ опущенъ на желаемую глубину, сверху по цѣпи опускаютъ особую гирьку, разбивающую оттянутый конецъ сосуда, который и заполняется водой. Узость выводного отверстія исключаетъ возможность смѣшенія съ водою болѣе высокихъ горизонтовъ при вытягиваніи.

Количество забираемой воды. Трудно дать опредѣленныя указанія относительно количества забираемой воды, такъ какъ, съ одной стороны, послѣдовательный рядъ тѣхъ или иныхъ практическихъ дѣйствій для необходимыхъ опредѣленій зависитъ отъ навыка изслѣдователя, а съ другой стороны, лишь въ рѣдкихъ случаяхъ требуется изслѣдованіе всѣхъ составныхъ частей воды. Пробы въ два литра обыкновенно бываетъ достаточно; однако, избытокъ здѣсь помѣшать не можетъ, такъ какъ тотъ или иной анализъ можетъ оказаться неудачнымъ, а это значитъ, что въ конечномъ итогѣ получится пробѣлъ, уже не заполнимый за отсутствіемъ однороднаго матеріала.

Температура воды. Одновременно съ взятіемъ пробы опредѣляется температура воды, въ виду ея быстрой измѣняемости. Петтенкоферъ для этой цѣли придумалъ особый термометръ (фиг. 234), шарикъ котораго окруженъ открытымъ сверху сосудомъ. Сосудъ при погруженіи термометра въ воду наполняется водой, которая и служитъ для ртути защитой отъ внѣшнихъ вліяній до момента отсчета. Термометръ прикрѣпляется къ размѣченному шнурку и погружается до желательной глубины. Чтобы удалить воду, заполнившую сосудъ при погруженіи, и замѣстить ее изслѣдуемой водой, надо нѣсколько разъ рѣзко дернуть за шнуръ. Черезъ нѣсколько минутъ, когда термометръ приметъ температуру окружающей среды, его надо быстро вытя-

путь и сдѣлать отсчетъ. Само собою разумѣется, что черезъ извѣстные промежутки времени надо провѣрять правильнось термометра, соотвѣтственно чему и вводить поправки.

Бѣглыя испытанія на глазъ, вкусъ, запахъ и реакціи. Бываетъ не лишнимъ занести въ журналъ результаты бѣглыхъ наблюденій, сдѣланныхъ при помощи вышеназванныхъ чувствъ немедленно послѣ взятія пробы; данныя такого испытанія не имѣютъ, конечно, рѣшающаго значенія, но они могутъ оказаться полезными при послѣдующемъ физическомъ и химическомъ изслѣдованіи. Отмѣчаютъ окраску воды, и, если вода мутная, стараются опредѣлить, обусловлена ли муть болѣе крупными или же весьма мелкими взвѣшенными частицами. Наружный видъ воды подтверждаетъ иногда то или иное предположеніе о ея загрязненіи, а вкусъ и запахъ являются иногда даже рѣшающими въ вопросѣ о дальнѣйшемъ выборѣ мѣстъ выемки. Слѣдуетъ также произвести реакцію воды на чувствительную лакмусовую бумажку.



Фиг. 234.

Особенности мѣстныхъ условій. Взятію пробъ должно предшествовать тщательное изученіе окрестностей для выясненія причинъ и путей загрязненія водныхъ пространствъ. Въ этомъ отношеніи важны: окрестности поселеній и существующихъ въ нихъ способовъ удаленія отбросовъ и нечистотъ, заводы съ ихъ сточными сооруженіями и рудники, въ смыслѣ особенностей ихъ штольныхъ водъ. Въ поселеніяхъ, напримѣръ, колодцы могутъ загрязниться отъ навозной кучи или отхожаго мѣста на водопроницаемомъ основаніи. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ придется обращать вниманіе на то, какой видъ землепользованія преобладаетъ въ данной мѣстности, господствуетъ ли пашня, или лугъ, или лѣсъ, примѣняется ли навозное или искусственное удобреніе (каинитъ, фосфоритъ, томасшлакъ, гипсъ и т. п.).

Обширныя болота или торфяныя залежи придаютъ водѣ особенныя свойства; растворенныя въ водѣ гуминовыя вещества окрашиваютъ ее въ желтоватый цвѣтъ, до бураго, нерастворимыя — выпадаютъ въ видѣ чернобурыхъ хлопьевъ.

Свойства почвы и грунта также должны быть учтены. Составъ воды опредѣляется особенностями геологическаго строенія, ибо вода, воздѣйствуя химически на горную породу и растворяя ее, принимаетъ въ себя ея составныя части.

Что касается загрязненія рѣкъ, то, независимо отъ причинъ

этого явленія, нельзя не учесть и специфическихъ особенностей самихъ рѣкъ, такъ какъ именно ими опредѣляется большая или меньшая способность самоочищенія. Мы зайдемъ слишкомъ далеко, если вдадимся въ подробное разсмотрѣніе вопроса о судьбѣ нечистотъ въ рѣчной водѣ; укажемъ лишь на то, что, кромѣ низшихъ растительныхъ организмовъ (водорослей, грибковъ, бактерій въ тѣсномъ смыслѣ), не лишены значенія и высшія растенія, поселяющіяся на берегахъ и на отмеляхъ, и что быстрота теченія воды играетъ выдающуюся роль въ этомъ процессѣ самоочищенія, дѣйствительно существующемъ, но въ деталяхъ еще не выясненномъ. Но и помимо этихъ сложныхъ обстоятельствъ, съ быстротой теченія воды необходимо считаться по той причинѣ, что отъ нея зависитъ какъ степень смѣшенія и быстрота распредѣленія загрязняющихъ веществъ, такъ и возможность осажденія нерастворимыхъ частицъ и процессъ поглощенія кислорода. Въ этомъ отношеніи важны естественныя условія, оказывающія вліяніе на быстроту теченія воды, напримѣръ, малое паденіе земной поверхности и связанная съ этимъ извилистость рѣки. Такое же вліяніе могутъ оказывать искусственныя сооруженія, преграждающія рѣку, напримѣръ, плотины. Сравненіе пробъ, взятыхъ по ту и по другую сторону такихъ сооружаній, часто весьма поучительно въ этомъ отношеніи.

Особенности метеорологическихъ условій. Во многихъ случаяхъ рекомендуется обращать вниманіе на нѣкоторые метеорологическіе факторы. Направленіе и сила вѣтра могутъ оказывать вліяніе на составъ воды мелкихъ поверхностныхъ водъ или водъ со слабымъ теченіемъ, особенно вблизи морей (у устья рѣки). Очень важное значеніе имѣетъ количество атмосферныхъ осадковъ, выпавшихъ незадолго до производства изслѣдованія воды. Вообще говоря, время сильныхъ ливней и продолжительной засухи непригодно для изслѣдованія, если только желательность его не обусловлена именно однимъ изъ этихъ факторовъ. Извѣстно, что поверхностныя воды послѣ сильныхъ дождей богаче органическими веществами, нанесенными съ окружающей мѣстности, въ засушливое же время, питаясь подземными водами и источниками, онѣ, наоборотъ, обогащаются минеральными веществами въ той или другой степени, смотря по геологическому строенію. Подобныя же измѣненія, хотя и съ нѣкоторыми ограниченіями, происходятъ и въ самыхъ подземныхъ водахъ подъ вліяніемъ естественноисторическихъ факторовъ.

ГЛАВА 58.

Бактеріологическое изслѣдованіе.

Самое производство бактеріологическаго изслѣдованія воды слѣдуетъ, конечно, поручать такимъ учрежденіямъ, которыя оборудованы всѣми необходимыми средствами и располагаютъ спеціально подготовленными силами. Гидрологу же необходимо и достаточно знать лишь пріемы взятія пробы, такъ какъ уже по однимъ финансовымъ соображеніямъ нельзя поручать этой операціи спеціалисту-бактеріологу.

Имѣя въ виду то обстоятельство, что при храненіи воды въ сосудахъ количество бактерій очень быстро увеличивается и что нѣтъ никакой возможности дѣлать обратныя заключенія объ абсолютномъ количествѣ и видовомъ распредѣленіи бактерій въ водѣ въ моментъ взятія пробы, то надо слѣдить за тѣмъ, чтобы моментъ взятія пробы и разводка культуры не были отдѣлены слишкомъ значительнымъ промежуткомъ времени.

Профессоръ Г. Іегеръ въ „Zeitschrift für praktische Geologie“ 1906, стр. 299—301, даетъ по этому поводу слѣдующія указанія:

Взятіе пробъ воды для бактеріологическаго изслѣдованія затруднительно, главнымъ образомъ, въ томъ отношеніи, что одновременно съ этой операціей необходимо приступать уже къ приготовленію культуры. Такъ какъ размноженіе зародышей, заключенныхъ во взятой пробѣ, происходитъ очень быстро (считаютъ, что при температурѣ въ 20^0 С на происхожденіе новой генераціи требуется 20 минутъ, при чемъ зародышъ дѣлится на два, два на четыре и т. д.), и такъ какъ мѣра этого размноженія находится въ существенной зависимости отъ измѣняющейся внѣшней температуры, то, очевидно, нельзя получить надежныхъ результатовъ отъ такихъ пробъ, которыя подверглись продолжительному транспорту прежде, чѣмъ попасть въ лабораторію бактеріолога.

Поэтому мало взять пробу и заключить ее въ стерилизованный стеклянный сосудъ, надо, кромѣ того, перенести на твердое питательное основаніе нѣкоторое, достаточное для бактеріологическаго подсчета, количество воды (обыкновенно, если считаютъ воду не слишкомъ загрязненной, берутъ для этого 0,5 и 0,1 куб. см. воды), ибо лишь такимъ путемъ можно достигнуть того, чтобы каждый зародышъ, оказавшійся въ водѣ въ моментъ взятія пробы, остался на своемъ мѣстѣ: онъ какъ бы приклеивается къ питательной желатинѣ. Возможность размноженія этимъ у него, конечно, не отнимается — да этого

этому желатину послѣ нагрѣванія надо нѣсколько охладить, но такъ, чтобы она осталась жидкой (больше 25° С).

Дальнѣйшія дѣйствія таковы: переносятъ посредствомъ стерилизованной пипетки въ одну изъ чашекъ Петри 0,5 куб. см., въ другую — 0,1 куб. см. взятой пробы, наливаютъ сверху расплавленную желатину, наклоняютъ чашку во всѣ стороны для равномѣрнаго распредѣленія воды, покрываютъ чашку (большая половина представляетъ собою крышку) и ставятъ ее на столъ, по возможности, горизонтально. Хорошо сюда же поставить сосудъ со льдомъ и покрыть все это ведромъ или чѣмъ-нибудь въ этомъ родѣ. (При этомъ надо, конечно, слѣдить за тѣмъ, чтобы ни одна капла талой воды не попала на культурныя пластинки!). Когда желатина вновь застыла, культурныя пластинки упаковываются и отправляются въ лабораторію. При высокой температурѣ воздуха въ упаковку же включаютъ 1—2 пузыря со льдомъ, подобныхъ тѣмъ, какіе употребляются при уходѣ за больными, для того, чтобы застывшая желатина снова растаяла. Точно также поступаютъ со слѣдующими пробами.

Болѣе удобными для геолога являются тѣ наборы, въ которыхъ, вмѣсто пустыхъ чашекъ Петри и пробирокъ съ питательной желатиной, имѣются такъ называемыя колбы Рошаэга (Roszahegh), представляющія собою плоскія стеклянныя бутылочки. Въ нихъ уже заключается необходимое количество питательной желатины; надо лишь согрѣть колбу въ теплой водѣ, перенести въ нее, какъ было описано выше, посредствомъ пипетки изслѣдуемую пробу, распредѣлить ее равномѣрно въ питательной желатинѣ, поперемѣнными движеніями разлить желатину ровнымъ слоемъ по той стѣнкѣ колбочки, на которой нанесена сѣть для подсчета, и затѣмъ положить бутылку — какъ выше чашку — плашмя, горизонтально и оставить на холоду до полнаго затвердѣнія желатины.

Оказывается, однако, что описанный способъ имѣетъ крупный недостатокъ, обусловленный низкой точкой плавленія питательной желатины: стоитъ культурнымъ пластинкамъ расплавиться — лѣтомъ, напримѣръ — и весь трудъ оказался напраснымъ. Кромѣ того, въ водѣ нерѣдко встрѣчаются особыя бактеріи, которыя выдѣляютъ энзимы, способныя растворять желатину; это также можетъ затруднить или окончательно испортить изслѣдованіе.

Низкая точка плавленія питательной желатины дѣлаетъ невозможнымъ ея употребленіе, особенно въ тропикахъ. Въ этомъ случаѣ употребляется иная питательная среда, такъ называемый хейденъ-агаръ. Замѣняющая здѣсь желатину индійская мор-

и не должно быть — но теперь на мѣстѣ каждаго отдѣльнаго, гдѣ либо приклееннаго зародыша возникаетъ цѣлая колонія бактерій, видная простымъ глазомъ, и бактеріологъ ведетъ подсчетъ ужъ не по отдѣльнымъ зародышамъ, а по колоніямъ: число колоній на питательной желатинѣ равно числу зародышей во взятой пробѣ воды.

Гидрологъ поэтому долженъ запастись готовымъ препаратомъ для культуры бактерій — питательной желатиной. Полные наборы для бактеріологическаго изслѣдованія воды (назовемъ изъ нихъ наборъ проф. М. Кирхнера) можно получить въ фирмахъ Лаутеншлегеръ въ Берлинѣ, Альтманнъ въ Берлинѣ, Лейтцъ въ Ветцларѣ и въ Берлинѣ и въ др. Стерилизація необходимой посуды, разливка питательнаго матеріала, подсчетъ разведенныхъ культуръ — всѣ эти работы придется уже предоставить спеціальнымъ бактеріологическимъ лабораторіямъ.

I. Взятіе пробы. Задача геолога сводится къ слѣдующимъ простымъ манипуляціямъ. Онъ беретъ изъ ящика одну изъ пустыхъ стерилизованныхъ колбочекъ, служащихъ для взятія пробы, осторожно снимаетъ, но не ранѣе заполненія, пробку (изъ бѣлой ваты), не прикасаясь при этомъ къ нижнимъ и боковымъ частямъ пробки ни пальцами, ни какимъ-либо другимъ предметомъ, и погружаетъ колбочку въ воду. При этомъ надо обращать вниманіе на то, чтобы не держать сосуда близъ выводного отверстія, не прикасаться имъ ко дну, къ сточной трубѣ и т. п. Колбочку слѣдуетъ заполнять не болѣе, какъ наполовину, чѣмъ достигается предохраненіе пробки отъ смачиванія (иначе снаружи черезъ пробку въ воду могутъ проникнуть микроорганизмы).

II. Посѣвъ. Жестяная коробочка въ ящикѣ содержитъ нѣсколько стерилизованныхъ пипетокъ, емкостью въ 1 куб. см., съ подраздѣленіями на $^1/_{10}$ куб. см. Для каждой пробы слѣдуетъ употреблять новую пипетку; пипетку слѣдуетъ держать всегда за верхній конецъ, иногда — за выводной конецъ или вблизи его.

Затѣмъ въ ящикѣ имѣются пустыя, стерилизованныя плоскія стеклянныя чашки (такъ называемыя чашки Петри) и нѣсколько пробирокъ, которыя на $^1/_3$ заполнены питательной желатиной. Имѣется также спиртовая лампочка. При нѣкоторомъ навыкѣ, не трудно расплавить желатину въ пробиркахъ осторожнымъ ихъ нагрѣваніемъ на спиртовой горѣлкѣ (крутить, нагрѣвать сначала сверху, попеременно наклонять, слѣдить за тѣмъ, чтобы не вскипало!). Удобнѣе погружать пробирки въ теплую воду. Желатина при посѣвѣ должна имѣть не болѣе 37° С, такъ какъ иначе часть высѣянныхъ бактерій можетъ погибнуть; по-

ская водоросль „агаръ“ начинаетъ плавиться лишь при 40° С и застываетъ опять при 40° С. Этому выкипяченному въ водѣ агару, въ качествѣ питательныхъ веществъ, придаются пептонъ и питательный препаратъ химическаго завода Хейденъ. Это питательное основаніе, вслѣдствіе быстраго своего затвердѣнія, менѣе удобно въ томъ отношеніи, что не даетъ возможности смѣшать вносимую пробу (0,5 и 0,1 куб. см.) съ расплавленнымъ питательнымъ основаніемъ; здѣсь проба вносится по каплѣ на затвердѣвшую въ чашкѣ или въ колбѣ поверхность питательной среды, а равномѣрное ея распредѣленіе достигается повторнымъ наклоненіемъ чашки во всѣ стороны. При употребленіи чашекъ Петри можно пользоваться еще особой стеклянной палочкой, согнутой подъ прямымъ угломъ (короткое колѣно 4 см., длинное примѣрно 20 см.), такъ называемой палочкой Дригальскаго, короткое колѣно которой, простерилизованное на спиртовой горѣлкѣ и затѣмъ охлажденное, служитъ для распредѣленія водной пробы по застывшей поверхности питательнаго основанія.

Можно, конечно, возразить, что нѣкоторыя бактеріи повиснутъ на палочкѣ и останутся, такимъ образомъ, неподсчитанными, но при общихъ руководящихъ изслѣдованіяхъ эта погрѣшность едва-ли окажетъ существенное вліяніе.

Изготовленіе хейденъ-агара, разливка его по чашкамъ и колбамъ — эти работы предоставляются, конечно, соотвѣтственной гигіенической лабораторіи; развѣ-что геологъ поставленъ въ такія условія, что въ теченіе долгаго времени не можетъ сноситься съ учрежденіемъ подобнаго рода. Тогда онъ долженъ имѣть при себѣ питательную среду въ пробиркахъ, закрытыхъ резиною и защищенныхъ отъ испаренія параффиномъ. При употребленіи надо ихъ погрузить въ горячую воду, расплавить содержимое, разлить его по чашкамъ (слѣдуетъ прокалить край пробирки передъ выливаніемъ, быстро покрывать чашки!) и дать застынуть. Въ этомъ случаѣ на долю геолога выпадетъ также подсчетъ зародышей, съ каковой операціей онъ долженъ предварительно ознакомиться на практикѣ въ соотвѣтственномъ учрежденіи. Подсчетъ производится очень просто, простымъ глазомъ или посредствомъ лупы, при помощи квадратной счетной сѣтки.

Замѣтимъ еще, что количество бактерій, произрастающихъ на хейденъ-агарѣ, въ 2—3 раза больше, чѣмъ на питательной желатинѣ; полученные на этихъ двухъ питательныхъ основаніяхъ результаты поэтому нельзя сравнивать между собой безъ всякихъ оговорокъ.

Изложенные здѣсь пріемы пригодны для изслѣдованія воды всѣхъ степеней загрязненія, начиная отъ очень чистой и кончая

такой, которая содержитъ отъ 8—10000 бактерій въ одномъ кубическомъ сантиметрѣ; въ послѣднемъ случаѣ на культурной пластинкѣ, гдѣ было высѣяно 0,10 куб. см. пробы, окажется 1000 колоній, приблизительный подсчетъ которыхъ будетъ еще возможенъ. Вообще говоря, этого уже достаточно; ибо вода, содержащая такое большое количество бактерій, очевидно, гдѣ-то сильно загрязняется; обнаружить источникъ загрязненій и составляетъ ближайшую задачу геолога. Для него уже безразлично, имѣется ли 10000 или 100000 бактерій на 1 куб. см. Но если и въ этомъ случаѣ будетъ необходимъ болѣе точный подсчетъ, то взятую пробу надо разбавить стерилизованной водой въ 10—100—1000 разъ и уже изъ разведенной пробы дѣлать посѣвъ въ 0,5 и 0,1 куб. см., какъ выше описано. Однако, и эти операціи лучше предоставить бактеріологу.

Въ заключеніе отмѣтимъ слѣдующее: большое количество бактерій въ водѣ само по себѣ еще не представляетъ опасности, оно лишь указываетъ на то, что вода загрязняется; остается выяснить источникъ загрязненія (отбросы хозяйства!) и опредѣлить, насколько оно опасно въ санитарномъ отношеніи. Здѣсь химическій анализъ (количественный) можетъ оказать значительную помощь: присутствіе амміака, азотной и азотистой кислоты дѣлаетъ вѣроятнымъ существованіе притока человѣческихъ и животныхъ отбросовъ (особенно мочи); доказывается же это предположеніе одновременнымъ высокимъ содержаніемъ хлора, если только это послѣднее не обусловлено свойствами грунта.

Въ одобренномъ Союзнымъ совѣтомъ 16 іюля 1906 г. „Постановленіи объ устройствѣ, эксплоатаціи и контролѣ сооруженій по общественному водоснабженію, не служащихъ исключительно техническимъ цѣлямъ“ (ср. главу 67), даны слѣдующія указанія по вопросу о производствѣ бактеріологическаго изслѣдованія:

1. Изготовленіе питательной желатины.

Изготовленіе питательной желатины производится по слѣдующему, спеціально къ этой цѣли приспособленному и упрощенному, образцу:

Питательная желатина изъ мясного экстракта и пептона:

Двѣ части мясного экстракта Либиха	2
двѣ части сухого пептона Витте	2
и одна часть поваренной соли	1
берутся на двѣсти частей воды	200

Растворъ въ теченіе получаса согрѣвается на пару и послѣ охлажденія и отстаиванія фильтруется.

На девятьсотъ частей этого раствора 900
берутся сто частей лучшаго сорта бѣлой питательной желатины 100
и послѣ набуханія и размягченія желатины раствореніе ея достигается согрѣваніемъ (не болѣе получаса) на пару.

Затѣмъ въ горячую жидкость вливаютъ тридцать частей нормальной натронной щелочи [1]) 30
и продолжаютъ придавать ее по каплѣ до тѣхъ поръ, пока проба не будетъ давать съ гладкой сине-фіолетовой лакмусовой бумажкой нейтральную реакцію, т. е. не будетъ измѣнять ея цвѣта. Послѣ пятнадцатиминутнаго согрѣванія раствора на пару слѣдуетъ снова испытать реакцію и, если нужно, возстановить нейтральную реакцію прибавленіемъ нѣсколькихъ капель натронной щелочи.

Усредненной такимъ образомъ желатинѣ придаются полторы части кристаллической, блестящей (не разъѣденной) соды . $1^1/_2$
растворъ согрѣваніемъ на пару въ теченіе получаса, и не болѣе трехъ четвертей, проясняется и затѣмъ фильтруется черезъ мелкопористую фильтровальную бумагу, увлажненную предварительно горячей водой.

Непосредственно послѣ фильтраціи теплую желатину посредствомъ воронки, напр., воронки Трескова, надо разлить по стерилизованнымъ (это достигается путемъ нагрѣванія до 130—150^0) пробиркамъ, по 10 куб. см. въ каждую, и простерилизовать однократнымъ нагрѣваніемъ пробирокъ на пару въ теченіе 15—20 минутъ. Питательная желатина должна получиться прозрачной и желтоватаго цвѣта. Она не должна размягчаться ниже 26^0 и не должна становиться жидкой ниже 30^0. Сине-фіолетовая лакмусовая бумага отъ жидкой питательной желатины должна еще болѣе синѣть. Фенолфталеинъ можетъ давать съ нею слабо-кислую реакцію.

2. Взятіе пробъ.

Забирочные сосуды должны быть стерилизованы. При взятіи пробы слѣдуетъ избѣгать всякаго загрязненія воды; слѣдуетъ также обращать вниманіе на то, чтобы не касаться руками выводного отверстія сосуда во время раскупорки, наполненія и закупорки.

---

1) Вмѣсто натронной щелочи можно употреблять также 4-хъ процентный растворъ ѣдкаго натра.

2) Вмѣсто 1,5 вѣсовыхъ частей кристаллической соды можно брать 10 объемныхъ частей нормальнаго раствора соды.

3. Посѣвъ культуръ.

Послѣ взятія пробъ слѣдуетъ поспѣшить съ посѣвомъ культуръ, чтобы исключить источникъ погрѣшностей, обусловленный размноженіемъ бактерій при храненіи воды. Слѣдуетъ поэтому непосредственно послѣ взятія пробъ изготовить желатиновыя пластинки.

Пипетки, служащія для посѣва, должны быть раздѣлены по 0,1 куб. см. на общую емкость въ 1 куб. см. Ихъ слѣдуетъ простерилизовать въ плотно закрытыхъ жестяныхъ ящикахъ нагрѣваніемъ въ сушильномъ шкафу до температуры 130—150°.

Для изслѣдованія фильтрованной воды достаточно изготовленія одной желатиновой пластинки съ посѣвомъ 1 куб. см. взятой пробы[1]); а для сырой воды необходимо приготовить нѣсколько пластинокъ, съ посѣвомъ различныхъ количествъ воды; иногда необходимо даже предварительно разбавить пробу стерилизованной водой.

Посѣвъ культуры происходитъ такимъ путемъ, что берутъ пипеткой, при соблюденіи нужныхъ предосторожностей, извѣстное количество изслѣдуемой пробы, переносятъ его въ чашку Петри и немедленно сюда же наливаютъ расплавленную въ пробиркѣ желатину съ температурной 30—40°. Воду и желатину смѣшиваютъ между собой повторнымъ наклоненіемъ чашки во всѣ стороны; затѣмъ слѣдуетъ равномѣрно распредѣлить смѣсь по дну чашки и охладить ее.

Заготовленныя такимъ путемъ культурныя чашки, защищенныя отъ свѣта и пыли, сохраняются при температурѣ 20—22°; для этой цѣли можно употреблять поставленный на эту температуру инкубаторъ.

4. Исчисленіе зародышей.

Число возникшихъ колоній опредѣляется при помощи лупы и если необходимо, счетной сѣткѣ, по истеченіи 48 часовъ послѣ заложенія культуръ. Найденное число, съ помѣткой о температурѣ за время культивированія, заносится въ соотвѣтственныя таблицы.

ГЛАВА 59.

Опредѣленіе взвѣшенныхъ твердыхъ частицъ, сухого остатка и жесткости.

Химическое изслѣдованіе воды. Здѣсь не мѣсто говорить о многочисленныхъ и детально разработанныхъ мето-

1) Лучше изготовлять нѣсколько пластинокъ.

дахъ количественнаго анализа воды: это дѣло химика. Ограничимся лишь указаніемъ сравнительно простыхъ методовъ для количественнаго опредѣленія явленій троякаго рода, представляющихъ иногда большой интересъ для геолога и техника, а именно: для опредѣленія количества взвѣшенныхъ въ водѣ твердыхъ частицъ, для опредѣленія сухого остатка и для опредѣленія такъ называемой жесткости. Для другихъ же важныхъ, заключенныхъ въ водѣ, веществъ мы можемъ дать лишь простые методы качественнаго ихъ опредѣленія.

1. Опредѣленіе взвѣшенныхъ твердыхъ частицъ. Чтобы опредѣлить количество механически взвѣшенныхъ въ водѣ твердыхъ частицъ (мути), наливаютъ 1—2 литра изслѣдуемой воды въ хорошо закрытый сосудъ и даютъ водѣ отстояться. Затѣмъ воду пропускаютъ черезъ фильтръ съ извѣстнымъ содержаніемъ зольныхъ частей, предварительно высушенный при 110^0 и взвѣшенный. Осадокъ также переносится на фильтръ, при тщательномъ промываніи дестиллированной водой; для удаленія плотно приклеившихся частицъ можно при этомъ пользоваться стеклянной палочкой, на нижній конецъ которой насаженъ кусокъ каучуковой трубки. Содержимое фильтра хорошо промывается, съ нимъ же высушивается при 110^0 и взвѣшивается. Органическая часть, т. е. потеря отъ прокаливанія, опредѣляется точно также, какъ при нахожденіи сухого остатка, для чего содержимое фильтра, какъ и самый прокаленный на платиновой спирали фильтръ, переносятся въ тигель.

2. Опредѣленіе сухого остатка воды и потери отъ прокаливанія. Для опредѣленія сухого остатка, т. е. не летучей при 100^0 примѣси воды, надо въ фарфоровой или платиновой чашкѣ, емкостью въ 50 куб. см., выпарить 500 куб. см. предварительно профильтрованной воды, высушить остатокъ при 110^0 и взвѣсить чашку. Приростъ вѣса въ граммахъ, раздѣленный на 5, дастъ сухой остатокъ въ процентахъ. При прокаливаніи остатка, онъ теряетъ въ вѣсѣ, и эта потеря обусловлена сгораніемъ органическихъ веществъ, выдѣленіемъ кристаллической воды солей и превращеніемъ органическихъ кислотъ въ неорганическія.

Чтобы не разрушить послѣднихъ, связанныхъ, большею частью, въ видѣ карбонатовъ, и чтобы не улетучить хлоридовъ щелочной группы, слѣдуетъ прокаливаніе доводить лишь до темно-краснаго каленія и послѣ прокаливанія слегка увлажнить остатокъ водой, содержащей углекислоту, для возстановленія карбонатовъ, если бы нѣкоторая ихъ часть оказалась разложенной; передъ взвѣшиваніемъ надо опять слегка прокалить, чтобы уда-

ція или магнія потому, что онѣ легче и быстрѣе вступаютъ въ соединеніе съ жирными кислотами.

Таблица Файста и Кнаусса.

Число куб. см. мыльн. раствора, соотвѣтствующее	Нѣмецкимъ градусамъ жесткости	Число куб. см. мыльн. раствора, соотвѣтствующее	Нѣмецкимъ градусамъ жесткости
3,4	0,5	22,6	5,5
5,4	1,0	24,4	6,0
7,4	1,5	26,2	6,5
9,4	2,0	28,0	7,0
		29,8	7,5
Разность въ 1 куб. см. мыльнаго раствора = 0,25 градуса жесткости		31,5	8,0
		Разность въ 1 куб. см. мыльнаго раствора = 0,277 градуса жесткости	
11,3	2,5		
13,2	3,0	33,3	8,5
15,1	3,5	35,0	9,0
17,0	4,0	36,7	9,5
18,9	4,5	38,4	10,0
20,8	5,0	40,1	10,5
		41,8	11,0
Разность въ 1 куб. см. мыльнаго раствора = 0,26 градуса жесткости		Разность въ 1 куб. см. мыльнаго раствора = 0,294 градуса жесткости	
		43,4	11,5
		45,0	12,0

Примѣры. Пусть мыльнаго раствора израсходовано:

1) 26,2 куб. см. = 6,5 нѣмецкимъ градусамъ жесткости.

2) 27,4 куб. см. Разность до слѣдующей величины составляетъ 28,0—27,4 = = 0,6 куб. см. Въ этой колоннѣ 1 куб. см. мыльнаго раствора соотвѣтствуетъ 0,277 градуса жесткости, поэтому 0,6 куб. см $= \frac{0{,}6 \times 0{,}277}{1} = 0{,}1662$ градуса. И, стало быть, жесткость воды равнялась 7,0—0,166 = 6,83 градусамъ.

3) 21,0 куб. см. Разность до ближайшаго меньшаго значенія составляетъ 21,0—20,8 = 0,2; здѣсь 1 куб см. мыльнаго раствора соотвѣтствуетъ 0,26 градуса жесткости, поэтому 0,2 куб. см. $= \frac{0{,}26 \times 0{,}2}{1} = 0{,}052$. Жесткость воды = = 5,0 + 0,05 = 5,05 градусамъ. Разность до ближайшаго большаго значенія составляетъ 22,6—21,0 = 1,0. Въ колоннѣ, гдѣ стоитъ 22,6, 1 куб. см. мыльнаго раствора соотвѣтствуетъ 0,277 градуса; поэтому, на 1,6 куб. см. приходятся = $= \frac{1{,}6 \times 0{,}277}{1} = 0{,}4432$ градуса, а на 21 куб. см. мыльнаго раствора 5,5—0,44 = 5,06 нѣмецкихъ градусовъ жесткости.

Титрованіе мыльнаго раствора. Въ стеклянный штепсельный (съ прит. пробкою) сосудъ, емкостью въ 200 куб. см.,

наливаютъ 100 куб. см. вышеуказаннаго раствора баріевой соли и затѣмъ приливаютъ мыльнаго раствора сначала большими дозами, потомъ лишь по 0,5 куб. см. и, наконецъ, по каплѣ. Въ то же время встряхиваютъ сосудъ и наблюдаютъ, не образуется ли тонкая пѣна, которая не исчезала бы въ теченіе пяти минутъ. Если, напр., до момента образованія пѣны, израсходовано 18 куб. см. мыльнаго раствора, то, стало быть, мыльный растворъ слишкомъ концентрированъ. И надо 18 куб. см. этого раствора налить въ мензурку и добавить 27 куб. см. 56 процентнаго алкоголя — тогда растворъ получится надлежащей концентраціи. Разумѣется, и этотъ растворъ долженъ быть испытанъ вышеописаннымъ способомъ; пригоднымъ онъ можетъ считаться тогда, если на 100 куб. см. баріевой соли приходится ровно 45 куб. см. мыльнаго раствора.

Изслѣдованіе воды. Въ совершенно чистый стеклянный штепсельный сосудъ вносятъ посредствомъ пипетки 100 куб. см. изслѣдуемой воды. Обозначаютъ мѣткой высоту воды и производятъ титрованіе мыльнымъ растворомъ точно такъ же, какъ было описано выше.

Если жесткость воды превышаетъ 12 нѣмецкихъ градусовъ, то ее разбавляютъ, употребляя, однако, для изслѣдованія всегда одинъ и тотъ же объемъ. Наливаютъ 10, 20 или 30 куб. см. воды, доливаютъ дестиллированной водой до выше упомянутой мѣтки и затѣмъ уже производятъ изслѣдованіе.

Пользуясь таблицей, помѣщенной на стр. 424, израсходованное количество мыльнаго раствора переводятъ на градусы жесткости учитывая, конечно, разбавленіе дестиллированной водой, если таковое производилось.

Общее содержаніе известковыхъ и магнезіальныхъ солей въ водѣ обусловливаетъ среднюю жесткость. При кипяченіи воды бо́льшая часть углекислыхъ солей выпадаетъ, и новое изслѣдованіе показываетъ уменьшеніе жесткости, которая теперь обусловлена лишь сульфатами, нитратами и хлоридами. Эту пониженную жесткость обозначаютъ какъ остающуюся, разность между обѣими какъ исчезающую жесткость. Остающаяся жесткость опредѣляется такъ же, какъ средняя жесткость.

ГЛАВА 60.

Опредѣленіе вредныхъ веществъ.

Качественное опредѣленіе азотной и азотистой кислотъ, амміака, сѣрной кислоты, хлора, сѣроводорода и углекислоты. Количественное опредѣленіе

лить эту влагу. Уменьшеніе вѣса сухого остатка, получаемое отъ прокаливанія, называется потерей отъ прокаливанія.

3. Опредѣленіе жесткости воды по Кларку. Количество содержащихся въ водѣ солей извести и магнезіи обусловливаетъ собою такъ называемую жесткость воды, при чемъ подъ градусомъ жесткости мы разумѣемъ содержаніе въ 100000 вѣсовыхъ частей воды одной вѣсовой части окиси кальція (CaO). Для окиси магнія берутъ при этомъ эквивалентное количество извести, получаемое отъ умноженія на 1,4. Французскій градусъ жесткости равенъ содержанію одной части карбоната кальція на 100000 частей воды, въ англійскомъ одна вѣсовая часть окиси кальція приходится на 125000 частей воды. Стало быть, соотвѣтствуютъ:

100 англійскихъ градусовъ жесткости 80 нѣмецкимъ,
100 французскихъ градусовъ жесткости 56 нѣмецкимъ,
100 французскихъ градусовъ жесткости 70 англійскимъ.

Принципъ опредѣленія жесткости основанъ на полученіи химическаго взаимодѣйствія посредствомъ мыльнаго раствора между нейтральными солями щелочныхъ земель и жирнокислымъ каліемъ (мыломъ); при этомъ члены группы кальція дадутъ съ жирными кислотами нерастворимыя соединенія, галоидъ же съ кислотами неорганическими — растворимыя соли.

Мыльный растворъ берется такимъ, чтобы на 100 куб. см. воды онъ могъ связать 12 мгр. солей кальція или эквивалентныя количества нейтральныхъ солей барія или магнія; значитъ, растворъ этотъ покажетъ 12 нѣмецкихъ градусовъ жесткости.

Сначала изготовляютъ нужное мыло, берутъ для этого 150 частей свинцоваго пластыря, разжижаютъ на водяной банѣ и растираютъ въ однородную массу съ 40 частями углекислаго калія. Вся масса растворяется въ безводномъ алкоголѣ и фильтруется для удаленія какихъ либо нерастворенныхъ частицъ. Затѣмъ путемъ дестилляціи удаляютъ алкоголь изъ фильтра, а оставшееся мыло просушиваютъ на водяной банѣ. Для изготовленія мыльнаго раствора берутъ 20 частей только что полученнаго мыла и растворяютъ ихъ въ 1000 частяхъ разведеннаго 56 процентнаго (по объему) алкоголя. Испытаніе полученнаго мыльнаго раствора производится посредствомъ раствора баріевой соли, 100 куб. см. котораго должны составлять эквивалентъ 12 мгр. извести. Это достигается путемъ растворенія въ одномъ литрѣ дестиллированной воды 0,599 гр. чистаго высушеннаго при 100° C. нитрата барія или 0,523 гр. чистаго, воздушносухого хлорида барія ($BaCl_2 + 2H_2O$). Соли барія взяты здѣсь вмѣсто солей каль-

охлажденія разбавляютъ этотъ растворъ, приливъ 20 гр. воды, фильтруютъ и на каждые 20 гр. раствора придаютъ 30 гр. концентрированной калійной щелочи. Жидкость слѣдуетъ сохранять въ хорошо закрывающемся сосудѣ съ притертой стеклянной пробкой, покрытой парафиномъ. При испытаніи на амміакъ къ водѣ приливаютъ натронной щелочи и небольшое количество реактива Несслера Присутствіе амміака узнается по красной или красноватой окраскѣ жидкости.

d) Сѣрная кислота въ водѣ. Присутствіе сѣрной кислоты узнается по образованію бѣлой мути или осадка отъ прибавленія къ водѣ, подкисленной соляной кислотой, нѣсколькихъ капель раствора хлористаго барія. Хорошая питьевая вода должна содержать не болѣе $^{1}/_{100}\,^{0}/_{0}$ сѣрной кислоты.

e) Хлоръ въ водѣ. Хлоръ узнается по образованію мути отъ прибавленія нѣсколькихъ капель раствора адскаго камня (ляписа) къ водѣ, подкисленной азотной кислотой; процессъ покоится на выдѣленіи хлористаго серебра. Питьевая вода не должна содержать больше 3 частей хлора въ 100000 частей воды.

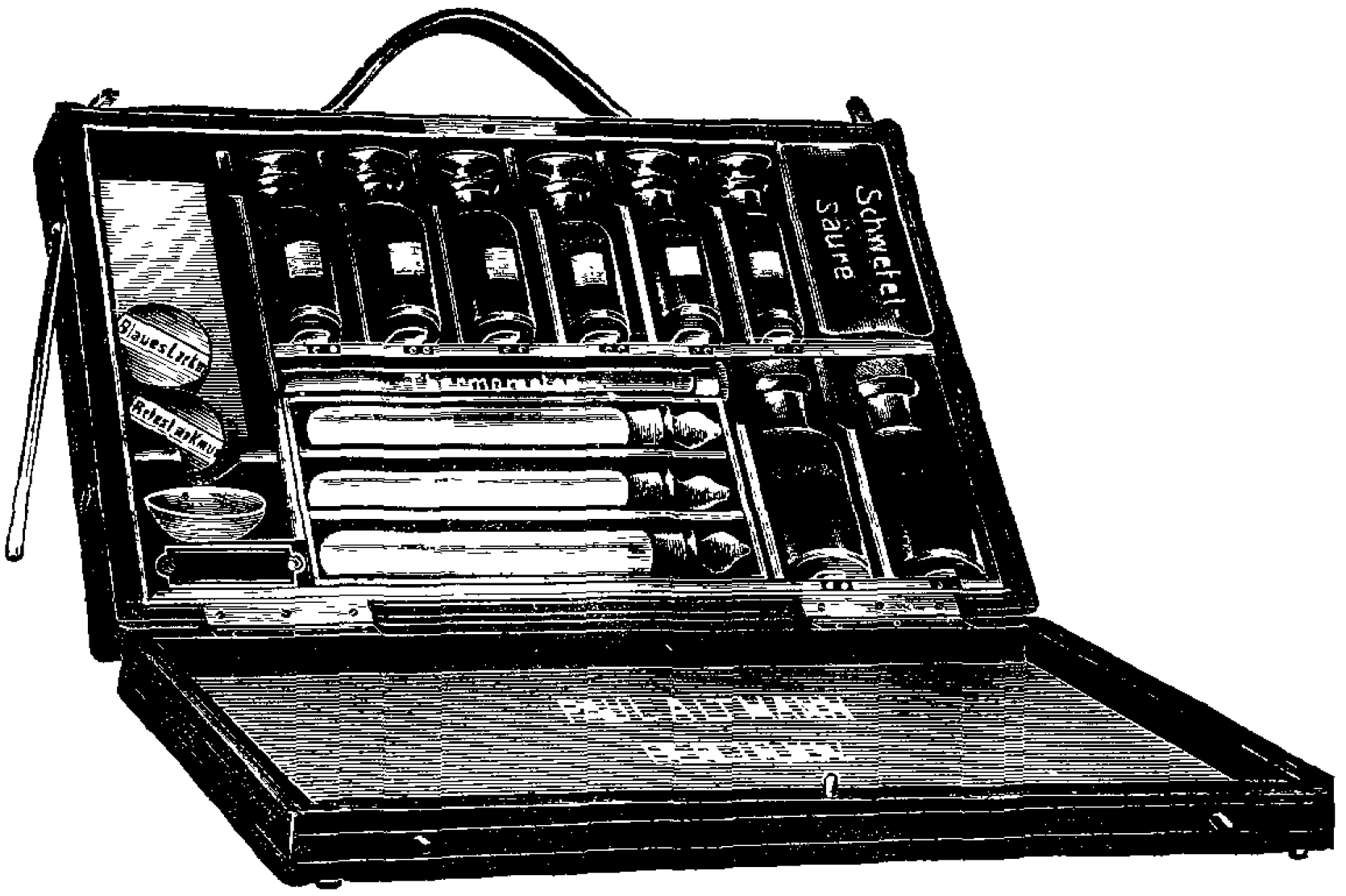
f) Сѣроводородъ въ водѣ. Присутствіе даже малѣйшихъ слѣдовъ сѣроводорода обнаруживается обоняніемъ по запаху тухлыхъ яицъ.

g) Углекислота въ водѣ. Въ какомъ бы видѣ углекислота ни встрѣчалась въ водѣ, въ свободномъ или связанномъ, она всегда вызываетъ образованіе бѣлой мути, если прилить къ водѣ растворъ гидрата окиси кальція. При взятіи пробъ слѣдуетъ наполнять сосудъ водой настолько, чтобы изъ воздуха, заключеннаго въ сосудѣ, вода не могла поглотить замѣтныхъ количествъ углекислоты. Если углекислота связана въ видѣ солей, то остатокъ отъ выпариванія воды вскипаетъ съ соляной кислотой. Чтобы доказать присутствіе въ водѣ свободной углекислоты, добавляютъ къ ней нѣсколько капель розоловой кислоты ($1\,^{0}/_{0}$-аго раствора въ разведенномъ алкоголѣ); появленіе желтой окраски указываетъ на присутствіе свободной углекислоты.

Чтобы выяснить, не обладаетъ ли вода способностью растворять свинецъ и допустимо ли примѣненіе незащищенныхъ свинцовыхъ трубъ при устройствѣ водопровода, поступаютъ по слѣдующему, установленному прусскимъ законодательствомъ, методу:

Въ цилиндрическій сосудъ, емкостью около 1 литра, закрывающійся косо срѣзанной стеклянной пробкой, вставляютъ одну изъ половинъ разрѣзаннаго вдоль куска свинцовой трубы, съ діаметромъ въ 1—2 см.; поверхность этой половины слѣдуетъ предварительно тщательно очистить разведенной азотной кислотой,

хорошенько промыть дестиллированной водой, высушить чистой тряпкой и отполировать. Затѣмъ цилиндръ наливается водой, но такъ, чтобы вмѣстѣ съ водой не попалъ въ него воздухъ и чтобы содержимое цилиндра смѣнилось нѣсколько разъ. Цилиндръ закрывается пробкой такъ, чтобы между водой и пробкой не было воздуха. Не раньше, какъ черезъ 24 часа, слѣдуетъ открыть цилиндръ, взять чистымъ пинцетомъ свинцовую трубку, провести ею нѣсколько разъ внизъ и вверхъ по водѣ, чтобы отряхнуть нерастворенныя, приставшія къ ней свинцовыя соли, и изслѣдовать воду — нефильтрованную — на свинецъ по извѣстнымъ химическимъ методамъ



Фиг. 235.

Для полученія правильныхъ результатовъ, безусловно необходимо брать водныя пробы такъ, чтобы какъ можно меньше измѣнить первоначальное содержаніе газовъ въ водѣ (кислорода, углекислоты). Поэтому опытъ долженъ быть произведенъ тутъ же, на мѣстѣ, со свѣже взятой водой. При пересылкѣ пробъ надо сосудъ, служащій для транспорта, нѣсколько разъ хорошенько прополоскать и затѣмъ наполнить его до краевъ.

Фирма Paul Altmann въ Берлинѣ, по указаніямъ автора, составила и пустила въ оборотъ изображенный на фиг. 235 спеціальный наборъ, заключающій всѣ указанные въ этой главѣ, необходимые для качественнаго анализа въ полѣ реактивы и стклянки, а также термометръ. Наборъ весьма удобенъ для пользованія.

всѣхъ этихъ веществъ довольно сложно и должно быть предоставлено химику. Для техника и геолога же бываетъ иногда крайне важно знать, содержитъ ли вода какое либо изъ этихъ — крайне вредныхъ за исключеніемъ углекислоты — веществъ въ такихъ количествахъ, которыя сдѣлали бы ее непригодной для употребленія. Съ этой цѣлью пользуются слѣдующими методами:

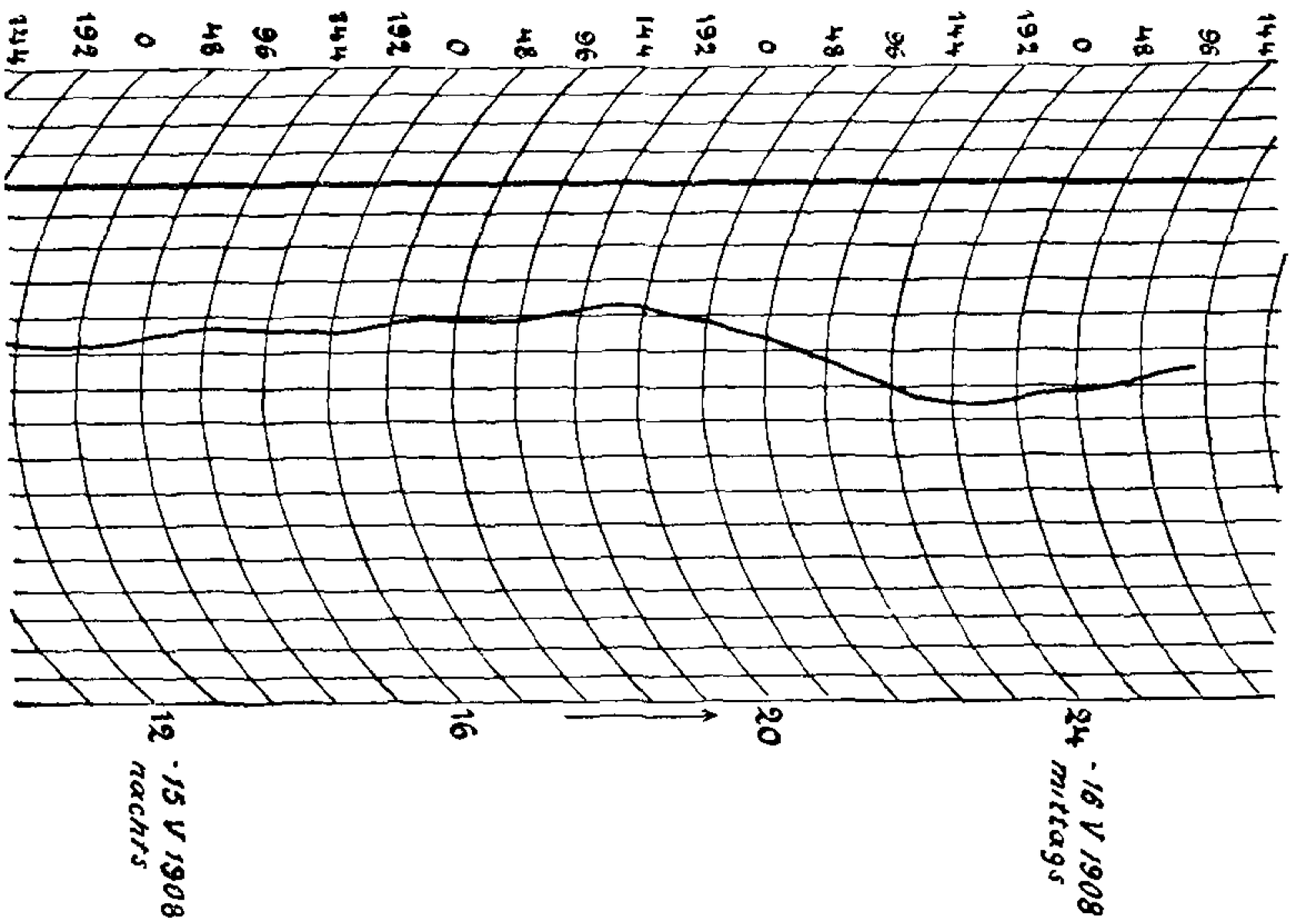
a) Азотная кислота въ водѣ. Хорошее средство для быстраго опредѣленія большихъ количествъ азотной кислоты имѣется въ бруциновой пробѣ. Для этого растворяютъ 1 часть бруцина въ 800 частяхъ дестиллированной воды; берутъ 1 куб. см. изслѣдуемой воды, выпариваютъ его въ маленькой фарфоровой чашечкѣ до небольшой капли, придаютъ сюда 2 капли бруциноваго раствора и затѣмъ 1—10 капель сѣрной кислоты. Интенсивная розовая окраска указала бы на то, что въ водѣ больше азотной кислоты, нежели можетъ быть въ хорошей питьевой водѣ. Отсутствіе окраски доказываетъ малыя количества азотной кислоты или отсутствіе таковой.

b) Азотистая кислота въ водѣ. Даже слѣды азотистой кислоты дѣлаютъ воду непригодной для питья. Чтобы ихъ обнаружить, надо къ водѣ прилить смѣсь изъ 1 части іодистаго калія и 10—12 частей крахмальнаго раствора. При наличности кислоты, даже въ самыхъ малыхъ дозахъ, крахмалъ окрашивается въ синій цвѣтъ. Слѣдуетъ, однако, замѣтить, что хлоръ и бромъ въ свободномъ состояніи также вызываютъ эту реакцію. Поэтому лучше примѣнять растворъ сѣрнокислаго метафенилендіамина. Его приготовляютъ такъ: 1 часть чистаго, плавящагося при 63°, метафенилендіамина растворяютъ въ 200 частяхъ воды и доливаютъ разведенной сѣрной кислоты до явно-кислой реакціи. Растворъ долженъ быть безцвѣтенъ; если же онъ окрашенъ, то обезцвѣчиваніе достигается нагрѣваніемъ его съ прокаленнымъ животнымъ углемъ. Для испытанія воды, наливаютъ ее въ пробирку до половины, подкисляютъ разведенной сѣрной кислотой и добавляютъ сѣрнокислаго метафенилендіамина. При наличности азотистой кислоты, происходитъ образованіе азо-краски, тріамидоазобензола, который характеризуется желто-коричневой окраской (Бисмарковая краска).

c) Амміакъ въ питьевой водѣ. Амміакъ, примѣшанный къ водѣ даже въ милліонныхъ доляхъ, дѣлаетъ ее непригодной. Реакцію на амміакъ производятъ Несслерскимъ реактивомъ, который продается въ аптекахъ въ готовомъ видѣ. Онъ изготовляется такъ: 2 гр. іодистаго калія растворяютъ въ 5 гр. согрѣтой дестиллированной воды и прибавляютъ іодистой ртути до тѣхъ поръ, пока она не перестанетъ растворяться. Послѣ

ванной полоскѣ бумаги, проходящей медленно съ равномѣрной опредѣленной скоростью.

Мѣняется направленіе тока, и онъ проходитъ уже по проволочному сопротивленію (въ 200 омъ): существующая сила тока точно также отмѣчается рычагомъ. Эта смѣна повторяется непрерывно, и послѣ каждаго прохожденія тока черезъ контрольное сопротивленіе направленіе тока автоматически мѣняется на обратное, и онъ проходитъ воду и проволочное сопротивленіе въ обратномъ направленіи, амперметръ же постоянно въ одномъ и томъ же. Такъ какъ приборъ втеченіе четырехъ минутъ дѣ-



Фиг 236.

лаетъ двѣ отмѣтки, то даже быстро переходящія колебанія электропроводности воды не могутъ пройти не отмѣченными.

Отмѣтки рычага образуютъ на бумажной полоскѣ двѣ линіи (ср. фиг. 236). Одна (нижняя на фигурѣ) выражаетъ силу тока при постоянномъ сопротивленіи (проволочномъ) для контроля какихъ либо колебаній въ напряженіи аккумуляторовъ, другая (верхняя на фигурѣ) изображаетъ силу тока при измѣняющемся сопротивленіи изслѣдуемой воды, при условіи постояннаго напряженія аккумуляторовъ. Разстояніе между обѣими линіями въ каждый данный моментъ даетъ уже нѣкоторую придержку для простого глазомѣрнаго сужденія объ электропроводности воды, и особенно о ея колебаніяхъ, численное же выраженіе электропроводности достигается путемъ вычисленія по относительному положенію точекъ кривыхъ въ данный моментъ времени.

ГЛАВА 61.

Автоматическая запись колебаній солеиосности воды.

Спитта и Плейснеръ сконструировали приборъ для автоматической записи электропроводности воды, а вмѣстѣ съ тѣмъ и ея химическаго состава. Они воспользовались свойствомъ воды измѣнять свою электропроводность въ зависимости отъ концентраціи и степени диссоціаціи растворенныхъ въ ней солей (ср. стр. 374)[1]).

Электропроводность изслѣдуемой воды равняется частному отъ дѣленія $\frac{\text{силы тока на}}{\text{электромот. силу}}$. Силу тока указываетъ отклоненіе амперметра. Если электромоторную силу (напряженіе) сохранять постоянной или контролировать ея постепенное пониженіе, то можно вычислить сопротивленіе изслѣдуемой воды, т. е. ея электропроводность, и прослѣдить всѣ ея измѣненія.

Автоматическая запись колебаній силы тока легко достигается посредствомъ самодѣйствующаго амперметра, по Рапсу. Напряженіе контролируется такъ: черезъ правильные короткіе промежутки времени получаемый изъ аккумуляторовъ токъ направляется не въ воду, сопротивленіе которой желательно опредѣлить, а въ систему проволокъ съ извѣстнымъ постояннымъ сопротивленіемъ. Явленія поляризаціи, особенно отложеніе твердыхъ веществъ на электродахъ, отчасти парализуются тѣмъ, что при измѣреніяхъ направленіе тока автоматически мѣняется черезъ каждыя двѣ минуты.

Самопишущій аппаратъ работаетъ двумя токами:

1. измѣрительный токъ изъ шести свинцовыхъ аккумуляторовъ,
2. вспомогательный токъ отъ нѣкотораго числа сухихъ элементовъ, совершающій въ приборѣ работу включенія и выключенія.

Измѣрительный токъ, при посредствѣ двухъ погруженныхъ въ воду графитовыхъ электродовъ, переходитъ на воду, а кромѣ того — въ милліамперметръ. Приборъ троекратнымъ опусканіемъ рычага отмѣчаетъ положеніе стрѣлки амперметра на хронометро-

---

1) Pleissner, Über die Messung und Registrierung des elektrischen Leitvermögens von Wässern mit Hilfe von Gleichstrom. „Arb. a. a. Kais. Gesundheitsamte“, XXX, 3, 1909, стр. 483—523. — Spitta nnd Pleissner, Neue Hilfsmittel für die hygienische Beurteilung und Kontrolle von Wässern. Тамъ-же, стр. 463—482. Со времени перваго его описанія приборъ, какъ намъ сообщаетъ фирма Сименсъ и Гальске, подвергся нѣкоторымъ видоизмѣненіямъ, которыя, однако, ничуть не нарушаютъ принципа его.

При изслѣдованіи верхнихъ слоевъ открытыхъ водоемовъ и текучихъ водъ, опущенные въ воду электроды должны быть защищены отъ случайно плавающихъ на водѣ предметовъ посредствомъ особой предохранительной рѣшетки [1]). Записывающій приборъ при опытахъ въ полѣ слѣдуетъ помѣщать въ особую небольшую запирающуюся будку. Если надо изслѣдовать болѣе глубокіе слои, то электроды, прикрѣпленные къ поплавку, опускаются на соотвѣтственную глубину, верхнія же ихъ части покрываются параффиномъ и стекломъ.

При вычисленіяхъ надо учитывать вліяніе еще слѣдующихъ двухъ факторовъ: поляризаціи и внутренняго сопротивленія прибора; но по этому поводу мы сошлемся на вторую изъ работъ, отмѣченныхъ на стр. 429. Тамъ, въ таблицѣ 17, для всѣхъ возможныхъ на практикѣ значеній, получаемыхъ при отсчетѣ прибора, даны особыя выраженія, найденныя путемъ перечисленія; умножая эти выраженія на извѣстное внутреннее сопротивленіе прибора (вѣрнѣе — на тысячную долю этого сопротивленія), получаютъ непосредственно удѣльную электропроводность среды.

Если внутреннее сопротивленіе прибора равняется какъ разъ 0,1, то вычисленіе, разумѣется, особенно просто.

Далѣе, удѣльная электропроводность (x) въ немалой степени зависитъ отъ температуры проводника. Поэтому, для полученія сравнимыхъ результатовъ, надо относить ее къ нѣкоторой нормальной температурѣ. Въ настоящее время принята температура въ 18^0 C. Если температура воды во время измѣренія [2]) извѣстна, то для полученія электропроводности при 18^0 надо умножить найденную электропроводность на факторъ, указанный для соотвѣтственной температуры въ таблицѣ 19 вышеупомянутой работы.

Измѣненіе электропроводности, обусловленное примѣсью 2 частей сточныхъ водъ къ 100 частямъ воды рѣки Шпре, совершенно ясно отмѣчается приборомъ.

Приборъ не менѣе пригоденъ также для постояннаго контроля условій водоснабженія Значительныя колебанія химическаго состава питьевой воды чаще всего наблюдаются на ключевыхъ водахъ и при томъ такихъ, которыя находятся въ непосредственной связи съ земной поверхностью. При сильныхъ

---

1) Если длина проволоки, соединяющей аккумуляторъ съ электродомъ, превышаетъ 15 м., то сопротивленіе проволоки должно быть учитываемо при вычисленіяхъ.

2) При устройствѣ постоянныхъ контрольныхъ станцій на рѣкахъ и т. п., цѣлесообразно установить, рядомъ съ приборомъ для записи электропроводности, самодѣйствующіе приборы для записи температуры и высоты стоянія воды.

осадкахъ поверхностныя воды нерѣдко примѣшиваются къ ключевой водѣ, измѣняя химическій составъ ея. Въ подобныхъ неблагопріятныхъ условіяхъ находится водоснабженіе Парижа, Падерборна и многихъ другихъ мѣстъ [1]).

По наблюденіемъ Гійера, удѣльное электрическое сопротивленіе одного источника, находившагося въ подземной связи съ рѣкой Авръ, колебалось между 2480 и 4059 омъ. Источники парижскаго водопровода, по изслѣдованіямъ Диннера, показывали въ нормальное время сопротивленіе въ предѣлахъ 2030 и 2950 омъ. Въ одной части этихъ источниковъ сопротивленіе послѣ сильныхъ осадковъ не измѣнялось; въ другой же части оно возрастало на различныя величины отъ 60—2000 омъ, т. е. электропроводность падала соотвѣтственно притоку бѣдной солями дождевой воды.

Праусницъ, составивъ кривыя, по даннымъ своихъ многочисленныхъ наблюденій надъ электропроводностью воды рѣки Муръ и залегающихъ поблизости колодезныхъ водъ, служащихъ для водоснабженія города Грацъ, весьма наглядно изобразилъ ходъ вліянія рѣчной воды, при высокомъ ея стояніи, на воды сосѣднихъ колодцевъ. Электропроводность воды третьяго лугового колодца, напр., за время отъ 11 мая по 18 іюля 1907 года колебалась въ предѣлахъ 1,88 и $4{,}65 \times 10^{-4}$.

Эрніель изслѣдовалъ воду Будапештскаго водопровода, при чемъ оказалось, что за двухнедѣльный срокъ удѣльная электропроводность колебалась отъ $3{,}96—4{,}68 \times 10^{-4}$, что, по нашему прибору, соотвѣтствовало бы положенію стрѣлки на 37 и 44. Сухой остатокъ этой воды, при одновременно произведенныхъ химическихъ анализахъ, равнялся отъ 289 до 357 мгр. на литръ. Примѣненіе, въ цѣляхъ контроля водоснабженія, самодѣйствующаго прибора для записи электропроводности воды дало бы возможность опредѣлить случайныя, преходящія измѣненія въ составѣ воды. При современномъ же положеніи дѣлъ, когда весь контроль сводится къ тому, что черезъ опредѣленные сроки производятъ химическое и бактеріологическое изслѣдованіе воды, подобныя измѣненія проходятъ либо совершенно незамѣченными, либо обнаруживаются слишкомъ поздно. Кромѣ того, автоматическій приборъ является надежнымъ показателемъ того, когда именно слѣдуетъ произвести изслѣдованіе воды.

За время отъ 13—16 мая 1908 г. были произведены опредѣленія удѣльной электропроводности воды рѣки Шунтеръ (близъ

---

2) Ср. Gärtner, Die Quellen in ihren Beziehungen zum Grundwasser und zum Typhus. „Klinisches Jahrbuch“, Bd. IX, Jena 1902.

Содержаніе хлора обозначено крестами, которые черточками соединены въ кривую. Жесткость нанесена въ видѣ треугольниковъ, соединенныхъ пунктиромъ.

Постановленіемъ имперскаго санитарнаго совѣта, максимумъ допустимаго загрязненія рѣкъ Шунтеръ, Океръ и Аллеръ сточными водами хлоркаліевыхъ заводовъ былъ опредѣленъ для:

хлора въ . . . . 400—450 мгр.
жесткости въ. . . 50—55°.

Обратимся къ фигурѣ. Здѣсь верхнія предѣльныя границы, т. е. 450 мгр. хлора и 55° жесткости, нанесены въ видѣ горизонтальныхъ линій и кривыя показываютъ, что содержаніе хлора два раза въ теченіе трехъ дней значительно превысило допустимый максимумъ, жесткость же оставалась ниже максимальной (поскольку, разумѣется, правильны выводы на основаніи имѣющихся немногочисленныхъ наблюденій).

Сравнивая кривую содержанія хлора съ измѣненіемъ единичныхъ значеній электропроводности, по Кольраушу, мы находимъ полную согласованность.

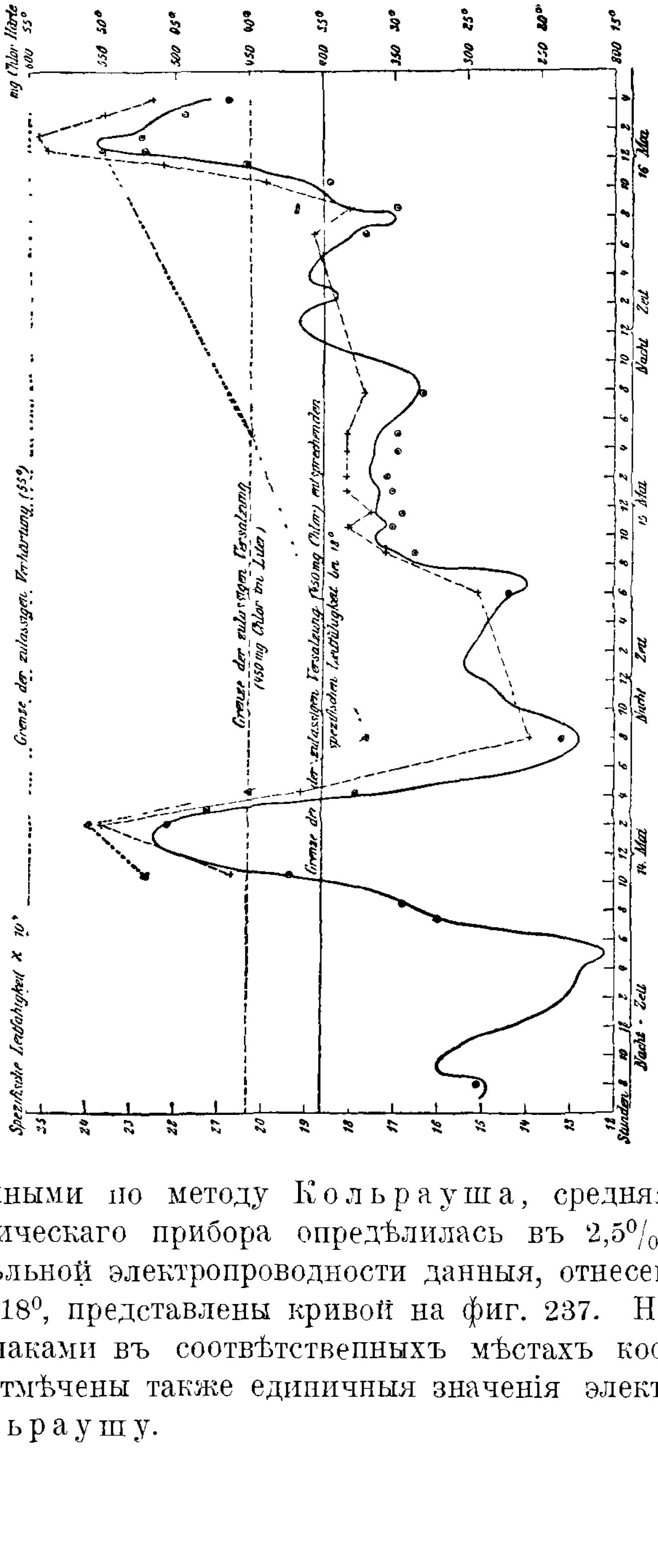
Эти же значенія во всѣхъ существенныхъ точкахъ совпадаютъ съ кривою самодѣйствующаго прибора. Объ этомъ свидѣтельствуютъ и полученныя числа. Тѣ незначительныя отклоненія, которыя наблюдаются, могутъ быть объяснены, между прочимъ, тѣмъ, что пробы воды, служившія для опредѣленія хлора и электропроводности, по Кольраушу, хотя и соотвѣтствуютъ по времени той водѣ, которая изслѣдовалась самодѣйствующимъ приборомъ, все же не вполнѣ идентичны съ нею, такъ какъ черпались вблизи электродовъ.

На фигурѣ, въ видѣ горизонтальной линіи, отмѣчена также удѣльная электропроводность при 18°, соотвѣтствующая предѣльной допустимой соленосности воды (450 мгр. хлора). Сопоставляя эту линію съ кривою самодѣйствующаго прибора, мы еще съ большей увѣренностью, нежели по кривой хлора, можемъ констатировать тотъ фактъ, что предѣлъ солености былъ превзойденъ два раза. Поэтому непрерывная кривая самодѣйствующаго прибора вполнѣ можетъ замѣнить полученныя изъ отдѣльныхъ опредѣленій кривыя хлора и электрической сопротивляемости.

Громадныя преимущества этого прибора въ санитарномъ и санитарно-полицейскомъ отношеніи заключается въ его непрерывной работѣ и въ доставленіи документальныхъ данныхъ.

По двумъ линіямъ, отмѣчаемымъ на лентѣ прибора, можно установить во всякое время, не произошло ли чрезмѣрное осоленіе воды, какихъ размѣровъ оно достигало, въ какое время наблюдалось на мѣстѣ изслѣдованія. Отсюда путемъ обратныхъ

Брауншвейга), которая принимаетъ сточныя воды завода, фабрикующаго хлористый калій. Одновременно было произведено изслѣдованіе удѣльной электропроводности посредствомъ перемѣннаго тока по методу Кольрауша, опредѣлялось содержаніе хлора, а также жесткость воды. Сравнительно съ результатами,



Фиг. 237.

— Кривая электропроводности по Спитта и Плеинеру.
• Единичныя величины электропроводности по Кольрауш у.
Содержаніе хлора.
Жесткость.

полученными по методу Кольрауша, средняя погрѣшность автоматическаго прибора опредѣлилась въ 2,5%. Полученныя для удѣльной электропроводности данныя, отнесенныя къ температурѣ 18°, представлены кривой на фиг. 237. На фигурѣ особыми знаками въ соотвѣтствепныхъ мѣстахъ координатной системы отмѣчены также единичныя значенія электропроводности, по Кольрауш у.

заключеній, принимая во вниманіе быстроту теченія, въ большинствѣ случаевъ не трудно открыть источникъ загрязненій и принять необходимыя мѣры пресѣченія. А если такое нарастаніе идетъ постепенно или съ извѣстною правильностью, то въ надлежащее время можно будетъ произвести химическое изслѣдованіе воды.

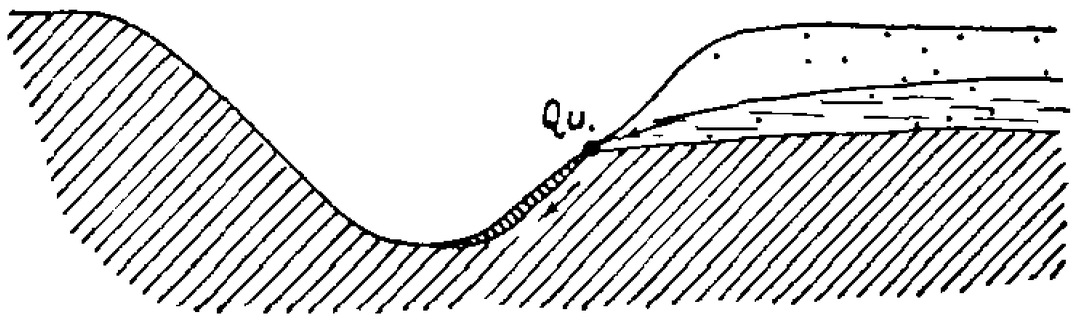
9. Развѣдки на воду.

ГЛАВА 62.

Поиски источниковъ.

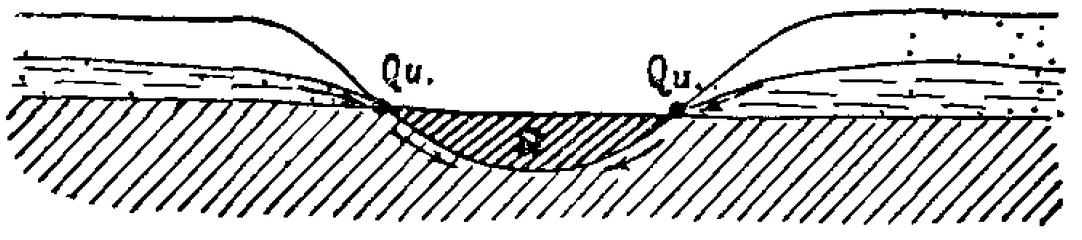
Наиболѣе простой и удобный путь къ отысканію всѣхъ имѣющихся въ нѣкоторой области источниковъ состоитъ въ слѣдованіи теченію открытыхъ водныхъ артерій со всѣми ихъ развѣтвленіями, до самаго мѣста ихъ возникновенія. Этимъ путемъ одновременно достигается довольно ясное представленіе объ общихъ гидрографическихъ условіяхъ данной области. Изученіе существующихъ картъ, даже самыхъ лучшихъ, совершенно недостаточно для отысканія источниковъ, и даже на наиболѣе детальныхъ планшетахъ источники отмѣчены лишь очень неточно и съ большими пробѣлами. При отысканіи источниковъ слѣдуетъ считаться съ тѣмъ обстоятельствомъ, что внѣшній видъ ихъ чрезвычайно разнообразенъ, что не всякій источникъ замѣтенъ для глазъ въ мѣстѣ своего выхода на земную поверхность. Есть источники, которые выносятъ все свое водное богатство въ одномъ мѣстѣ, на узкоограниченномъ пространствѣ, но есть и такіе, которые образуютъ цѣлую группу болѣе мелкихъ источниковъ, распредѣленныхъ на большой, сравнительно, площади и соединяющихся лишь впослѣдствіи въ одно общее русло. Въ этомъ случаѣ, при наличности одинаковыхъ геологическихъ условій, говорятъ о группѣ источниковъ. Въ такой группѣ обыкновенно наблюдается, что наиболѣе рѣзкимъ колебаніямъ производительности подвержены источники наиболѣе высоко лежащіе, а болѣе низко расположенные источники, на ряду съ болѣе высокой производительностью, отличаются и большей равномѣрностью теченія. Очень часто вода при выходѣ на поверхность образуетъ не сразу, а то и вовсе не образуетъ свободнаго, открыто текущаго источника, но остается въ скрытомъ видѣ, смачивая лишь почву на значительномъ пространствѣ и вызывая появленіе различныхъ водолюбовъ, каковы: хвощи, камыши, болотные мхи, осоки на такихъ мѣстахъ, гдѣ, по общимъ естествен-

ходя при этомъ въ основательное соприкосновеніе съ атмосфернымъ воздухомъ, то они теряютъ часть своей углекислоты, а вмѣстѣ съ тѣмъ — и способность удерживать названныя соли въ растворѣ. Эти соли выдѣляются, инкрустируютъ смоченныя растенія и съ теченіемъ времени образуютъ пористый, ноздреватый, рыхлый, затвердѣвающій на воздухѣ известнякъ, такъ называемый известковый туфъ. Можно съ увѣренностью сказать, что тамъ, гдѣ встрѣчается это образованіе, должны быть и источники либо открытые, либо скрытые на небольшой глубинѣ подъ земною поверхностью, а стало быть, — долженъ быть и потокъ грунтовой воды, питающій ихъ. Въ настоящее время источники выходятъ обыкновенно у нижняго края отложеній известковаго туфа,



Фиг. 239.

или же они текутъ по особымъ, выдолбленнымъ текущей водою ложбинкамъ; первоначальное же мѣсто ихъ выхода лежитъ выше, а именно совпадаетъ приблизительно съ верхними точками известковой толщи. Если отложенія туфа имѣются лишь на одномъ склонѣ долины, то, вообще говоря, будетъ нетрудно обнаружить выходъ источника на поверхность (фиг. 239). Но если оба склона



Фиг. 240.

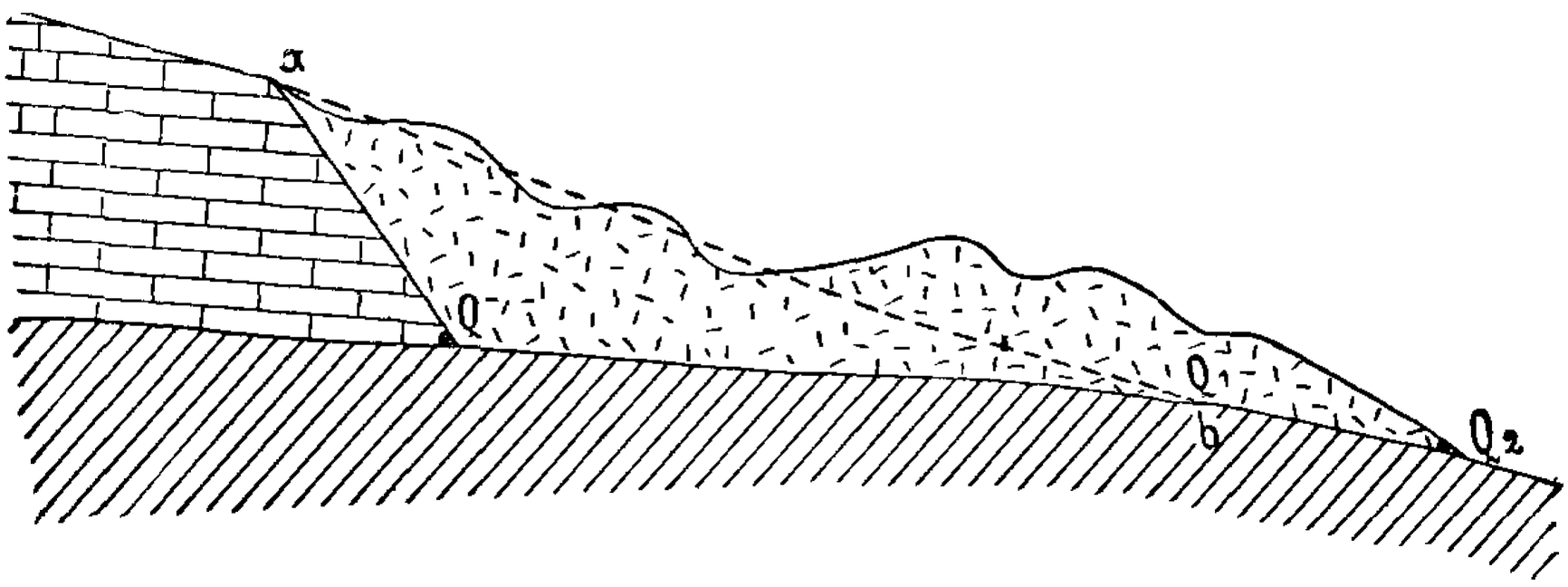
богаты источниками и туфъ залегаетъ на обоихъ склонахъ, то объ залежи туфа могутъ встрѣчаться въ серединѣ долины и заполнить ее, образуя горизонтальную поверхность. Въ такомъ случаѣ, закладывая посерединѣ долины въ отложеніяхъ туфа буровыя скважины, доходящія до дна долины, можно ожидать, что будетъ обнаруженъ одинъ сильный источникъ, происшедшій отъ стеканія болѣе мелкихъ первоначальныхъ (фиг. 240).

Но не всегда по присутствію известковаго туфа можно заключать о непремѣнномъ существованіи источниковъ. Есть болѣе старыя дилювіальныя отложенія известковаго туфа, источники которыхъ давнымъ-давно исчезли, вслѣдствіе различныхъ коренныхъ измѣненіи земной поверхности.

в) Образованіе нишъ вслѣдствіе оползней.

При залеганіи водоносныхъ слоевъ на непроницаемомъ основаніи можетъ произойти скольженіе части этихъ слоевъ по увлажненному, большею частью глинистому и потому скользкому, основанію. Скольженіе начинается у первоначальнаго мѣста выхода источника, разрушенные слои скользятъ внизъ по склону, за ними слѣдуютъ новыя части, и въ водоносномъ слоѣ, въ концѣ концовъ, образуется полукруглая ниша, верхній край которой совершенно сухъ. Фиг. 241 поясняетъ только что сказанное.

Первоначально источникъ выходилъ у Q_1, т. е. въ мѣстѣ пересѣченія первоначальной поверхности a b съ границей между проницаемой и непроницаемой породами. Но постепенно, вслѣдствіе образованія оползня, первичное мѣсто выхода передвинулось въ Q, вторичное — въ Q_2. Такія соотношенія наблюдаются очень часто какъ въ твердыхъ, такъ и въ рыхлыхъ породахъ, и



Фиг 241.

по нимъ всегда и съ большою степенью вѣроятности можно заключать о существованіи источниковъ въ центрѣ такой ниши.

г) Желѣзняки.

Какъ уже сказано, всѣ желѣзистые источники выдѣляютъ на воздухѣ большую часть своего желѣза въ видѣ краснобураго гидрата окиси желѣза; иногда сильная охристая окраска указываетъ на то, что въ соотвѣтственномъ мѣстѣ когда-то имѣлся источникъ, который въ настоящее время, вслѣдствіе пониженія уровня грунтовыхъ водъ, течетъ, вѣроятно, на нѣкоторой глубинѣ подъ земною поверхностью и, стало быть, можетъ быть открытъ безъ особеннаго труда.

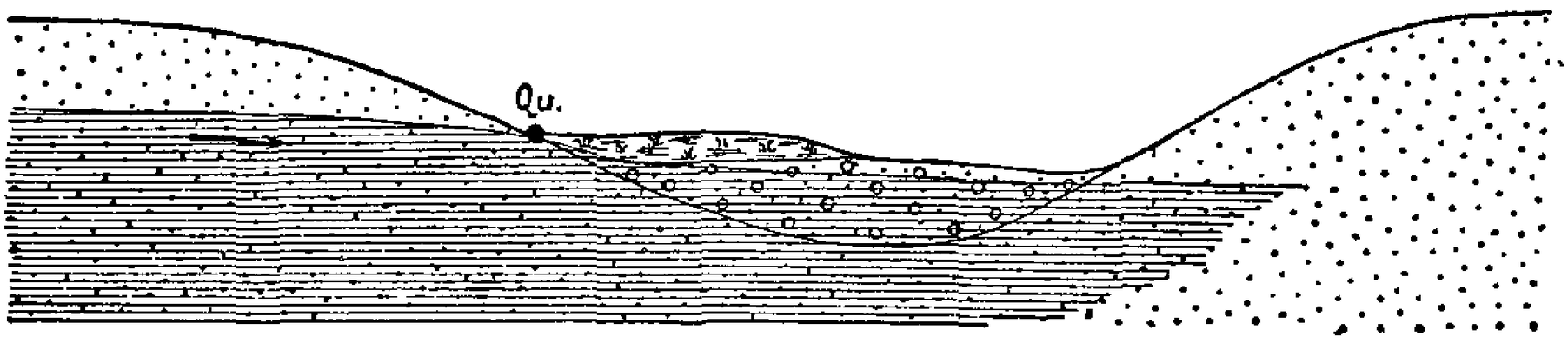
д) Кромѣ того, не лишены значенія также нѣкоторые метеорологическіе и біологическіе признаки существованія источниковъ, которые могутъ оказаться полезными особенно въ томъ случаѣ, когда вода не совсѣмъ достигаетъ земной поверхности. Въ такихъ мѣстахъ болѣе сильное охлажденіе воздуха ведетъ къ образованію легкихъ тумяновъ, а болѣе высокая

нымъ условіямъ, нельзя было бы подозрѣвать ихъ существованія. Стало быть, и растительному міру изслѣдуемой области слѣдуетъ удѣлять не малую долю вниманія.

Къ перечисленнымъ уже прямымъ признакамъ существованія источниковъ слѣдуетъ присовокупить еще слѣдующіе:

а) Заболачиваніе склоновъ и аналогичныя явленія.

Подъ заболачиваніемъ склоновъ разумѣютъ явленіе отложенія органическихъ остатковъ по склонамъ, происходящее такъ, какъ показано на поперечномъ разрѣзѣ такого болота (фиг. 238), верхняя часть котораго, прилегающая къ склону, горизонтальна, а передняя имѣетъ обыкновенно довольно сильный уклонъ, соотвѣтствующій уклону подстилающей горной породы. Явленіе заболачиванія склоновъ обусловлено выходомъ источниковъ, которые не трудно открыть при искусственныхъ обнаженіяхъ горной породы въ верхнихъ частяхъ заболоченныхъ склоновъ; вода источниковъ пропитываетъ болото въ скрытомъ видѣ и выходитъ на свѣтъ Божій лишь у подошвы болота, если только искусствен-



Фиг. 238.

нымъ осушеніемъ, въ цѣляхъ сельскохозяйственной культуры или лѣсного хозяйства, естественныя условія стока не нарушены. При искусственныхъ обнаженіяхъ, въ такихъ болотахъ, въ противоположность стоячей водѣ низинныхъ луговыхъ болотъ, будетъ обнаружена ясная, быстро стекающая вода. Вода ручейковъ, вытекающихъ изъ подошвы болота, можетъ быть окрашена въ бурый цвѣтъ отъ примѣси перегнойныхъ веществъ, но это обстоятельство въ вопросѣ объ утилизаціи источниковъ лишено всякаго значенія, такъ какъ первоначально окраска отсутствуетъ, являясь лишь слѣдствіемъ протока черезъ болото. Въ качествѣ примѣра, можно указать на полосу заболоченныхъ ключей, тянущуюся на разстояніи 40 км. вдоль сѣвернаго края западной части Флеминга, отъ Цизаръ черезъ Магдебургерфортъ на Тэсенъ, гдѣ цѣлымъ рядомъ буреній удалось доказать существованіе могучаго, питающаго эти источники потока грунтовой воды.

б) Отложенія известковаго туфа.

Если источники, содержащіе углекислую известь и закись желѣза, съ значительной быстротой низвергаются по склону, при-

влажность воздуха такихъ мѣстъ привлекаетъ рои комаровъ и и мухъ, которые, такимъ образомъ, могутъ служить косвеннымъ признакомъ наличности источника.

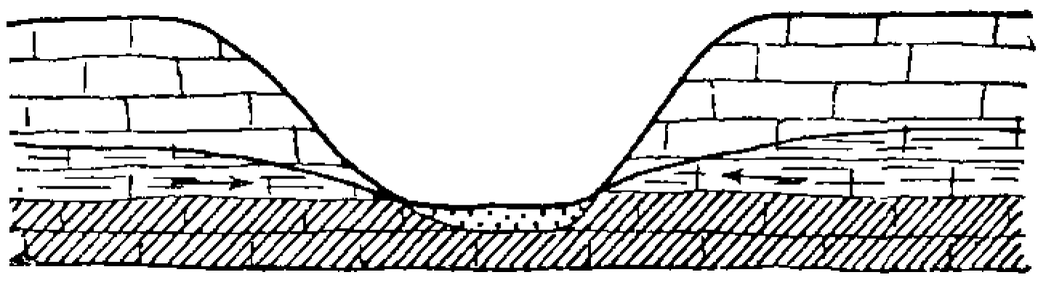
е) Многіе источники выбиваются изъ-подъ поверхностно залегающихъ обломочныхъ породъ и, лишь пройдя нѣкоторое разстояніе на незначительной глубинѣ подъ земною поверхностью, снова выходятъ на свѣтъ Божій, но могутъ и вовсе исчезнуть при нѣкоторыхъ условіяхъ, а именно въ томъ случаѣ, когда они сливаются непосредственно съ грунтовой водой, въ аллювіи долинъ. Отысканіе такихъ источниковъ, разумѣется, болѣе затруднительно, нежели отысканіе источниковъ, открыто стекающихъ, и можно лишь послѣ тщательнѣйшаго ознакомленія съ геологическимъ строеніемъ изслѣдуемой области. Если для нея имѣются геологическія карты, то задача существенно упрощается: надо лишь руководствуясь картой и, основываясь на самостоятельныхъ наблюденіяхъ въ природѣ, создать себѣ возможно ясное представленіе объ отношеніи имѣющихся породъ или формацій къ водѣ, о степени ихъ водопроницаемости, о степени ихъ скважистости, обусловливающей водоносность, о возможномъ существованіи чередующихся напластованій. Далѣе, надо выяснить съ возможною тщательностью условія залеганія породъ, для чего необходимо основательно изучить всѣ детали картографическаго изображенія. Надо изслѣдовать, залегаютъ ли пласты горизонтально, наклонно или складчато, сохранились ли они въ цѣлости, или же они изломаны и нарушены въ мѣстахъ дислокаціи. Надо прослѣдить ходъ этихъ дислокацій и установить, нѣтъ ли надъ проницаемыми образованіями непроницаемыхъ слоевъ, нѣтъ ли среди слоистыхъ породъ штоковъ или линзъ изверженныхъ породъ или рудоносныхъ и минеральныхъ жилъ.

Хорошая геологическая карта даетъ непосредственный отвѣтъ на всѣ эти вопросы, и изслѣдовательно источниковъ въ данномъ случаѣ остается лишь прослѣдить вліяніе всѣхъ этихъ разнообразныхъ условій на гидрографію мѣстности. Отсутствіе спеціальныхъ картъ сильно усложняетъ задачу, ибо въ такомъ случаѣ необходимо приступить либо къ изготовленію таковыхъ, либо, за отсутствіемъ времени и средствъ, создать себѣ достаточно ясное представленіе о геологическихъ условіяхъ путемъ простого рекогносцировочнаго осмотра мѣстности. Надо изучить изслѣдуемую область въ геологическомъ отношеніи, по крайней мѣрѣ, настолько, чтобы возможно было по геологическому строенію поверхности безошибочно опредѣлять тѣ рѣшающіе факторы, которые указывали бы на наиболѣе благопріятныя условія для образованія источниковъ.

Въ дальнѣйшемъ изложеніи, согласно законамъ появленія источниковъ, изложеннымъ въ главахъ 41 по 50, будутъ даны краткія указанія того, на какія именно обстоятельства слѣдуетъ обращать особенное вниманіе при отыскаціи источниковъ въ различныхъ геологическихъ областяхъ.

1. Отысканіе источниковъ въ твердыхъ породахъ.

а) Горизонтальное сложеніе. Установивъ наличность водоупорнаго непроницаемаго пласта подъ водопроницаемыми образованіями, находятъ границу между ними. Она, большею частью, будетъ тянуться вдоль склоновъ эрозіонныхъ долинъ. Въ такомъ случаѣ, источники по склонамъ будутъ появляться преимущественно въ такихъ мѣстахъ, гдѣ пограничная линія обнаруживаетъ нѣкоторую вогнутость, т. е. на вогнутыхъ частяхъ склоновъ, между тѣмъ какъ на выпуклыхъ частяхъ источники будутъ находиться рѣдко и тѣмъ рѣже, чѣмъ ближе другъ другу расположены впадины и выпуклости. (Ср. фиг. 176 и 177, стр. 311).



Фиг. 242.

При горизонтальномъ напластованіи, оба склона долины должны, казалось бы, находиться въ одинаково благопріятныхъ условіяхъ для появленія источниковъ (фиг. 242). На самомъ же дѣлѣ, источники будутъ появляться чаще и будутъ богаче водою на томъ склонѣ долины, къ которому примыкаетъ болѣе обширная площадь питанія, т. е. площадь съ одинаковыми гидрологическими условіями. Если склонъ на значительномъ протяженіи липенъ какихъ бы то ни было вогнутостей, то этимъ будетъ обусловлено существованіе многочисленныхъ мелкихъ источниковъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ выходъ источниковъ будетъ распредѣленъ равномѣрно по всей линіи.

б) Наклонное сложеніе. Если при наклонномъ въ одну сторону залеганіи пластовъ въ долинѣ надъ уровнемъ ея имѣется горизонтъ источниковъ, то одинъ склонъ, а именно тотъ, отъ котораго слои идутъ на пониженіе (фиг. 180, слѣва) будетъ совершенно лишенъ источниковъ, другой же, къ которому они понижаются (фиг. 180, справа), будетъ тѣмъ богаче источниками, чѣмъ меньше паденіе пластовъ и чѣмъ больше, стало быть, площадь инфильтраціи. Если слои падаютъ вдоль долины круче ея

поверхностно стекающей воды выше и ниже критическаго мѣста, если обнаруживается увеличеніе ея количества.

е) Изверженныя породы и минеральныя жилы. Образованіе трещинъ въ твердыхъ породахъ создаетъ для просачивающихся водъ удобные пути циркуляціи, даже въ тѣхъ случаяхъ, если произошло нѣкоторое заполненіе трещинъ. Трещины могутъ быть заполнены либо изверженными породами — огненно-жидкимъ путемъ, либо рудами и какими либо другими минералами — воднымъ путемъ. Но въ обоихъ случаяхъ разорванная трещиной порода сохраняетъ нѣкоторую скважность вдоль стѣнокъ трещинъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ — и нѣкоторую водопроницаемость. Поэтому вода циркулируетъ именно по этимъ трещинамъ, гдѣ и скопляется въ значительныхъ количествахъ. Въ рудникахъ ведется жестокая борьба съ водою, циркулирующей по рудоноснымъ жиламъ, а по линіи выхода такихъ жилъ на земную поверхность часто наблюдаются расположенные рядами источники. То же самое слѣдуетъ сказать о прослойкахъ изверженныхъ породъ въ породахъ, мало проницаемыхъ для воды (прослойки діабаза въ сланцѣ, гранита и порфира въ гнейсѣ, базальта въ юрскихъ известнякахъ Швабской возвышенности). При отысканіи источниковъ нужно, стало быть, зорко слѣдить за появленіемъ и дальнѣйшимъ развитіемъ какъ рудоносныхъ и минеральныхъ жилъ, такъ и прослойковъ изверженныхъ породъ.

Если сильно скважистые и, слѣдовательно, одаренные большою водоносною способностью прослойки изверженныхъ породъ упираются въ пласты малопроницаемыхъ слоистыхъ породъ (напр., глинистаго сланца), то вода, задержанная этими послѣдними, собираясь и поднимаясь, образуетъ переливающіеся источники (ср. гл. 45 и фиг. 198). Граница такихъ прослойковъ требуетъ, такимъ образомъ, тщательнаго изученія.

Въ областяхъ болѣе обширнаго распространенія изверженныхъ породъ и близкихъ къ нимъ въ гидрологическомъ отношеніи кристаллическихъ сланцевъ источники появляются преимущественно въ видѣ трещинныхъ источниковъ (ср. гл. 47); и при ихъ отысканіи слѣдуетъ имѣть въ виду то обстоятельство, что условія для ихъ возникновенія тѣмъ благопріятнѣе, чѣмъ глубже долина, и что они поэтому часто выходятъ не на самой поверхности, а на нѣкоторой глубинѣ въ аллювіальныхъ отложеніяхъ, покрывающихъ дно долины.

Кромѣ того, должны быть изслѣдованы болѣе значительныя скопленія оставшихся на мѣстѣ продуктовъ вывѣтриванія, водные запасы которыхъ стекаютъ, разумѣется, въ наиболѣе низкой точкѣ ихъ, вызывая здѣсь часто образованіе органогенныхъ отложеній.

дна, то въ томъ пунктѣ долины, гдѣ наклонный водонепроницаемый слой выходитъ на дневную поверхность, можно ожидать въ толщѣ аллювія подпорныхъ водъ (см. фиг. 201), откуда онѣ выводятся наружу шурфованіемъ.

в) Складчатое сложеніе. Долина заложена въ мульдообразномъ углубленіи (синклинальная долина, фиг. 178). Въ этомъ случаѣ оба склона находятся въ одинаковыхъ и столь же благопріятныхъ условіяхъ въ смыслѣ появленія источниковъ, какъ правый склонъ долины въ случаѣ b (фиг. 226).

Долина залегаетъ въ сѣдловинѣ (антиклинальная долина, фиг. 179). Въ этомъ случаѣ надежда найти источники столь же мала, какъ и на лѣвомъ склонѣ долины въ случаѣ b. Въ такой долинѣ можно еще, пожалуй, найти нѣкоторое количество грунтовой воды въ заполняющихъ ея русло обломочныхъ породахъ.

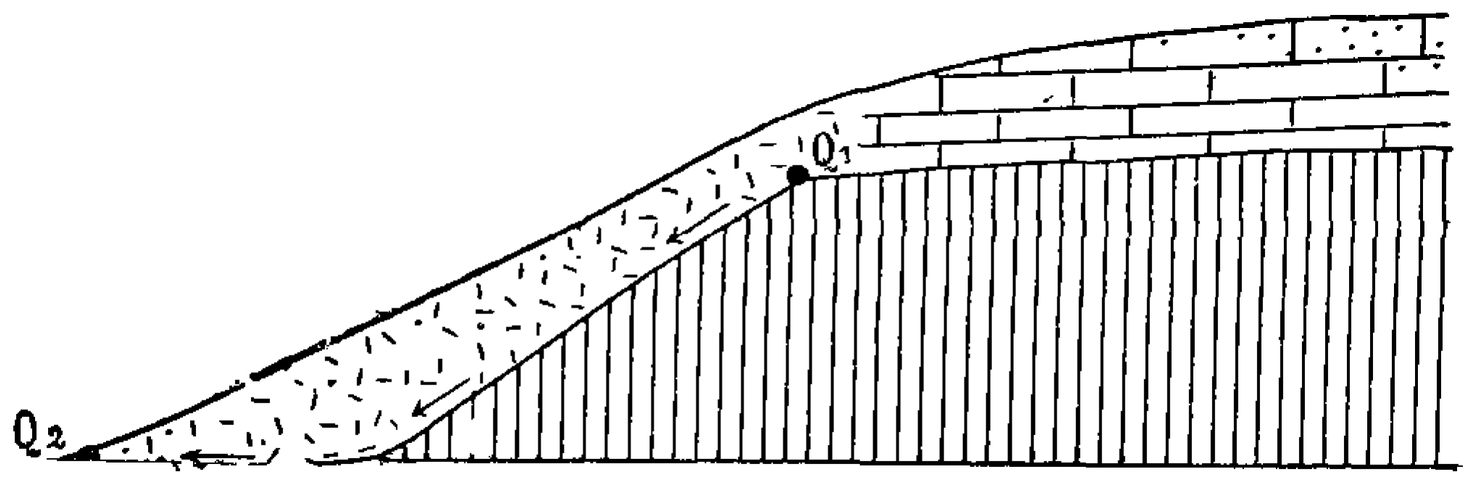
Во всѣхъ разсмотрѣнныхъ выше случаяхъ нѣкоторое вертикальное расщепленіе породъ, обусловливая болѣе высокую поглощательную способность ихъ, отражается въ благопріятномъ смыслѣ на водномъ богатствѣ источниковъ.

г) Куполообразное залеганіе. При куполообразномъ залеганіи водоносныхъ, проницаемыхъ пластовъ. подстилаемыхъ непроницаемыми образованіями, а также при наличности холма, состоящаго изъ проницаемыхъ породъ и окруженнаго со всѣхъ сторонъ болѣе молодыми непроницаемыми образованіями, глиной или лёссомъ, можно смѣло предположить существованіе источника. отводящаго весь избытокъ собираемой куполомъ воды въ наиболѣе низкой точкѣ границы между пропицаемыми и непроницаемыми образованіями. Въ случаѣ пересѣченія такой выпуклины долиной размыванія, источникъ, иногда довольно сильный, можетъ быть обнаруженъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ долина, выходя изъ выпуклины, пересѣкаетъ непроницаемый пластъ. См. также стр. 333 и фиг. 204.

д) Нарушенность напластованія. Въ томъ случаѣ, если изслѣдуемая область многочисленными трещинами разложена на отдѣльныя плиты, напластованіе которыхъ нарушено (сдвиги, сбросы),то въ мѣстахъ такихъ дислокацій источники появляются преимущественно тамъ, гдѣ нарушенные пласты пересѣкаются съ долинами. Въ главахъ 48 и 50 даны многочисленные примѣры напластованія въ случаѣ такихъ нарушеній. Если въ мѣстѣ пересѣченія нарушенныхъ пластовъ долиною источникъ не можетъ быть обнаруженъ, а между тѣмъ геологическія свойства породъ дѣлаютъ вѣроятнымъ его существованіе, то его слѣдуетъ искать на днѣ долины въ аллювіальныхъ отложеніяхъ. Иногда это предположеніе подтверждается уже путемъ простого измѣренія

ж) Очень важный горизонтъ источниковъ образованъ тѣми рыхлыми обломочными породами, которыя произошли отъ разрушенія и вывѣтриванія твердыхъ горныхъ породъ и залегаютъ на самомъ мѣстѣ разрушенія или на незначительномъ отъ него разстояніи; сюда относятся всѣ разсмотрѣнныя на стр. 30 образованія: щебенчатыя террассы, щебенчатые конусы и розсыпи, матеріалы обваловъ, оползней и т. п. Всѣ подобныя образованія, вслѣдствіе сильной раздробленности и значительной скважистости, одарены высокой водопоглощающей способностью и представляютъ поэтому въ областяхъ богатыхъ осадками въ высокой степени производительные резервуары грунтовой воды. Можно различать слѣдующіе случаи:

1. На твердыхъ, мало-проницаемыхъ породахъ залегаютъ болѣе или менѣе значительныя скопленія продуктовъ вывѣтриванія материнскихъ породъ. Въ этомъ случаѣ на поверхности неразрушенной породы скопляется вода, которая, смотря по наклону и виду поверхности материка, образуетъ либо резервуаръ, либо потокъ грунтовой воды. И въ томъ, и въ другомъ случаѣ можно ожидать появленія источника въ мѣстѣ выхода коренной породы на земную поверхность.



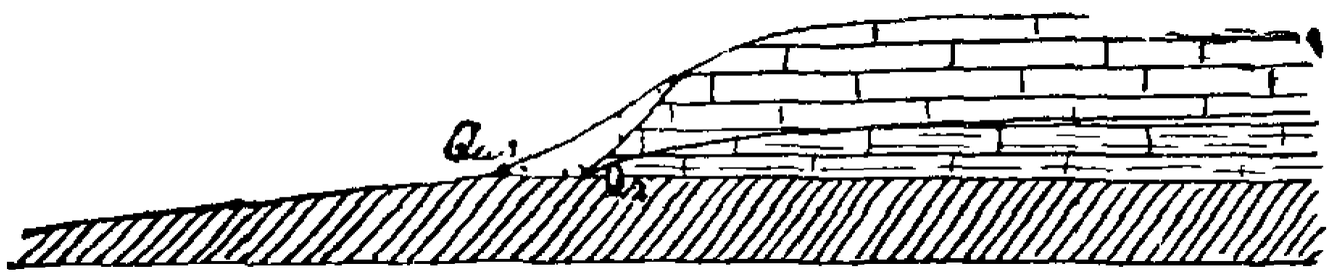
Фиг. 243

2. Если двѣ формаціи расположены одна надъ другой, изъ которыхъ верхняя состоитъ изъ рыхлыхъ, скважистыхъ породъ, а нижняя изъ твердыхъ малопроницаемыхъ, то на границѣ обѣихъ формацій обыкновенно имѣется множество мелкихъ источниковъ, или, въ случаѣ впадины, нѣсколько довольно крупныхъ. Иногда первоначальное мѣсто выхода источника — Q_1 — скрыто подъ каменистою розсыпью, и тогда источникъ выходитъ гдѣ-либо ниже — въ Q_2 (фиг. 243). Въ томъ случаѣ, если существованіе такой геологической границы безошибочно установлено, слѣдуетъ отыскать то мѣсто розсыпи, которое имѣетъ наибольшую абсолютную высоту. Здѣсь-то и должно обнаружиться первоначальное мѣсто выхода источника.

Въ только что разсмотрѣнномъ случаѣ нижняя часть массива, вообще говоря, имѣетъ болѣе крутой уклонъ, нежели верх-

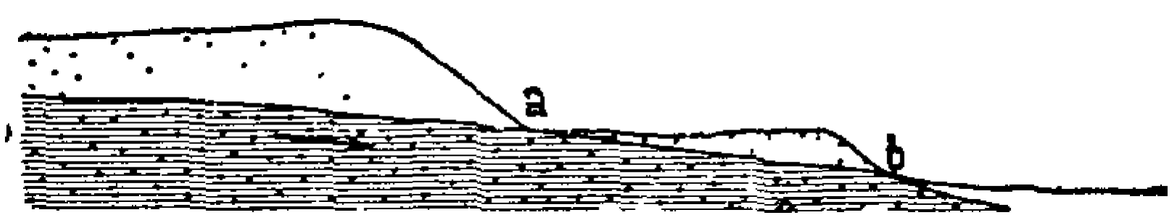
няя; иное наблюдается въ томъ случаѣ, если болѣе мягкая порода играетъ роль непроницаемой и подстилаетъ болѣе твердую сважистую породу. Здѣсь крутой уклонъ наблюдается въ верхней части массива, пологій — въ нижней, а тупой уголъ, образуемый обѣими формаціями на поверхности, выраженъ настолько ясно, что отысканіе источника, выходящаго у Q_1, не представляетъ уже никакой трудности (фиг. 244).

Явленія такого рода выражены особенно наглядно въ Шварцвальдѣ и Вогезахъ по склонамъ, обращеннымъ къ долинѣ Рейна, гдѣ пестрые песчаники залегаютъ частью на гранитѣ, частью на кристаллическихъ сланцахъ; *всюду* по границѣ обѣихъ формацій имѣются источники, иногда большой силы. Здѣсь ко всѣмъ



Фиг. 244.

почти случаямъ приложима схема, изображенная на фиг. 243, ибо уклонъ подстилающихъ породъ, большею частью, круче уклона лежащихъ сверху песчаниковыхъ образованій. Схема, изображенная на фиг. 244, наблюдается часто въ Юрскихъ горахъ, особенно въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ сважистые известняки подстилаются мощными глинами или мергелями. Полноводные источники и здѣсь не рѣдки. Также въ альпійскихъ тріасовыхъ известнякахъ *на подстилающихъ* непроницаемыхъ пластахъ собираются иногда

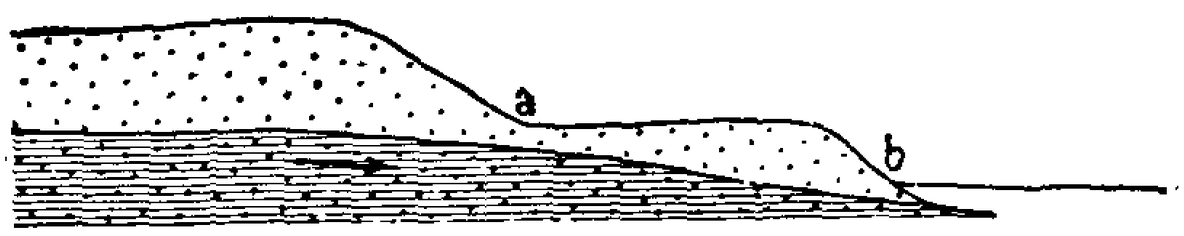


Фиг. 245.

значительныя количества просачивающейся воды, которыя и стекаютъ затѣмъ въ видѣ источниковъ на границѣ обѣихъ формацій. Къ наиболѣе извѣстнымъ примѣрамъ этого рода относятся источники, выходящіе на такъ называемыхъ „Верфенскихъ сланцахъ“ близъ Вѣны и служащіе для водоснабженія города. Дюискіе источники близъ Парижа возникаютъ аналогичнымъ образомъ на границѣ непроницаемыхъ нижне-олигоценовыхъ песчаниковъ и известняковъ Парижскаго бассейна. Бываютъ и такіе источники, для которыхъ щебень играетъ роль трудно проницаемаго пласта, а твердая коренная порода — роль легко проницаемаго пласта (источники въ тріасовой области Тельфса, въ Тиролѣ).

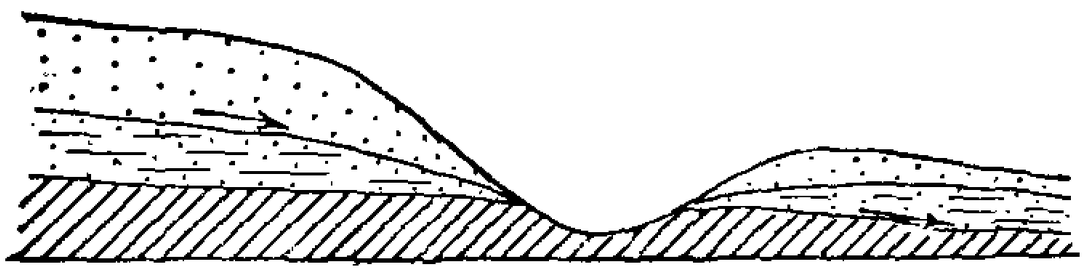
2. Развѣдки въ рыхлыхъ породахъ.

1. Рядъ повышающихся террасъ, расположенныхъ въ широкой долинѣ одна надъ другой и составленныхъ обыкновенно изъ легко проницаемыхъ породъ, заключаетъ въ себѣ, въ большинствѣ случаевъ, направляющійся къ рѣкѣ потокъ грунтовой воды. Въ мѣстахъ пересѣченія этого потока съ земною поверхностью, что происходитъ обыкновенно у подножія террасъ, естественно, должны появляться источники, постоянные или перемежающіеся; послѣдніе въ томъ случаѣ, если пересѣченіе потока съ земною поверхностью возможно лишь при высокомъ уровнѣ



Фиг. 246.

грунтовой воды. Профиль (фиг. 245) сѣвернаго склона долины Radüetal въ Помераніи можетъ пояснить вышесказанное. Линіей источниковъ, расположенной у подножія верхней террасы въ a, вызвало нѣкоторое заболачиваніе склона нижней террасы. Ложе стекающихъ по нижней террасѣ ручейковъ, если они богаты водою, опускается до самаго уровня грунтовой воды и даже ниже его; если же они бѣдны водою или если паденіе



Фиг. 247.

недостаточно велико, какъ представлено на фиг. 246, то вода ручейковъ вновь теряется въ проницаемой породѣ и вливается непосредственно въ рѣку у подножія нижней террасы у b.

2. Если въ наклонномъ возвышенномъ плато долина врѣзана не по направленію уклона, а перпендикулярно къ нему (фиг. 247), то одинъ склонъ долины, а именно верхній, будетъ въ болѣе благопріятныхъ, въ смыслѣ появленія источниковъ, условіяхъ, такъ какъ въ его распоряженіи будетъ находиться болѣе обширная инфильтраціонная область. Этотъ случай наблюдается въ долинахъ восточно-западнаго направленія въ Балтійской возвышенности въ Помераніи и западной Пруссіи, хотя встрѣчается, вѣроятно, и въ другихъ частяхъ Сѣверной Германіи.

3. Спеціальнаго, хотя бы и краткаго, разсмотрѣнія заслуживаютъ широко распространенныя въ сѣверной Германіи и въ

предгорьяхъ Альпъ ледниковыя отложенія щебня, происхожденіе которыхъ было разсмотрѣно въ 3 главѣ. Въ этомъ случаѣ роль водоносныхъ слоевъ играютъ ледниковые пески, а роль водоупорныхъ принадлежитъ болѣе или менѣе глинистымъ донными моренамъ, мелкозернистымъ мергельнымъ пескамъ и глинистымъ мергелямъ.

Въ сѣверной Германіи особенно широко распространеннымъ горизонтомъ источниковъ является верхняя граница нижнихъ валунныхъ мергелей и залегающихъ болѣе глубоко въ дилювіи глинистыхъ мергелей. Въ томъ случаѣ, если для изслѣдуемой области имѣются спеціальныя геологическія карты, то нужно прежде всего выяснить относительное расположеніе, мощность, развитіе и уклонъ какъ вышеупомянутыхъ мергелей, такъ и лежащихъ на нихъ проницаемыхъ песчаныхъ образованій, чтобы рѣшить вопросъ, имѣется ли достаточная для возникновенія источниковъ область инфильтраціи. Если соотвѣтственныхъ картъ не имѣется, то надо постараться добыть необходимыя свѣдѣнія путемъ внимательнаго обхода мѣстности. При горизонтальномъ залеганіи ледниковыхъ отложеній, вопросъ о ихъ водоносности рѣшается по тѣмъ же законамъ, какъ и въ случаѣ породъ твердыхъ (см. выше, стр. 440). Но очень часто поверхность непроницаемаго слоя имѣетъ видъ складчатый, изогнутый и, вообще, крайне неправильный, и тогда выходъ источниковъ, естественно, пріуроченъ къ наиболѣе глубокимъ точкамъ поверхности, возвышенныя же части будутъ совершенно сухими. Если къ тому же въ этомъ непроницаемомъ основаніи имѣются какія либо крупныя нарушенія, сдвиги, разрывы и пр., то исчезаетъ всякая возможность предсказать что либо опредѣленное о появленіи источниковъ, которые и выходятъ въ такомъ случаѣ въ мѣстахъ совершенно неожиданныхъ: на вершинѣ песчаныхъ холмовъ, по песчанымъ склонамъ; часто при этомъ они относятся къ разряду артезіанскихъ и, сверхъ ожиданія, бьютъ изъ земли съ большой силой.

Въ связи съ этими указаніями къ отысканію источниковъ, отмѣтимъ здѣсь нѣкоторыя положенія, большею частью которыхъ я обязанъ любезности Альб. Геймa.

1. Группировка источниковъ по ихъ происхожденію.

При наличности источника, годнаго для эксплоатаціи, желательно знать, несетъ-ли онъ

а) неочищенную, неглубоко просочившуюся изъ сосѣдней рѣки, воду, или

условіями воднаго режима, представляется наиболѣе надежнымъ. Но заключенія часто неправильны, а геологическія условія настолько запутаны, что выяснить общую картину съ достаточной наглядностью нѣтъ никакой возможности; въ такомъ случаѣ при изслѣдованіи вопроса слѣдуетъ примѣнять всѣ три метода одновременно.

3. Правила и наставленія при каптажѣ источниковъ.

Для того, чтобы при каптажѣ источниковъ достигнуть наибольшаго дебита воды, слѣдуетъ углублять каптажный ровъ до тѣхъ поръ, пока еще есть притокъ воды снизу. Сказанное приложимо, конечно. лишь къ нисходящимъ слоевымъ источникамъ, но не къ восходящимъ (артезіанскимъ). Представляется цѣлесообразнымъ доводить каптажный ровъ, по возможности, до самаго водоупорнаго слоя. Затѣмъ, каптажныя сооруженія слѣдуетъ закладывать на такомъ разстояніи отъ мѣста потребленія воды, чтобы была исключена возможность позднѣйшаго загрязненія воды. Устройствомъ водоупорныхъ плотинъ производительность

Фиг. 248.

источника можетъ быть уменьшена; увеличить же ее можно лишь до извѣстнаго предѣла путемъ постепеннаго углубленія каптажа до водонепроницаемаго основанія; дальнѣйшее углубленіе, разумѣется, не имѣетъ смысла.

Въ первое время послѣ вскрытія источники даютъ большее количество воды, чѣмъ впослѣдствіи. Это обусловлено тѣмъ, что каптажемъ и пониженіемъ уровня стока дается выходъ задержаннымъ и скопленнымъ водоупорными пластами массамъ воды. Послѣ завершившагося стока этихъ водъ наступаетъ уменьшеніе, а затѣмъ правильныя колебанія дебита источника, какъ показано на кривой фиг. 248.

Есть источники, производительность которыхъ можно сильно увеличить основательнымъ каптажемъ, особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда источникъ составленъ изъ многочисленныхъ отдѣльныхъ струекъ; если же источникъ всей своей массой выходитъ въ одномъ мѣстѣ, то углубленіемъ каптажа нельзя увеличить его производительности. Это приложимо и къ тому случаю, когда вода падаетъ въ каптажъ сверху единой слитной струей. Если въ группѣ источниковъ произвести основательный и глубокій

б) грунтовую воду, въ собственномъ смыслѣ, или

в) воду, идущую съ большой глубины.

Группа а характеризуется колеблющейся температурой, неравномѣрнымъ дебитомъ, измѣняющимся параллельно осадкамъ, колеблющимся химическимъ составомъ.

Группа б характеризуется болѣе равномѣрной и даже постоянной температурой и постояннымъ химическимъ составомъ.

Группа в характеризуется постоянной температурой, болѣе низкой, чѣмъ группа б, и химическимъ составомъ, размѣры колебаній коего средніе между а и б.

2. Разсмотрѣніе источниковъ съ точки зрѣнія ихъ санитарнаго значенія.

При изслѣдованіи вопроса о томъ, насколько вода источниковъ удовлетворяетъ требованіямъ гигіены, примѣняются три различныхъ метода:

а) Химическое изслѣдованіе. Опредѣляется составъ воды въ моментъ взятія пробы; результаты изслѣдованія зависятъ отъ свойствъ небольшой, сравнительно, пробы. Но такъ какъ степень загрязненія воды подвержена значительнымъ колебаніямъ, да и самое загрязненіе проявляется иногда лишь временно, то оно, въ общемъ и въ частностяхъ, можетъ и не отразиться на результатахъ химическаго изслѣдованія. Слѣдовательно, этотъ методъ надеженъ лишь въ случаѣ отрицательнаго результата.

б) Бактеріологическое изслѣдованіе Оно страдаетъ тѣми же недостатками, какъ и химическій методъ, и приложимо также лишь въ случаѣ отрицательнаго результата.

в) Третій методъ — геологическій Онъ состоитъ въ точномъ опредѣленіи площади питанія источника и въ установленіи всѣхъ его взаимоотношеній къ поверхности и къ напластованію горныхъ породъ Слѣдуетъ выяснить, не имѣется ли въ предѣлахъ площади питанія очаговъ зараженія, недостаточно изолированныхъ отъ питающихъ артерій, и далѣе — имѣетъ ли путь инфильтраціи достаточные для очищенія загрязненной воды протяженіе и глубину. При обсужденіи этого послѣдняго вопроса, можно принять за правило, что для мелкозернистыхъ песчаныхъ и глинистыхъ почвъ, въ которыхъ движеніе воды лишь весьма медленное, вертикальная инфильтрація въ 20 м. и горизонтальная въ 200 м. достаточны для очищенія такъ или иначе — напр., при унавоживаніи полей — загрязненной воды. Результаты геологическаго метода санитарнаго изслѣдованія, стало быть, не зависятъ отъ случайныхъ свойствъ единичной пробы, почему этотъ методъ, при нѣкоторомъ умѣніи и достаточномъ знакомствѣ съ

каптажъ какого либо изъ нихъ, то другіе источники теряютъ болѣе или менѣе значительную часть своей воды. Вообще, можно принять то положеніе, что вода стекаетъ не по кратчайшему, но по наиболѣе удобному пути, съ наименьшимъ треніемъ, а при прочихъ равныхъ условіяхъ, — по наиболѣе крутому, такъ что каптажные пути одного изъ источниковъ, представляя большія удобства, увлекаютъ часть воды другихъ источниковъ, измѣняя направленіе ея стока.

4. Относительно каптажа минеральныхъ источниковъ А. Шерреръ въ Эмсѣ сдѣлалъ цѣнныя указанія, помѣщенныя въ Deutsches Bäderbuch XXVIII—XXXI; привожу ихъ дословно.

Всякій минеральный источникъ имѣетъ свои особыя свойства: по происхожденію, по способу передвиженія воды въ нѣдрахъ земли, по взаимоотношеніямъ при выходѣ на земную поверхность, по употребленію для купаній и въ качествѣ питьевой воды, по пріемамъ сохраненія и разсылки, по способу каптажа [1]).

Многіе источники эксплоатируются въ томъ видѣ, въ какомъ выходятъ на земную поверхность, другіе же нуждаются въ устройствѣ искусственнаго каптажа. Каптажъ закладывается либо на самой поверхности въ мѣстѣ выхода источника, либо на глубинѣ въ буровыхъ скважинахъ и колодцахъ. Цѣлью каптажа являются: облегченіе пользованія источникомъ, защита его отъ поврежденія, загрязненія и смѣшиванія съ грунтовой и поверхностной водой, а въ иныхъ случаяхъ — и повышеніе производительности. Извѣстно, что уже 2000 лѣтъ тому назадъ римлянами въ нѣкоторыхъ германскихъ колоніяхъ, съ цѣлью каптажа минеральныхъ источниковъ, копались колодцы значительной глубины, хотя источники появлялись на поверхности и безъ этихъ сооруженій; ясно, что колодцы копались съ той цѣлью, чтобы собрать чистую минеральную воду въ отводную трубу и предохранить ее отъ смѣшиванія съ грунтовой водой.

Вопросъ о томъ, какой изъ двухъ способовъ — буреніе или копаніе — слѣдуетъ примѣнять при отысканіи источниковъ, рѣшается въ зависимости отъ многихъ обстоятельствъ. Копаніе имѣетъ то большое преимущество, что даетъ возможность зарегистрировать явленія во всѣхъ деталяхъ. При буреніи успѣхъ зависитъ отъ случайностей. Лишь пройдя черезъ аллювіальные и дилювіальные слои, попадаютъ въ плотную породу. Пласты коренной породы имѣютъ болѣе или менѣе наклонное положеніе;

---

1) A. Scherrer sen., Mechanismus der Quellenbildung und die Biliner Mineralquellen; докладъ, читанный на общемъ собраніи Союза курортовъ и минеральныхъ источниковъ и т. д. въ Киссингенѣ. „Balneol. Ztg.“ 1905, S. 113.
A. Scherrer jun., Über moderne Quellenfassungen. „Balneol. Ztg.“ 1905, S. 65.

смотря по твердости отдѣльныхъ слоевъ, буровой инструментъ отклоняется отъ прямого пути, и скважина получается зигзагообразной. Если затѣмъ на глубинѣ, быть можетъ, нѣсколькихъ сотъ метровъ минеральный источникъ и будетъ открытъ, то воды, циркулирующія въ нѣкоторыхъ пройденныхъ слояхъ стекаются въ буровой скважинѣ и смѣшиваются съ минеральной водой. Для предохраненія минеральной воды отъ смѣшиванія съ обыкновенной грунтовой водой, въ скважину опускается обсадная труба изъ достаточно прочнаго матеріала такимъ образомъ, чтобы она прилегала возможно плотнѣе къ стѣнкамъ скважины. Но такъ какъ, вслѣдствіе зигзагообразнаго вида буровой скважины, діаметръ трубы неминуемо долженъ быть меньше діаметра скважины, то между трубой и стѣнками скважины образуется кольцевой каналъ; его заполняютъ пескомъ, который, разумѣется, лишь отчасти устраняетъ смѣшиваніе различныхъ водъ. Полная изоляція водъ, какая получается при копаніи, здѣсь не достижима. Но, съ другой стороны, буреніе имѣетъ то преимущество, что оно позволяетъ извлекать воду источниковъ съ такой глубины, до какой копаніемъ невозможно достигнуть.

Устройство каптажа можетъ оказаться необходимымъ по многимъ причинамъ, напр., въ томъ случаѣ, когда замѣчаются колебанія въ составѣ воды или въ производительности источника въ различное время года и при различной погодѣ. Подобныя колебанія указываютъ обыкновенно на недостаточную изоляцію грунтовой воды. Въ сухое время года въ такихъ случаяхъ минеральная вода переходитъ въ грунтовую; при атмосферныхъ осадкахъ и общемъ поднятіи уровня грунтовой воды обыкновенно послѣдняя примѣшивается къ минеральной.

Если вблизи минеральнаго источника замѣчается выходъ паровъ или газовъ, то это можетъ служить доказательствомъ того, что по близости въ землѣ протекаетъ теплая или газоносная вода. Линія газовыхъ выдѣленій на поверхности указываетъ направленіе, откуда источникъ идетъ.

Допустимъ, что съ цѣлью каптажа источника заложенъ ровъ вокругъ мѣста его выхода, что вода появляется по всей подошвѣ рва и, кромѣ того, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ замѣчается выдѣленіе газовъ; въ такомъ случаѣ источникъ слѣдуетъ искать именно тамъ, гдѣ выдѣляется газъ; не трудно при этомъ выяснить, выдѣляются ли газы по одной линіи, и вода, стало быть, течетъ въ одной трещинѣ, или же путь ея неправильный, идетъ въ разныхъ направленіяхъ; долженъ ли каптажный ровъ имѣть продолговатую или округлую форму, большіе или малые размѣры.

Въ томъ случаѣ, если минеральный источникъ не содержитъ

газовъ въ свободномъ состояніи, за ходомъ и направленіемъ его можно слѣдить при помощи термометра или путемъ опредѣленія растворенныхъ твердыхъ примѣсей. Напр., при удаленіи стараго каптажнаго сооруженія, въ образовавшійся ровъ или колодецъ стекаютъ всевозможныя воды, однако посредствомъ титрованія можно въ теченіе нѣсколькихъ минутъ опредѣлить, какая изъ струекъ наиболѣе богата и въ какомъ направленіи слѣдуетъ вести ровъ. Съ температурой дѣло обстоитъ аналогично. Превышеніе температуры хотя бы на десятую или сотую долю градуса, по сравненію съ обыкновенной водой, указываетъ на выходъ данной воды изъ болѣе глубокихъ слоевъ земли.

Для раціональнаго устройства каптажа минеральнаго источника, надо прежде всего отыскать въ нѣдрахъ земли основаніе, пригодное для каптажнаго фундамента. Наилучшимъ основаніемъ является, конечно, твердокаменная порода, но и она можетъ быть изъѣдена минеральной водой настолько, что устройство совершенно непроницаемаго дна окажется невозможнымъ. Каптажи временъ римлянъ, впослѣдствіи вскрытые, оказались устроенными такимъ образомъ, что надъ мѣстомъ выхода источника на выровненную поверхность скалы опускалась большая каменная плита. Въ ней выдалбливалось отверстіе, а по краю плиты между ею и скалистымъ основаніемъ забивались точно пригнанные другъ къ другу деревянные клинышки; такимъ образомъ, между плитой и скалой вода не имѣла выхода и должна была подниматься по отверстію плиты. Въ это отверстіе вгонялись деревянныя или металлическія подъемныя трубы, по которымъ вода и поднималась кверху. Въ зависимости отъ различныхъ возможныхъ свойствъ воды, скалы и каменной плиты, каптажъ такого рода дѣйствовалъ въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени[1]).

Подъ дѣйствіемъ углекислыхъ и особенно термальныхъ водъ всѣ деревянныя части подобныхъ сооруженій совершенно разрушались и вода прорывалась; разрушались даже каменныя плиты. При раскопкахъ были находимы свинцовыя трубы, пролежавшія въ землѣ болѣе 2000 лѣтъ и все же хорошо сохранившіяся; но тамъ, гдѣ онѣ первоначально были обдѣланы штукатуркою (Trassmörtel), онѣ оказались совершенно разрушенными. Въ другихъ случаяхъ, при иномъ составѣ источниковъ, свинцовыя трубы оцементированныя сохранились, а не задѣланныя — разрушились. Аналогично дѣло обстоитъ съ оловомъ и другими металлами.

---

1) Scherrer, Schicksal einer deutschen Mineralquelle während 2000 Jahren. Отчетъ объ общемъ собраніи сюда курортовъ и минеральныхъ источниковъ и т. д. въ Коблецѣ 1903, стр. 104.

Оловянный кубокъ, найденный въ источникѣ Крэнхенъ въ Эмсѣ и, несомнѣнно, пролежавшій нѣсколько столѣтій въ недоступномъ прежде мѣстѣ источника, оказался инкрустированнымъ; римскія мѣдныя монеты оказались изъѣденными до тонкаго скелета, а другія, лежащія рядомъ, но покрытыя слоемъ глины, нисколько не пострадали. Бронзовые предметы — различнаго рода украшенія, монеты — принесенные въ жертву источникамъ въ давно минувшіе вѣка, сохранились почти всѣ, безъ изъятья.

Слѣдовательно, нельзя назвать металла, который былъ бы одинаково пригоденъ въ качествѣ строительнаго матеріала для всѣхъ минеральныхъ источниковъ. Чтобы выяснить, какой изъ металловъ наиболѣе удобенъ и проченъ, надо произвести изслѣдованіе на опилкахъ всѣхъ пригодныхъ металловъ относительно ихъ сопротивляемости данной минеральной водѣ.

Для укрѣпленія металлическаго каптажа на скалѣ нужно употреблять возможно малыя количества извести, цемента или замазки. Цементъ отъ дѣйствія многихъ источниковъ становится пористымъ и водопроницаемымъ; совершенной нерастворимостью отличается лишь глина. Но такъ какъ глина очень легко можетъ вызвать помутнѣніе минеральной воды, то наиболѣе цѣлесообразнымъ является слѣдующій способъ: послѣ тщательнѣйшей очистки поверхности породы, въ которой циркулируетъ минеральная вода, наносятъ на нее тончайшій слой цемента, посредствомъ котораго и прикрѣпляется къ скалѣ металлическая оправа каптажа. Когда цементъ затвердѣлъ, все основаніе каптажа, въ цѣляхъ большей прочности и долговѣчности, покрывается толстымъ слоемъ утрамбованной глины. Хотя тонкій слой цемента съ теченіемъ времени и потеряетъ свою проницаемость, но за это время глина успѣетъ осѣсть и уплотниться настолько, что уже не будетъ вызывать помутнѣнія воды.

Главною причиной многихъ неудачъ при устройствѣ каптажей въ прошломъ и настоящемъ является то обстоятельство, что весьма трудно удержать и удалить воду во время производства работъ. Въ каналъ проникаетъ не только минеральная вода снизу, но и обыкновенная сверху и съ боковъ. Поэтому приспособляютъ по одному насосу внутри каптажа — для выкачиванія минеральной воды, и внѣ — для выкачиванія обыкновенной грунтовой; выкачиваніе продолжаютъ до полнаго затвердѣнія изоляціоннаго слоя — цемента или глины. Однако, перерывы, хотя бы и краткіе, въ нѣсколько минутъ, неизбѣжны, и незначительнаго поднятія того или иного уровня достаточно для прониканія воды по мельчайшимъ канальцамъ породы подъ цементомъ, не успѣвшимъ отвердѣть.

Во время работъ и выкачиванія воды въ окружности каптажной траншеи и подъ нею водныя условія совершенно различны отъ тѣхъ, какія будутъ, когда каптажное сооруженіе будетъ завершено, грунтовая вода приметъ нормальный уровень, а минеральная достигнетъ своей естественной высоты выливанія. Поэтому, для достиженія благопріятнаго результата, нужна особая опытность, нужны свѣдущіе работники и соотвѣтственный надзоръ.

Размѣры каптажа, т. е. размѣры того резервуара, въ которомъ собирается минеральная вода и по которому она поднимается на поверхность, должны опредѣляться свойствами и количествомъ вытекающей минеральной воды. Если каптажный резервуаръ несоразмѣрно великъ, подъемная труба широка, то минеральная вода слишкомъ долго задерживается на своемъ пути, термальная охлаждается, газоносная теряетъ часть своихъ газовъ, лишенная избытка газовъ вода мутится и обезцѣнивается. Несоразмѣрно малые резервуары и узкія подземныя трубы оказываютъ поднимающейся водѣ излишнее сопротивленіе, и въ случаѣ не особенно богатой газами воды это можетъ послужить причиной нѣкоторыхъ, невыясненныхъ потерь. Въ случаѣ воды сильно газоносной, несоразмѣрно узкія подъемныя трубы могутъ повести къ образованію шпруделей, ибо газъ, освобождаясь изъ воды и поднимаясь съ большей быстротой, выноситъ вмѣстѣ съ собой и воду, такъ какъ труба слишкомъ узка, чтобы пропускать газъ и воду одновременно и равномѣрно. Вслѣдствіе сильныхъ сотрясеній при такомъ бурномъ выбрасываніи воды, она выходитъ на поверхность съ сильно уменьшеннымъ содержаніемъ газовъ. Съ другой стороны, въ нѣкоторыхъ глубоко лежащихъ углекислыхъ источникахъ, которые сами собой не могли бы подняться на поверхность, можно цѣлесообразной конструкціей каптажа вызвать образованіе шпруделя и сдѣлать такимъ образомъ возможной ихъ утилизацію. Но подобные источники почти всегда подвержены колебаніямъ по составу и производительности.

Въ минеральныхъ источникахъ, вода которыхъ не поднимается на поверхность, но собирается въ колодцахъ и оттуда выкачивается посредствомъ насосовъ, состояніе гидростатическаго равновѣсія нарушается, если насосы работаютъ не равномѣрно. Такіе источники, вѣрнѣе — колодцы, въ которыхъ собирается подземная вода, имѣютъ притокъ воды лишь до тѣхъ поръ, покуда уровень воды въ нихъ не превышаетъ извѣстной нормы. Истеченіе минеральной воды обладаетъ свойствомъ равномѣрности; и если минеральная вода не можетъ стекать въ колодезь, то она ищетъ другого пути, теряется въ грунтовой водѣ и смѣшивается съ нею. При выкачиваніи воды изъ колодцевъ, по-

средствомъ ли насосовъ или инымъ путемъ, сначала идетъ сравнительно чистая минеральная вода; но если усилить выкачиваніе, то тѣми же путями, по которымъ при нормальныхъ условіяхъ течетъ минеральная вода, въ колодезь устремится обыкновенная грунтовая, а можетъ быть — и загрязненная вода, и, въ концѣ концовъ, источникъ, вслѣдствіе перемѣннаго вліянія стока и притока, окажется совершенно обезцѣненнымъ. Эта бѣда можетъ быть устранена устройствомъ каптажа на днѣ колодца съ невысокой подъемной трубой, по которой вода поднималась бы постоянно до одного и того же уровня и затѣмъ стекала въ колодезь съ непроницаемыми стѣнками, откуда она и выкачивалась бы на поверхность по мѣрѣ надобности, а избытокъ стекалъ бы по особой отводной трубѣ. Такія воды, разумѣется, не равноцѣнны тѣмъ, которыя получаются непосредственно изъ естественнаго источника, такъ какъ вода, задерживаясь въ колодцѣ, можетъ подвергнуться различнаго рода химическимъ измѣненіямъ.

При употребленіи для питья и разсылки воды источниковъ, поднимающихся недостаточно высоко, слѣдуетъ сооружать особые непроницаемые резервуары, которые должны быть нѣсколько глубже переливной трубы и въ которыхъ должны наполняться стаканы и сосуды, предназначенные для разсылки. Прежде подобные источники (такое устройство сохранилось во многихъ мѣстахъ и понынѣ) собирались въ открытыхъ колодцахъ, откуда и зачерпывалась вода стаканами и сосудами. Но, помимо измѣненій, которымъ подвергается вода въ открытомъ колодцѣ, подобное устройство не выдерживаетъ критики и съ точки зрѣнія гигіенической.

Всѣ эти недостатки легко устранить, если приспособить къ переливной трубѣ сосудъ соотвѣтственныхъ размѣровъ, въ который переливалась бы вода. Сосудъ герметически закупоривается навинченнымъ сверху стекляннымъ колпакомъ, черезъ который можно видѣть игру источника. Сбоку къ сосуду придѣланы краны для наполненія стакановъ, а также предохранительныя отводныя трубы съ сифонами для вывода газовъ и спуска воды, не спущенной черезъ краны. Это каптажное сооруженіе окружается архитектурно отдѣланнымъ ступенчатымъ колодцемъ, гдѣ и орудуетъ разливающій воду персоналъ. Лишь прочный матеріалъ долженъ идти въ употребленіе. Мраморъ, цементъ, изразцы на цементѣ, сланецъ, т. наз. бельгійскій гранитъ и т. п. матеріалы постепенно разрушаются минеральной водой; хорошо держатся такія породы, какъ гранитъ полированный, порфиръ, серпентинъ, Чѣмъ глаже стѣнки и чѣмъ чище выполненіе работъ, тѣмъ легче послѣдующій уходъ; но чистота — вотъ первое требованіе всякой эксплоатаціи минеральныхъ источниковъ.

ГЛАВА 63.

Поиски грунтовыхъ водъ.

Поиски грунтовыхъ водъ предъявляютъ болѣе высокія требованія къ знаніямъ и способностямъ гидролога, нежели поиски источниковъ, такъ какъ здѣсь нерѣдко исключена возможность непосредственнаго наблюденія, и изслѣдователь долженъ основывать свои выводы на косвенныхъ признакахъ. Поиски грунтовой воды требуютъ въ гораздо большей степени возможно точнаго знакомства съ геологическимъ строеніемъ изслѣдуемой области, но прежде всего умѣнья правильно оцѣнить и выяснить морфологію мѣстности, т. е. формы поверхности и ихъ происхожденіе. Особенно въ равнинныхъ и холмистыхъ мѣстностяхъ, каковыя занимаютъ двѣ трети пространства Германіи и почти такую же долю всей поверхности Европы, режимъ грунтовыхъ водъ находится въ такой тѣсной зависимости отъ формъ поверхности, что правильное пониманіе послѣднихъ обычно ведетъ къ выясненію условій залеганія первыхъ. Вслѣдствіе такого тѣснаго взаимоотношенія, поиски и изслѣдованія грунтовыхъ водъ и источниковъ относятся къ задачамъ чисто геологическимъ, и надо только пожалѣть о томъ, что при обширныхъ работахъ по водоснабженію не всегда прибѣгаютъ къ сотрудничеству опытныхъ геологовъ, между тѣмъ какъ эта мѣра во многихъ случаяхъ могла бы сильно сократить расходы.

Каждое гидрологическое изслѣдованіе должно прежде всего обратиться къ выясненію геологическаго строенія области. Если уже имѣются геологическія карты, то задача въ значительной степени облегчена. Если картъ нѣтъ, то изслѣдователю самому надлежитъ выяснить съ достаточною точностью геологическое строеніе области, слагающія ее формаціи, ихъ петрографическій составъ, ихъ связь и напластованіе.

Затѣмъ нужно обратить вниманіе на морфологію мѣстности. Въ гористыхъ и холмистыхъ мѣстностяхъ, большею частью, не трудно отличить дно долины отъ рѣчной террасы, или отъ дна стараго озера, или отъ возвышеннаго плато. Болѣе трудной эта задача представляется въ равнинѣ, гдѣ всѣ формы, въ ущербъ высотѣ, раскинуты вширь, гдѣ долины иной разъ имѣютъ такое протяженіе, что края теряются отъ взоровъ, а возвышенныя плато пріобрѣтаютъ настолько равнинный характеръ, что представляются дномъ долины. Но въ данномъ случаѣ нѣкоторымъ пособіемъ могутъ послужить общія геологическія карты, для Германіи, напр., карта Р. Лепсіуса, въ масштабѣ 1 : 500 000; однако для

этомъ колодцы могутъ оказать лишь малую пользу, такъ какъ, большею частью, хозяйственные колодцы опускаются всего лишь на 1 м., рѣдко на 2 м., ниже минимальнаго уровня грунтовыхъ водъ Поэтому, вообще, эти изысканія производятся посредствомъ буреній.

Если бы имѣлись тщательно собранные журналы чередованія слоевъ и взятыхъ пробъ всѣхъ произведенныхъ когда-либо буреній и шурфовъ, то задача гидролога была бы существенно облегчена. Къ сожалѣнію, во многихъ мѣстахъ это совершенно не практикуется, а въ Пруссіи и подчиненныхъ ея центральному геологическому учрежденію союзныхъ государствахъ лишь за послѣдніе 15 лѣтъ приступили къ тщательному собранію добываемаго буреніями матеріала. Данныя буреній, т. е. регистры пробъ и слоевъ, хранятся въ особомъ архивѣ. Уже собраны данныя многихъ тысячъ мелкихъ и глубокихъ буреній, и пользованіе матеріаломъ общедоступно и безплатно. Въ этомъ архивѣ, тщательно и наглядно систематизированномъ, уже теперь для многихъ областей можно найти весьма цѣнныя указанія, дѣлающія излишними тѣ или иныя собственныя изысканія.

Но въ большинствѣ случаевъ въ распоряженіи изслѣдователя не оказывается достаточнаго числа колодцевъ и тому подобныхъ обнаженій. Тогда, воспользовавшись готовымъ матеріаломъ наличныхъ источниковъ и колодцевъ для начертанія общей, хотя бы и поверхностной, картины воднаго богатства, дополнительныя свѣдѣнія добываются путемъ заложенія систематически распредѣленныхъ буровыхъ скважинъ.

Въ этомъ случаѣ, если грунтовая вода залегаетъ на незначительной глубинѣ и можно удовлетвориться неглубокими буровыми скважинами, число ихъ можетъ быть болѣе значительно, и тогда наиболѣе цѣлесообразнымъ является равномѣрное распредѣленіе ихъ квадратною сѣтью по всей изслѣдуемой площади, въ томъ видѣ примѣрно, какъ это было показано на фиг. 52 для Штансдорфскаго центральнаго кладбища. Въ буровыхъ скважинахъ точно также измѣряется уровень воды относительно абсолютнаго нуля и, если только возможно, въ теченіе болѣе продолжительнаго времени производятся регулярныя, по крайней мѣрѣ еженедѣльныя, наблюденія надъ колебаніями уровня и температуры грунтовой воды. Если грунтовая вода залегаетъ на болѣе значительной глубинѣ подъ земною поверхностью и буренія требуютъ большихъ расходовъ, то наиболѣе быстрый способъ ознакомиться съ направленіемъ уклона и величиной паденія скатерти грунтовыхъ водъ состоитъ въ заложеніи трехъ буровыхъ скважинъ, не слишкомъ близкихъ между собой, расположенныхъ

восточнаго продолженія сѣверо-германской низменности въ предѣлахъ Россіи, эта задача, за отсутствіемъ надлежащихъ картъ, является уже болѣе сложной. Въ областяхъ распространенія древнихъ ледниковъ сильно усложняетъ задачу то обстоятельство, что здѣсь долины, въ противоположность долинамъ гористыхъ и холмистыхъ мѣстъ, не всегда имѣютъ текучую воду, но представляются ледниковыми сухими долинами, древними долинами, происхожденіе и залеганіе которыхъ было описано въ 3 главѣ и изображено на фиг. 8. На основаніи всѣхъ добытыхъ для изслѣдуемой области геологическихъ и морфологическихъ свѣдѣній, пытаются начертать общую картину распространенія подземныхъ водъ и законовъ, которыми управляется ихъ движеніе.

Выяснивъ распространеніе слоевъ, одаренныхъ хоть какой либо водоносной способностью, исключаютъ съ самаго начала всѣ тѣ области, которыя заняты породами водонепроницаемыми, такъ какъ въ нихъ, очевидно, всякіе дальнѣйшіе поиски должны оказаться безрезультатными.

Въ областяхъ не исключенныхъ, по геологическимъ даннымъ подающихъ надежды на успѣхъ, слѣдуетъ прежде всего подвергнуть тщательному изслѣдованію всѣ выходы подземной воды на поверхность, т. е. всѣ искусственныя и естественныя обнаженія скатерти грунтовыхъ водъ. Сюда относятся: колодцы, буровыя скважины, каменоломни, открытыя разработки рудъ и угля, ямы, т. е. пункты выемокъ глины, песка, гравія, суглинка и всѣ естественные источники.

Положеніе источниковъ и всѣхъ искусственныхъ обнаженій грунтовой воды отмѣчается съ возможною точностью на картѣ, лучше всего на геологической. Въ колодцахъ и прочихъ искусственныхъ обнаженіяхъ опредѣляется высота стоянія грунтовой воды относительно абсолютнаго нуля, путемъ наблюденій опредѣляются колебанія уровня воды, какъ суточныя малыя колебанія, обусловленныя вычерпываніемъ воды, такъ и болѣе значительныя — годичныя. При наличности многихъ источниковъ, на основаніи полученныхъ цифръ, будетъ возможно создать карту водныхъ изогипсъ по указаніямъ, приведеннымъ на стр. 116. Такая карта ясно показываетъ направленіе уклона и паденіе скатерти грунтовыхъ водъ и дѣлаетъ возможнымъ быстрое опредѣленіе областей съ наибольшимъ паденіемъ и выборъ мѣстъ наибольшей водной производительности. Быстрота теченія грунтовой воды опредѣляется либо по методу внесенія солей, либо по методу измѣренія сопротивленія электрическому току, примѣненіе которыхъ объяснено въ гл. 61. Далѣе, производятся изысканія касательно мощности и свойствъ водоноснаго слоя. При

по угламъ треугольника; дальнѣйшее опредѣленіе искомыхъ данныхъ, указано на стр. 117.

Эти изысканія чрезвычайно важны въ томъ отношеніи, что ими обусловлено то или иное распредѣленіе колодцевъ. Дѣло въ томъ, что рядъ колодцевъ долженъ быть направленъ перпендикулярно направленію движенія воды для того, чтобы одинъ не отнималъ воды у другого. Разстояніе между колодцами также обусловлено величиною паденія. Чѣмъ значительнѣе паденіе поверхности грунтовой воды, чѣмъ быстрѣе ея теченіе, тѣмъ менѣе размѣры воронокъ пониженія при извлеченіи воды изъ колодцевъ, тѣмъ ближе другъ къ другу могутъ располагаться колодцы. Сказанное относится, конечно, лишь къ крупнозернистымъ водоноснымъ слоямъ, ибо въ мелкозернистыхъ, мало-проницаемыхъ слояхъ даже при малой скорости теченія могутъ образоваться очень крутыя водныя поверхности.

Буренія должны выяснить не только глубину залеганія грунтовыхъ водъ подъ земною поверхностью и мощность водоносныхъ слоевъ, но также и прочія свойства пройденныхъ породъ, важныя для водоноспости, т. е. ихъ водопроницаемость или непроницаемость и водопроводящую способность ихъ, т. е. пористость. Надо, однако, при оцѣнкѣ послѣдовательныхъ пробъ считаться съ однимъ обстоятельствомъ, а именно, какой примѣнялся способъ бурenія — мокрый или сухой. Примѣненіе воды при буреніи, очень широко распространенное, практикуется слѣдующимъ образомъ: въ почву вгоняется желѣзная буровая труба; въ нее помѣщается вторая труба меньшихъ размѣровъ, черезъ которую, посредствомъ насоса подъ высокимъ давленіемъ, въ скважину нагнетается вода, которая, поднимаясь съ значительной быстротой въ промежуткѣ между стѣнками обѣихъ трубокъ, увлекаетъ за собой и рыхлую породу. Но дѣло въ томъ, что количество выносимаго матеріала и величина его зеренъ въ значительной степени обусловливаются быстротой истеченія воды изъ скважины. Если, напр., въ водоносномъ слоѣ чередуются крупнозернистые и мелкозернистые песчаные пласты, то вымываніемъ изъ скважины будетъ выноситься прежде всего мелкозернистый матеріалъ, гравій же будетъ накопляться на днѣ скважины. Стоитъ затѣмъ пустить болѣе сильную струю, гравій будетъ вынесенъ на поверхность, и можетъ показаться, что именно на этой глубинѣ залегаетъ крупнозернистый пластъ, особенно пригодный для извлеченія воды — выводъ ложный. При сухомъ способѣ, когда каждый отдѣльный слой выносится на поверхность въ своемъ естественномъ видѣ посредствомъ особаго цилиндрическаго, полаго бура, имѣются гораздо большія гарантіи правильности сужденія о послѣдователь-

ности слоевъ; профиль, начертанный по даннымъ мокраго буренія, иногда вовсе не соотвѣтствуетъ профилю выкопаннаго впослѣдствіи колодца, между тѣмъ какъ примѣненіе сухого способа совершенно исключаетъ подобные сюрпризы, иногда очень непріятные.

Изъ всего вышесказаннаго явствуетъ, что при поискахъ грунтовой воды нужно прежде всего обратить вниманіе на долины текучихъ водъ, затѣмъ на старыя или сухія долины и лишь когда нѣтъ ни тѣхъ, ни другихъ — на возвышенное плато. Если послѣднія состоятъ изъ третичныхъ или изъ четвертичныхъ образованій, то слѣдуетъ попытаться выяснить по источникамъ и колодцамъ наличность горизонтовъ грунтовой воды, ихъ мощность, протяженіе и залеганіе, и продолжать работу соотвѣтственно полученнымъ даннымъ. Если же имѣется область, въ которой преобладаютъ болѣе старыя, твердыя породы, то слѣдуетъ, на основаніи геологическаго строенія области, сгруппировать найденныя породы по ихъ проницаемости и непроницаемости и выяснить, гдѣ при данныхъ условіяхъ напластованія залегаетъ граница между тѣми и другими и какъ она направляется; выяснить также, возможно ли существованіе мульдообразныхъ областей. Изслѣдованіе начинается заложеніемъ буровыхъ скважинъ по осевымъ линіямъ мульдъ. Если въ данной области всѣ наличныя породы сами по себѣ водонепроницаемы, но, вслѣдствіе сважистости, все же одарены водопоглощающей способностью, то слѣдуетъ сгруппировать всѣ породы на породы глинистаго характера, для которыхъ, стало быть, образованіе діаклазовъ либо исключено, либо затруднено, вслѣдствіе смыкаемости трещинъ подъ давленіемъ вышележащихъ слоевъ, — и на породы, которыя, вслѣдствіе своей твердости, сохраняютъ трещиноватость и водопроницаемость. При такой группировкѣ породъ также можно разсчитывать на открытіе немаловажныхъ запасовъ грунтовой воды, особенно если бы удалось, по геологическимъ картамъ данной области, установить наличность хотя бы и очень пологихъ складокъ и затѣмъ приступить къ болѣе подробному изслѣдованію посредствомъ заложенія буровыхъ скважинъ по осямъ мульдъ. Въ томъ случаѣ, если область испещрена сбросами и если выходящіе изъ нихъ источники не даютъ достаточныхъ указаній, то поиски грунтовой воды сильно усложняются, и успѣхъ изслѣдованія зависитъ отъ детальнаго знакомства съ геологическимъ строеніемъ мѣстности. Если удалось выяснить, что на какомъ либо сбросѣ водопроницаемыя или трещиноватыя породы упираются въ непроницаемыя, то закладывается буровая скважина съ той стороны сброса, гдѣ лежатъ проницаемыя породы, на нѣкоторомъ отъ него разстояніи, опредѣляемомъ какъ

уклономъ водоупорныхъ пластовъ, такъ и предполагаемой глубиной залеганія водоноснаго слоя. При тщательности подготовительныхъ работъ, глубину залеганія водоноснаго слоя подъ непроницаемыми пластами можно предсказать съ точностью до нѣсколькихъ метровъ, какъ это удалось, напр., Леисіусу при открытіи новаго шпруделя въ Наугеймѣ. Вообще, въ областяхъ съ сложнымъ геологическимъ строеніемъ имѣется столько различныхъ путей къ отысканію воды, что говорить о каждомъ изъ нихъ въ отдѣльности здѣсь нѣтъ возможности; можно лишь посовѣтовать слѣдующее: составивъ возможно большее число профилей на основаніи геологическихъ картъ и собственныхъ наблюденій и обозначивъ на нихъ водоносные слои особой окраской или штриховкой, слѣдуетъ, по возможности, выяснить тектоническое строеніе изслѣдуемой области и затѣмъ выбрать для заложенія буровыхъ скважинъ тѣ мѣстности и тѣ линіи, которыя обѣщаютъ наибольшій успѣхъ. Укажемъ здѣсь особенно настоятельно на то, что, если, противъ всякихъ ожиданій, буровая скважина не дастъ воды, ее нельзя считать бесусловно потерянной. Въ такомъ случаѣ, по указаніямъ 66 главы, надо выяснить, нельзя-ли примѣненіемъ взрыва открыть водѣ доступъ къ скважинѣ.

Все вышеизложенное показываетъ совершенно ясно, что отысканіе грунтовой воды является задачей, посильной лишь опытному геологу; положеніе это тѣмъ справедливѣе, чѣмъ сложнѣе геологическое строеніе мѣстности.

ГЛАВА 64.

Опредѣленіе дебита грунтовыхъ водъ и источниковъ.

1. Измѣреніе дебита источниковъ.

Простѣйшій способъ, если только возможно его примѣненіе, состоитъ въ томъ, что всю воду источника спускаютъ по желобу въ сосудъ опредѣленнаго объема и по секундомѣру измѣряютъ время, необходимое для его наполненія. Этотъ простой методъ можетъ дать надежные результаты лишь въ томъ случаѣ, если истеченіе воды равномѣрно, т. е. если въ сосудъ стекаетъ именно столько воды, сколько производитъ источникъ. Съ этой цѣлью надо передъ мѣстомъ выхода источника устроить небольшой резервуаръ и спускать воду въ измѣрительный приборъ лишь тогда, когда уровень воды въ резервуарѣ приметъ неподвижное состояніе, указывая на равенство стока и притока.

Если устройство резервуара почему либо невозможно, или если масса воды источника слишкомъ велика для измѣренія ея

Интересными наблюденіями о взаимоотношеніи между дебитомъ, природой водоноснаго слоя и атмосферными осадками мы обязаны Альб. Гейму, сообщившему намъ слѣдующее:

При наличности достаточнаго числа наблюденій и хорошо ограниченной площади инфильтраціи, почти всегда можно опредѣлить среднюю производительность на единицу площади питанія. Напр., для средней Щвейцаріи можно принять:

На гектаръ площади питанія	Литровъ въ минуту при нормальномъ минимумѣ
Изъ моласса	1
„ морены при 100 см. осадковъ	4
„ „ „ 150 „ „	5—6
„ покровнаго хряща 100—120 см.	6
„ известняка	1 до 2—5
„ нижней террасы и хрящеватаго дна долинъ	8—10

Германскіе источники на гектаръ площади питанія даютъ:

Минимумъ .	1—6 литр. въ мин.	смотря по породѣ и величинѣ пути инфильтраціи.
Среднее . .	3—8 „ „ „	
Максимумъ .	5—30 „ „ „ и больше	

Было бы весьма желательно имѣть подобныя вычисленія и для другихъ областей.

2. Опредѣленіе производительности грунтовыхъ водъ.

Сужденіе о дебитѣ источниковъ представляется забавой сравнительно съ опредѣленіемъ производительности грунтовыхъ водъ нѣкоторой области. Замѣтимъ съ самаго начала, что абсолютно вѣрныя цифры не могутъ быть получены ни путемъ теоретическаго вычисленія, ни путемъ практическаго измѣренія производительности опытныхъ колодцевъ. Причина этого, естественно, заключается въ неоднородности водоноснаго слоя, въ неодинаковой порозности, въ различной крупности зерна, въ различной величинѣ тренія и вытекающей отсюда частой смѣнѣ паденія и быстроты теченія подземной воды.

Производительность потока грунтовой воды, т. е. количество воды, которое можетъ быть непрерывно изъ него извлекаемо, зависитъ отъ величины живого сѣченія, отъ паденія и отъ быстроты теченія воды.

Опредѣленіе паденія грунтовой воды, въ смыслѣ величины и направленія, уже было разсмотрѣно съ необходимой полнотой въ 20 главѣ. Мощность и природа водоноснаго слоя мо-

жетъ быть найдена лишь посредствомъ буреній: слѣдуетъ справиться объ этомъ въ предыдущей главѣ, стр. 457. При производствѣ буренія слѣдуетъ зорко слѣдить за положеніемъ водной поверхности въ скважинѣ, такъ какъ ея колебанія могутъ указать на существованіе тонкихъ, не замѣченныхъ при анализѣ пробъ непроницаемыхъ прослоекъ, которыми потокъ грунтовой воды можетъ быть раздѣленъ на нѣсколько ярусовъ съ различнымъ гидростатическимъ давленіемъ.

Быстрота теченія грунтовой воды, теоретически хотя и представляется функціей отъ величины паденія скатерти грунтовой воды и крупности зерна, все же не можетъ быть найдена путемъ вычисленія, по причинамъ, уже разсмотрѣннымъ: по крайней мѣрѣ, полученныя такимъ путемъ числа, вслѣдствіе совершенной своей ненадежности, были бы непримѣнимы на практикѣ. Слѣдовательно, быстрота теченія должна опредѣляться опытнымъ путемъ, и лучше всего — по методамъ Тима или Слихтера, о которыхъ и будетъ теперь рѣчь.

Тимъ по линіи паденія закладываетъ двѣ буровыя скважины, на разстояніи нѣсколькихъ метровъ одна отъ другой, бросаетъ нѣсколько соли въ ту скважину, которая лежитъ выше по теченію, и отмѣчаетъ время появленія солей въ другой скважинѣ. Такимъ образомъ Тимъ для мелкихъ песковъ Штральзунда нашелъ быстроту теченія грунтовой воды въ 3.50 до 4 метровъ за 24 часа, при паденіи скатерти грунтовой воды въ $2^0/_0$, т. е. въ 20 мм. на 1 метръ длины. Ясно, что цѣлымъ рядомъ та ихъ опытовъ можетъ быть опредѣлена средняя скорость теченія грунтовой воды и могутъ быть найдены тѣ мѣста, въ которыхъ заложенные колодцы должны оказаться наиболѣе производительными.

Слихтеръ въ 1901 году въ западномъ Канзасѣ и въ 1903 году на островѣ Лонъ-Эйландъ примѣнилъ аналогичный методъ, пользуясь также хлористымъ соединеніемъ; но онъ вмѣсто поваренной соли бралъ хлористый аммоній и поступалъ такъ: закладываются два ряда буровыхъ скважинъ, діаметромъ въ $^1/_4$ англ. ф. и доходящихъ до грунтовой воды. Въ скважины верхняго ряда вносится хлористый аммоній. Но вмѣсто того, чтобы брать черезъ регулярные промежутки времени пробы воды для анализа, какъ это дѣлаетъ Тимъ, Слихтеръ слѣдитъ за ходомъ электролиза въ почвѣ, вызываемаго электрическимъ токомъ (см. главу 61). Соотвѣтственно передвиженію внесенной соли, сила тока увеличивается, стрѣлка гальванометра показываетъ болѣе рѣзкія колебанія. Въ моментъ поступленія хлористаго аммонія въ ниже лежащую буровую скважину стрѣлка рѣзко отклоняется въ сторону. Слѣдовательно, достаточно слѣдить за стрѣлкой

въ сосудѣ, то пользуются сточнымъ ручейкомъ. Для этого вблизи источника отыскиваютъ нѣкоторую часть ручейка съ равномѣрзой глубиной и шириной, находятъ посредствомъ измѣреній точный профиль поперечнаго сѣченія водной струи и опредѣляютъ быстроту теченія воды въ данномъ мѣстѣ. Примѣненіе этого метода требуетъ соблюденія нѣкоторыхъ мѣръ предосторожности, съ цѣлью избѣжать погрѣшностей, вызываемыхъ различной, въ зависимости отъ различнаго тренія, быстротой теченія отдѣльныхъ струй. Но здѣсь нѣтъ мѣста для детальнаго разсмотрѣнія всѣхъ этихъ измѣреній и тѣхъ способовъ, которые примѣняются въ случаѣ большихъ массъ текучей воды, каковы: гидрометрическій ковшъ, водяной поплавокъ, сливныя отверстія плотинъ, искусственные перепады, и для ознакомленія съ ними мы отсылаемъ читателя къ руководствамъ по гидрометріи и гидротехникѣ.

Лишь немногіе источники неизмѣнны по своей производительности; дебитъ большинства источниковъ подверженъ колебаніямъ, иногда настолько значительнымъ, что максимумъ превышаетъ минимумъ въ нѣсколько разъ. Поэтому единичное измѣреніе дебита, въ большинствѣ случаевъ, безцѣнно: для правильнаго сужденія о дебитѣ источника, измѣренія должны быть распространены на болѣе продолжительный промежутокъ времени.

Люгеръ по поводу сужденія о производительности источника говоритъ слѣдующее: требуется величайшая осторожность при сужденіи о дебитѣ источника, если желаютъ использовать его въ цѣляхъ водоснабженія. Количество воды опредѣляется путемъ измѣреній; слѣдуетъ при этомъ тщательно избѣгать какъ исключительнаго повышенія, такъ и пониженія уровня воды въ источникѣ. Повышеніе уровня вызываетъ опасность, что вода пойдетъ по новымъ путямъ, дотолѣ невѣдомымъ; эта доля воды, разумѣется, будетъ потеряна. Пониженіе уровня вызываетъ измѣненіе положенія скатерти грунтовой воды въ окружающей мѣстности, и тогда временное повышеніе дебита будетъ имѣть неминуемымъ послѣдствіемъ соотвѣтственное уменьшеніе его въ сухое время. Такъ какъ рѣшающимъ моментомъ въ вопросѣ о пригодности источника для той или иной цѣли является величина его минимума, то измѣренія слѣдуетъ продолжать до тѣхъ поръ, пока не будетъ захваченъ сухой періодъ. Все же и послѣ продолжительныхъ засухъ дебитъ долженъ быть больше размѣра потребности въ водѣ, такъ какъ каптажныя работы всегда вліяютъ понижающимъ образомъ на производительность источника. Но нельзя быть увѣреннымъ, что источникъ всегда будетъ соотвѣтствовать размѣру потребности.

гальванометра, чтобы совершенно точно опредѣлить моментъ, когда вода съ растворенною солью дойдетъ до нижняго ряда скважинъ.

Такимъ образомъ можно, не производя анализовъ, опредѣлить направленіе и быстроту теченія грунтовой воды. Слихтеръ, по своему методу, нашелъ скорость въ 1—5 м. въ 24 часа. Такая же скорость, при одинаковыхъ условіяхъ, была получена при употребленіи флуоресцина.

Альб. Геймъ нашелъ въ широкихъ хрящевыхъ долинахъ слѣдующія скорости:

Въ долинѣ Эммы съ паденіемъ $7^0/_{00}$ . . . . 8 метр. въ день
Въ долинѣ Лиммать бл. Цюриха съ паден. $^1/_2{}^0/_{00}$ 4—6 метр. „ „
Въ нѣкоторыхъ другихъ случаяхъ движеніе было 1—10 м. за день.

Вопросъ о дальнѣйшихъ данныхъ, необходимыхъ для сужденія о возможной въ данномъ мѣстѣ добычѣ воды, лучше всего выяснится послѣ ознакомленія съ методами, опубликованными А. Тимомъ въ подготовительныхъ работахъ по устройству водоснабженія въ городѣ Магдебургѣ.

Изслѣдованіе велось съ цѣлью опредѣленія количества грунтовой воды, вливающейся по направленію къ сѣверу въ подпочву мѣстности подъ названіемъ „Финеръ Брухъ“ (ср. карты фиг. 53 и 249) съ ея южной окрайны, поскольку такое опредѣленіе оказывалось возможнымъ при современномъ состояніи гидрологіи, безъ сооруженія испытательнаго колодца.

Было совершенно достаточно изслѣдовать на южной окраинѣ полосу незначительной ширины, направленную съ востока на западъ; въ ней измѣрялись: паденіе водной поверхности, мощность и водопроницаемость водоносныхъ слоевъ — факторы, опредѣляющіе собою водную производительность. Всѣ явленія, происходящія внѣ этой полосы, имѣютъ для достиженія поставленной цѣли лишь косвенное значеніе.

Что касается выбора изслѣдуемой полоски, то допускалась возможность передвиженія ея въ сѣверо-южномъ направленіи. Въ крайнемъ положеніи на югѣ, вдоль крутого обрыва — являлось опасеніе, что буренія захватятъ ледниковый и, стало быть, совершенно неправильно наслоенный дилювій, что въ этой полосѣ обнаружатся многообразныя гидрологическія явленія. Карта горизонталей скатерти грунтовыхъ водъ (фиг. 53) учитъ, что паденіе водной поверхности по направленію къ сѣверу весьма сильно уменьшается; такъ какъ масса текущей воды не измѣняется, то въ этомъ направленіи должна расти либо проницаемость, либо мощность водоносныхъ слоевъ. Такъ такъ послѣднее предположеніе болѣе вѣроятно, то, слѣдовательно, по направленію къ сѣверу будетъ расти необходимая глубина производимыхъ буреній.

лахъ каждой группы опредѣляется непосредственно путемъ нивеллировки. Обѣ измѣряемыя поверхности должны быть расположены возможно ближе одна къ другой, дабы измѣренное между ними паденіе, несмотря на возможныя его измѣненія, могло считаться постояннымъ во взятыхъ предѣлахъ; но, съ другой стороны, разстояніе между ними должно все же быть настолько значительнымъ, чтобы неизбѣжныя погрѣшности измѣренія не оказали замѣтнаго вліянія. Взятое здѣсь разстояніе между скважинами удовлетворяетъ и тому, и другому требованію.

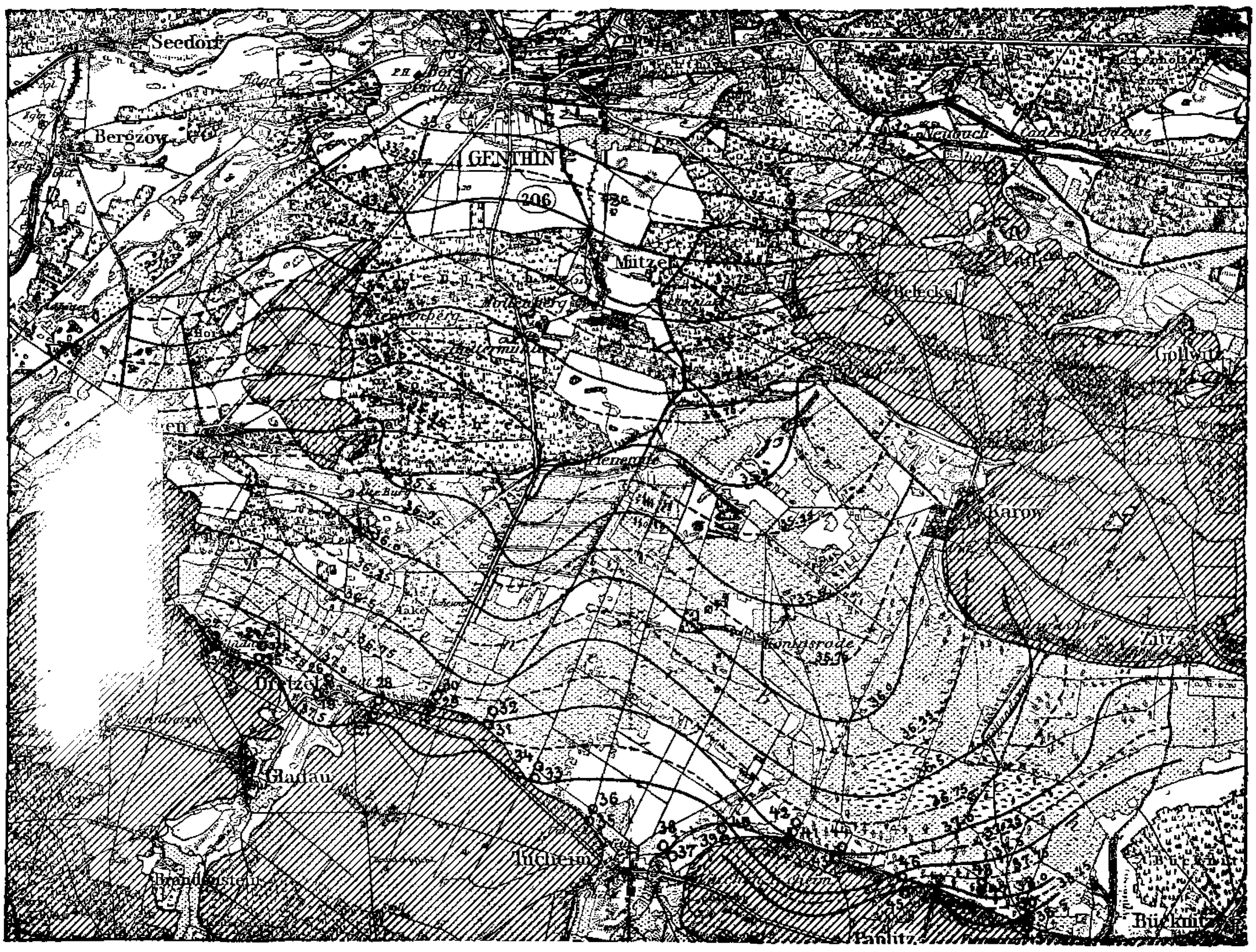
Но паденіе измѣняется во времени. Въ скважинахъ, заложенныхъ въ началѣ работъ, состояніе водныхъ поверхностей наблюдалось въ теченіе трехъ мѣсяцевъ, а въ скважинахъ, заложенныхъ въ концѣ — лишь въ теченіе $1^2/_3$ мѣсяца. Результаты произведенныхъ наблюденій показываютъ, что паденіе измѣняется въ узкихъ предѣлахъ и что въ разныхъ группахъ скважинъ максимумъ и минимумъ наступаютъ не въ одно время; въ виду значительной длины обслѣдованной полосы и разнообразія происходящихъ въ ней явленій, иныхъ результатовъ нельзя было и ожидать.

Наиболѣе правильные результаты получатся, если въ основаніе вычисленій положить для каждой группы скважинъ среднее за время наблюденій паденіе; если бы всѣ минимумы пришлись на одинъ день, то можно было бы воспользоваться данными измѣреній этого дня.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ, въ 1 графѣ обозначены обѣ буровыя скважины каждой группы съ соотвѣтственными номерами; графа 3 содержитъ среднее абсолютное значеніе паденія за время наблюденій, а графа 4 — отнесенное къ единицѣ относительное паденіе. Но вводимое въ вычисленія паденіе должно быть измѣрено по направленію скорости потока грунтовой воды, т. е. по направленію кратчайшаго паденія, иначе говоря, по направленію ортогональныхъ траекторій (перпендикуляровъ) къ горизонталямъ водной поверхности. Но послѣднія въ своихъ деталяхъ не извѣстны въ началѣ работъ, и поэтому, какъ и по другимъ вышеприведеннымъ причинамъ, положеніе скважинъ, составляющихъ группу, не всегда совпадаетъ съ кратчайшей линіей паденія. Эта неизбѣжная погрѣшность устранялась тѣмъ, что по окончаніи буреній составлялся общій планъ горизонталей водной поверхности (воспроизведенъ на фиг. 53), по которому затѣмъ находился уголъ α, т. е. уголъ отклоненія линіи скважинъ отъ направленія мѣстной траекторіи. Дѣленіемъ на cos этого угла, найденнаго по наблюденіямъ средняго паденія, получается годное для вычисленій паденіе по направленію траекторіи или кратчайшее паденіе. Въ таблицѣ, въ графѣ 7 приведена эта величина для

При выборѣ мѣста для закладки изслѣдуемой полосы считались съ двумя разсмотрѣнными соображеніями и, какъ показали послѣдствія, весьма удачно.

Вся длина полоски, обслѣдованной двумя рядами буровыхъ скважинъ, составляетъ 14,300 м. (фиг. 249). Буровыя скважины распредѣлены на 15 группъ, изъ которыхъ каждая состоитъ изъ одного глубокаго буренія, доходящаго до непроницаемаго третичнаго основанія, и одного мелкаго буренія, которое должно было вскрыть лишь зеркало грунтовыхъ водъ.



Фиг. 249.

Глубокія буровыя скважины лежатъ въ сѣверномъ профилѣ и занумерованы четнымъ рядомъ, мелкія — въ южномъ и занумерованы рядомъ нечетнымъ.

Взаимное разстояніе между группами колеблется отъ 1240 до 864 м., среднее равно 1020 м. Разстояніе скважинъ въ каждой группѣ колеблется отъ 105 до 315 м., со среднимъ въ 157 м. Топографическія и сельскохозяйственныя условія, какъ и юридическія условія владѣнія, оказывали вліяніе на выборъ мѣста для закладки скважинъ.

Величина паденія поверхности грунтовыхъ водъ въ предѣ-

каждой группы, въ графѣ 5 — соотвѣтствующій каждой группѣ уголъ α, а въ графѣ 6 — его cos.

Въ графахъ 8 и 9 таблицы приведены полученные результаты. Если сложить цифры графы 9 и полученную сумму раздѣлить на сумму площадей графы 8, то получится среднее паденіе для всей площади профиля и для боковыхъ экстраполированныхъ площадей. Это среднее равно 0.00148.

Номера скважинъ	Разстояніе скважинъ группы s м.	Паденіе: Среднее абсолютное h м.	Паденіе: Среднее относительное $\frac{h}{3}$	Уголъ между линіей скважины и перпендикуляромъ: α^0	Уголъ между линіей скважины и перпендикуляромъ: cos α	Паденіе $\frac{h}{s \cdot \cos \alpha}$	Площадь профиля глубокой скважины F кв м.	Произведеніе $Fx \frac{h}{s \cdot \cos \alpha}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
23—22	140	0.163	0.001 16	0	1	0.001 16	29 260	33.9416
25—24	125	0.129	0.001 03	13	0.966	0.001 07	34 150	36.5405
19—26	290	0.248	0.000 855	13	0.974	0.000 88	25 120	22.1056
27—28	315	0.592	0.001 88	14	0.970	0.001 94	24 930	48.4642
29—30	124	0.137	0.001 105	4	0.997	0.001 11	34 770	38.5947
31—32	105	0.172	0.001 64	33	0.839	0.001 95	40 830	79.6185
33—34	122	0.079	0 000 647	22	0.927	0.000 70	36 310	25.4170
35—36	144	0.127	0.000 88	15	0.966	0.000 92	30 970	28.4924
37—38	267	0.301	0.001 14	49	0.656	0.001 73	49 260	85 2198
41—42	120	0.098	0.000 817	0	1	0.000 82	36 460	29.8972
43—44	120	0.081	0.000 675	34	0.829	0.000 82	17 460	14.3172
45—46	120	0.393	0.003 27	34	0.829	0.003 95	36 830	145.4785
47—48	120	0.118	0.000 98	7	0.992	0.000 99	28 940	28.6556
49—50	120	0.145	0.001 21	49	0.565	0.001 84	31 060	57.1504
							$\Sigma F = 456\,350$	$\Sigma \frac{F \cdot h}{s \cdot \cos \alpha} = 673\,7882$
							$\frac{\Sigma \frac{F \cdot h}{s \cdot \cos \alpha}}{\Sigma F} = \frac{673.7882}{458\,350} = \mathbf{0.00148}$	

Слѣдуетъ еще замѣтить, что данныя группы 39—40 не вошли въ вычисленіе; уголъ α для нея равенъ 78^0 и поэтому слишкомъ великъ для безошибочнаго примѣненія; и если бы этихъ данныхъ не исключили, полученное среднее повысилось бы.

Площадь водоноснаго слоя опредѣляется непосредственно изъ профиля; она равняется 4.56350 кв. м., включая сюда полученное посредствомъ экстраполяціи продолженіе профиля въ ту и другую сторону, равное 30.300 кв. м.

Для водопроницаемости подпочвы нѣтъ другого масштаба,

кромѣ удѣльной производительности [1]) превращенныхъ въ трубчатые колодцы буровыхъ скважинъ. Тимъ, хотя и считаетъ этотъ способъ грубымъ и не выдерживающимъ строгой критики, все же полагаетъ, что въ осторожныхъ рукахъ способъ этотъ окажется пригоднымъ.

Выведенное изъ 23 опытовъ среднее значеніе удѣльной производительности равно $1{,}74 \frac{sl}{m}$.

Производительность пропорціональна паденію площади живого сѣченія и проницаемости или ея выраженію — удѣльной производительности.

Производительность E всей площади можетъ быть, поэтому, представлена относительнымъ числомъ, равнымъ произведенію трехъ названныхъ величинъ, найденныхъ измѣреніемъ и вычисленіемъ.

$$E = 0{,}00148 \cdot 456350 \cdot 1{,}74 = 1175{,}19.$$

Для другого опытнаго участка, для подпочвы первыхъ водопроводныхъ сооруженій въ городѣ Лейпцигѣ и Наунгофъ, Тимъ тѣмъ же путемъ нашелъ относительное число

$$E_1 = 0{,}00110 \cdot 45900 \cdot 3{,}62 = 182{,}77.$$

Если возьмемъ частное:

$$\frac{E}{E_1} = \frac{1175{,}19}{182{,}77} = 6{,}33,$$

то окажется, что площадь „Финеръ Брухъ“ въ гидрологическомъ смыслѣ въ 6,33 раза богаче площади Наунгофъ, и такъ какъ въ послѣднемъ въ теченіе многихъ лѣтъ получалось по 3000 куб. м. въ сутки, то въ первомъ можно будетъ получать 192,900 куб. м. въ сутки, т. е. въ три раза больше требуемаго количества.

Другіе способы опредѣленія производительности приведены у I. Г. Рихерта [2]). Приведенные выше методы опытнаго опредѣленія скорости теченія воды онъ считаетъ ненадежными и примѣняетъ другой способъ. Выше (глава 21) мы видѣли, что скорость $V = k \cdot \alpha$, а производительность на единицу площади $Q = k \cdot \alpha \cdot A$, гдѣ черезъ A обозначено живое сѣченіе водоноснаго слоя. Для опредѣленія значенія k Рихертъ производилъ опытъ выкачиванія воды изъ колодца. Онъ говоритъ: „колодезь въ такомъ случаѣ образуетъ собою новый пріемникъ, получающій воду изъ нѣкоторой ограниченной области грунтоваго воднаго потока.

---

1) Тимъ подъ этимъ терминомъ разумѣетъ количество воды, добываемое изъ колодца при пониженіи уровня грунтовой воды на 1 метръ.

2) Die Grundwasser mit besonderer Berücksichtigung der Grundwasser Schwedens. München und Berlin 1911, S. 19–53.

Внутри этой области создается новое состояніе равновѣсія. Водное зеркало понижается; направленіе, глубина и скорость потока подвергаются измѣненію. Опредѣливъ (посредствомъ буровыхъ скважинъ для контроля пониженія) величину поперечнаго сѣченія и паденія, соотвѣтствующихъ извлеченному количеству воды, отсюда находимъ величину коэффиціэнта k. Если эта величина пригодна для всего потока грунтовой воды, то общая производительность потока найдется по уравненію $Q = k \cdot a \cdot A$“.

Пусть радіусъ воронки пониженія $= R$, радіусъ колодца $= r$, глубина грунтовой воды по окружности воронки $= D$, въ колодцѣ $= d$; обозначимъ, далѣе, $\frac{D + d}{2}$ dm и $D - d = s$, количество извлеченной воды черезъ q, тогда получимъ

$$q = \frac{2\pi k \cdot dm \cdot s}{\ln R - \ln r}.$$

Отсюда k опредѣляется путемъ вычисленія.

Эта формула пригодна при соблюденіи слѣдующихъ условій:

1. Скатерть грунтовой воды свободна.
2. Естественная скорость грунтовой воды $= 0$.
3. До выкачиванія скатерть грунтовой воды горизонтальна въ предѣлахъ области, изъ которой вода притекаетъ къ колодцу.
4. Выкачиваніе не оказываетъ вліянія на уровень грунтовой воды за предѣлами этой области.
5. Основаніе потока, т. е. непроницаемое дно — горизонтально.
6. Колодецъ опускается до самаго дна и проницаемъ по всей своей цилиндрической поверхности.
7. Свойства проницаемыхъ слоевъ однородны.

При соблюденіи этихъ условій, производительность колодца пропорціональна пониженію воднаго зеркала въ колодцѣ и средней глубинѣ воды въ районѣ пониженія.

Рихертъ, далѣе, произвелъ изслѣдованія для случаевъ отклоненія отъ вышеперечисленныхъ условій, но по этому вопросу, какъ и по вопросу о вычисленіи воднаго запаса путемъ наблюденія пониженія уровня воды при откачкѣ и высоты стоянія воды при искусственной инфильтраціи — мы отсылаемъ читателя къ первоисточнику.

Другой методъ для опредѣленія k, а именно результаты непродолжительныхъ выкачиваній во многихъ, распредѣленныхъ по всему опытному участку, колодцахъ, былъ опубликованъ Г. Тимомъ. Исходя изъ предположенія, что полученное для какого либо колодца значеніе k остается вѣрнымъ до половины разстоянія отъ слѣдующаго колодца, онъ все поперечное сѣченіе

потока дѣлитъ на нѣсколько полей. Онъ опредѣляетъ значеніе k для различныхъ колодцевъ путемъ выкачиванія въ теченіе нѣсколькихъ часовъ, при чемъ пониженіе воднаго зеркала измѣряется по двумъ скважинамъ, расположеннымъ по линіи теченія. Разстояніе скважинъ отъ колодца обозначая черезъ a_1 и a_2, пониженіе черезъ s_1 и s_2, соотвѣтственную глубину воды черезъ d_1 и d_2, извлеченное количество воды черезъ q, и предполагая, что основаніе потока параллельно водной поверхности, Тимъ опредѣляетъ значеніе k при помощи слѣдующаго уравненія:

$$k = \frac{q\,(\ln a_2 - \ln a_1)}{\pi\,(d_2 + d_1)\,(s_1 - s_2)}.$$

Наиболѣе надежный путь къ опредѣленію производительности нѣкотораго потока грунтовой воды состоитъ въ организаціи опыта выкачиванія воды изъ колодцевъ въ теченіе болѣе продолжительнаго времени, т. е. въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, при чемъ долженъ быть захваченъ и болѣе или менѣе продолжительный періодъ засухи. Воду изъ колодца или изъ цѣлаго ряда колодцевъ выкачиваютъ до тѣхъ поръ, пока уровень воды въ нихъ не станетъ постояннымъ. Чѣмъ скорѣе это будетъ достигнуто и чѣмъ скорѣе послѣ прекращенія выкачиванія вода въ колодцѣ достигнетъ своей прежней высоты, тѣмъ больше шансовъ на то, что грунтовый потокъ въ теченіе долгаго времени будетъ въ состояніи давать потребное количество воды. Если же во время выкачиванія водное зеркало постепенно и непрерывно понижается, то это служитъ вѣрнымъ признакомъ того, что потокъ теряетъ больше воды, нежели получаетъ, или того, что имѣется не потокъ, а озеро грунтовой воды. Въ обоихъ случаяхъ рано или поздно производительность должна сильно понизиться.

Въ заключеніе замѣтимъ, что, по сравненію со старымъ методомъ, по которому колодцы опускались на 1 метръ ниже минимальнаго уровня воды, новый способъ — опускать колодцы или скважины, по возможности, до самаго непроницаемаго основанія — имѣетъ значительныя преимущества, а именно: онъ обезпечиваетъ болѣе равномѣрную температуру воды и затѣмъ, что еще важнѣе, лучшую защиту отъ загрязненій веществами, попадающими въ колодезь съ поверхности.

ГЛАВА 65.

Изслѣдованіе потоковъ подземной воды.

Во многихъ случаяхъ является необходимымъ установить связь между исчезающими поверхностными водами, подземными потоками и выходящими на поверхность источниками, или же,

въ случаяхъ загрязненія источниковъ, выяснить правильность тѣхъ или иныхъ предположеній о причинахъ загрязненія.

Въ такихъ случаяхъ можно пользоваться цѣлымъ рядомъ различныхъ методовъ. Общій пріемъ таковъ, что въ исчезающую воду вводятъ нѣкоторое количество растворимаго, легко узнаваемаго и произвольно дѣлимаго вещества, которое, растворяясь въ водѣ и выходя съ нею на поверхность, ясно указываетъ на то или иное взаимоотношеніе потоковъ. Употребляемыя для этого вещества должны удовлетворять цѣлому ряду условій: 1. растворимость въ водѣ, 2. неразлагаемость во время подземнаго передвиженія, 3. легкая узнаваемость, 4. дешевизна, 5. способность сопротивленія поглотителямъ, 6. безвредность для людей, животныхъ и растеній. Многимъ изъ этихъ условій не удовлетворяютъ красящія вещества, кромѣ флуоресцина (уранина) и фуксина. Разсмотримъ пригодность слѣдующихъ категорій веществъ:

a) Вещества, которыя могутъ быть уловлены путемъ химическаго или спектральнаго анализа: поваренная соль, хлористая известь и хлористый литій.

b) Вещества, которыя могутъ быть обнаружены по запаху: шиферное масло, сапроль и нефть.

c) Вещества красящія: фуксинъ, уранинъ.

d) Твердыя вещества, обнаруживаемыя либо невооруженнымъ глазомъ, либо подъ микроскопомъ, либо біологическимъ путемъ.

a) Въ случаѣ употребленія хлоридовъ, надо произвести изслѣдованіе воды на хлоръ, а въ случаѣ хлористаго литія — также на литій. Примѣненіе солей первой категоріи требуетъ большихъ количествъ вещества, зависящихъ отъ массы движущейся воды. Въ Дунаѣ, напр., исчезаютъ въ 1 секунду 2000 литровъ воды, и чтобы здѣсь получить растворъ въ $^1/_4$ процента, надо вносить въ воду въ 1 секунду 5 кгр. соли въ возможно концентрированномъ растворѣ. Кнопъ употреблялъ 200 центнеровъ хлористаго натрія, которыхъ, слѣдовательно, хватало на то, чтобы воды Дуная въ теченіе получаса имѣли $^1/_4$ процентное содержаніе соли. Такъ какъ Аахскій источникъ даетъ 4000 литровъ въ секунду, то уже одно это обстоятельство понизило бы концентрацію раствора до $0.125^0/_0$. Но такъ какъ стокъ распредѣляется на значительный промежутокъ времени, то процентное содержаніе соли неминуемо должно еще болѣе понизиться, доходя до $0{,}01^0/_0$.

При употребленіи хлористаго литія можно довольствоваться гораздо меньшими количествами матеріала. Такъ какъ путемъ спектральнаго анализа можно доказать присутствіе еще $\frac{1}{7 \cdot 10^8}$ части

словливающихъ лишь весьма медленное передвиженіе просочившихся водъ къ мѣстамъ выхода на поверхность. Поэтому, чтобы обезпечить удачу, рекомендуется употреблять и эти соли въ большихъ количествахъ, 5—20 кгр., и производить испытаніе воды въ предполагаемыхъ мѣстахъ ея выхода не въ теченіе нѣсколькихъ дней или недѣль, но, смотря по условіямъ, въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ. Растворенную соль слѣдуетъ вводить въ просачивающуюся воду постепенно такъ, чтобы она распредѣлилась въ большомъ количествѣ воды. Въ мѣстахъ предполагаемаго выхода воды черезъ правильные промежутки времени берутъ водныя пробы, наполняя водою цилиндръ въ 1 метръ высотою; наполненный цилиндръ ставится на чистое бѣлое основаніе, и затѣмъ, для рѣшенія вопроса о той или иной окраскѣ воды, смотрятъ на воду сверху черезъ всю ея толщу. Уранинъ растворимъ въ водѣ съ зеленоватой окраской, и растворъ въ падающемъ свѣтѣ обнаруживаетъ великолѣпную зеленую флуоресценцію. Если при такомъ испытаніи замѣчаются лишь слабые слѣды окраски, то ихъ можно сдѣлать болѣе ясными слѣдующимъ способомъ:

Въ колбу, емкостью въ 1 литръ, наливаютъ 700 куб. см. испытуемой воды. Вода слабо подкисляется азотной кислотой. Затѣмъ прибавляютъ 250 гр. эфира и взбалтываютъ смѣсь до тѣхъ поръ, пока большая часть эфира не будетъ поглощена, поверхъ же воды соберутся лишь 10—30 куб. см. его. Плавающій сверху эфиръ снимается пипеткой, и къ нему прибавляютъ каплю амміака, при чемъ тотчасъ же обнаруживается флуоресценція, такъ какъ все красящее вещество изъ воднаго раствора перешло въ эфиръ. Если вода содержитъ живыя растенія (водоросли), то эфирная вытяжка оказывается иногда окрашенной въ зеленый цвѣтъ. Это обстоятельство не должно вводить въ заблужденіе, ибо зеленая окраска въ данномъ случаѣ зависитъ отъ хлорофилла, растворъ же уранина въ эфирѣ безцвѣтенъ. Въ падающемъ свѣтѣ хлорофиллъ безошибочно узнается по кроваво-красному цвѣту отраженныхъ лучей, при чемъ для направленія солнечныхъ лучей наиболѣе удобно пользоваться двояковыпуклымъ стекломъ.

Въ качествѣ твердыхъ веществъ употребляются мякина, отруби мелкія древесныя опилки и другія мелко распыляющіяся вещества, но они менѣе цѣлесообразны, такъ какъ могутъ быть задержаны въ мелкихъ трещинахъ горной породы. Далѣе, подземная вода на своемъ пути можетъ наткнуться на преграду и, просачиваясь гдѣ-либо въ нижнихъ частяхъ, задержитъ на своей поверхности передъ преградою всѣ вышеназванныя плавучія вещества, движеніе которыхъ такимъ образомъ и будетъ окончательно прекра-

($^3/_7$ мгр. на m^3), то, при прочихъ равныхъ условіяхъ, было бы достаточно 1 кгр. этой соли на 100 000 куб. м. воды.

Присутствіе поваренной соли, хлористой извести и нашатыря доказывается реакціей ляписа на хлоръ, или титрованіемъ по извѣстному химическому методу съ растворомъ ляписа и хромовокислымъ кали. Послѣдній способъ имѣетъ преимущество по быстротѣ работы и по количественнымъ результатамъ.

Чтобы опредѣлить присутствіе литія, надо 50—100 гр. воды выпарить на водяной банѣ до нѣсколькихъ капель и произвести спектроскопическое изслѣдованіе ихъ на характерную красную линію литія.

b) Вещества, перечисленныя въ группѣ b, менѣе удобны, такъ какъ они сообщаютъ водѣ непріятный вкусъ и, попадая въ колодцы, дѣлаютъ ихъ непригодными на болѣе или менѣе продолжительное время. Приведемъ интересный случай, происшедшій во Франціи, гдѣ на одномъ заводѣ во время пожара были пролиты и проникли въ почву большія количества абсэнта, который затѣмъ своимъ запахомъ неожиданно обнаружилъ наличность связи между рѣкою Doub и источникомъ Loue.

c) Примѣненіе интенсивно красящихъ веществъ возможно лишь въ томъ случаѣ, если они безвредны. Поэтому изъ анилиновыхъ красокъ пригодны лишь уранинъ и фуксинъ, при чемъ красящая сила послѣдняго въ десять разъ меньше таковой перваго. Уранинъ, разбавленный въ пропорціи $1:10^8$, еще уловимъ, т. е. 1 гр. достаточно на 100 куб. м. воды. Возможность примѣненія этого вещества нѣсколько ограничивается тѣмъ обстоятельствомъ, что оно, какъ и вообще всѣ растворимые алкалоиды, сильно поглощается почвой и горными породами, а поэтому вмѣсто каліеваго уранина, наиболѣе часто примѣняемаго, слѣдовало бы, пожалуй, употреблять натріевый, такъ какъ, вообще, соли натрія поглощаются нѣсколько менѣе сильно. При кислой почвѣ, и тѣ и другія соли непригодны, такъ какъ онѣ выпадаютъ изъ раствора. При мало-проницаемыхъ породахъ, соединенія уранина примѣнимы лишь въ случаяхъ незначительнаго разстоянія между изслѣдуемыми пунктами, но и тогда рекомендуется примѣненіе большихъ количествъ соли. Но вещества эти превосходно исполняли свое назначеніе въ тѣхъ случаяхъ, когда требовалось доказать связь между водами, текущими по трещинамъ и скважинамъ проницаемыхъ породъ, и примѣненіе ихъ здѣсь, даже на большихъ разстояніяхъ, во множествѣ случаевъ вполнѣ оправдывалось. Если при этомъ и бывали неудачи, то причину ихъ слѣдуетъ видѣть въ большихъ протяженіяхъ подземнаго озера, обу-

щено. Примѣняя въ нѣкоторыхъ случаяхъ и крахмалъ, присутствіе котораго не трудно констатировать въ поляризованномъ свѣтѣ подъ микроскопомъ или испытаніемъ на іодистый калій. Съ тою же цѣлью употреблялись также культуры легко узнаваемыхъ красящихъ микробовъ, напр., Bacillus violaceus и Bacillus pyocyaneus.

ГЛАВА 66.

Минировка буровыхъ скважинъ.

Въ случаѣ отсутствія воды въ буровой скважинѣ, просверленной въ твердой породѣ, обыкновенно считаютъ эту скважину окончательно неудавшейся и пытаютъ счастья въ другомъ мѣстѣ. Но такой образъ дѣйствій неправиленъ. Имѣется простое средство, примѣненіемъ котораго удается иногда сдѣлать безводную скважину производительной. Мы видѣли выше, на стр. 231, что въ Новой Англіи 90% всѣхъ буровыхъ скважинъ, заложенныхъ въ гранитѣ, оказались удачными и 10% — безрезультатными. Гранитъ самъ по себѣ является породой непроницаемой и неводоносной, водоносность же его обусловлена пронизывающими его трещинами и скважинами. Буровая скважина, если случайно не наткнется на такую трещину, остается безводной. Быть можетъ, она и окружена трещинами со всѣхъ сторонъ, но дѣло въ томъ, что ни одна изъ трещинъ не пересѣкаетъ скважины. Поэтому, если бы удалось создать на глубинѣ нѣкоторое сообщеніе между буровою скважиною и сосѣдними наполненными водою трещинами, то вода устремилась бы въ буровую скважину и могла бы быть извлечена на поверхность. Это достигается минировкой скважины, т. е. на днѣ скважины воспламеняютъ какое либо взрывчатое вещество, окружающая скважину порода отъ взрыва разрывается, возникаетъ цѣлый рядъ трещинъ и щелей, и въ иныхъ случаяхъ, смотря по условіямъ, требуемое сообщеніе можетъ оказаться достигнутымъ. Примѣненіе этого способа, не вызывая большихъ расходовъ, по сравненію со стоимостью буренія въ твердыхъ породахъ, рекомендуется во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда свойства породы и условія водоносности оказываются благопріятными. Пріемъ этотъ непримѣнимъ въ случаѣ пластическихъ породъ, т. е. при глинахъ, сланцеватыхъ глинахъ, мергеляхъ, глинистыхъ песчаникахъ, такъ какъ въ этихъ породахъ возникающія при взрывѣ трещины тотчасъ же закупориваются глиной. Благопріятными въ этомъ отношеніи оказываются массивныя изверженныя породы, кристаллическіе сланцы, кварциты, песчаники, кристаллическіе известняки, обыкновенные известняки и доломиты.

Что касается деталей, то, по моему личному опыту, лучше всего устраивать минировку слѣдующимъ образомъ: если буровая скважина, діаметромъ въ 10—20 см., заложенная на 20—30 м. ниже общаго уровня грунтовой воды въ данной области, остается безводной, то прежде всего надо изслѣдовать напластованіе породъ и выяснить детальную картину чередованія пластовъ, причемъ особенное вниманіе надо обращать на важное въ данномъ случаѣ присутствіе или отсутствіе глинистыхъ примѣсей. Установивъ глубину залеганія наиболѣе глубокихъ пригодныхъ для взрыва пластовъ, вытаскиваютъ буровыя трубы на 5—8 м. выше предполагаемаго мѣста взрыва и наполняютъ скважину до высоты этого мѣста пескомъ или гравіемъ. Затѣмъ опускаютъ въ скважину динамитный патронъ съ электрическимъ зажигателемъ и засыпаютъ ее слоемъ песка или гравія въ 8—10 м. толщиною. Величина динамитнаго заряда опредѣляется глубиною мѣста взрыва. При взрывахъ на глубинѣ 20—30 м. можно спокойно закладывать 10 кгр. динамита, на глубинѣ 50 м. и больше — 15 кгр., не опасаясь поврежденія сосѣднихъ зданій, желѣзныхъ дорогъ или какихъ либо другихъ сооруженій. При замыканіи тока динамитъ взрывается, вызывая мѣстное раздробленіе горной породы. Послѣ взрыва, для изслѣдованія его результатовъ, буровая скважина снова очищается. Если теперь въ буровой скважинѣ окажется вода, но въ незначительномъ количествѣ, то для дальнѣйшаго увеличенія приводящихъ воду каналовъ взрывъ слѣдуетъ повторить. Если же первый взрывъ далъ отрицательный результатъ, то слѣдуетъ произвести новый взрывъ въ слѣдующемъ по высотѣ подходящемъ ярусѣ.

Буровая скважина близъ М. Ванцлебенъ, заложенная въ ретскомъ песчаникѣ на глубину 30 м. и оказавшаяся совершенно сухою, послѣ примѣненія динамита давала 1 куб. м. воды въ минуту. Хорошіе результаты получились также близъ Цейтца въ свитѣ средняго пестраго песчаника; и даже въ глинистыхъ песчаникахъ нижняго пестраго песчаника близъ Аммендорфа результатомъ взрыва явилась достаточная для надобностей предпринимателя производительность скважины.

Если мѣсто взрыва находится на значительной глубинѣ подъ общимъ уровнемъ грунтовыхъ водъ, то уже мелкихъ, слабыхъ трещинъ достаточно для притока большихъ количествъ воды, такъ какъ масса протекающей воды, при одинаковомъ поперечномъ сѣченіи, возрастаетъ пропорціонально давленію. Пусть w обозначаетъ величину отверстія, h — высоту давленія, — то, по выводамъ 11 главы, количество вытекающей воды равно $w\sqrt{2gh}$. Стало быть, отверстіе въ 1 см.^{2} величиною, соотвѣтствующее тре-

этомъ отношеніи ставитъ владѣльцу лишь государство, исходя изъ необходимости защиты общественныхъ интересовъ, а также интересовъ сосѣднихъ владѣльцевъ.

Этимъ основнымъ принципамъ слѣдуютъ какъ кодифицированное законодательство, такъ и обычное право. Вполнѣ понятно, что законодатель главное свое вниманіе обращаетъ на рѣки, какъ публичныя, такъ и частныя; воды же, являющіяся преимущественно объектомъ частнаго владѣнія, какъ-то грунтовыя воды, источники, пруды, озера и ручьи, трактуются имъ лишь мимоходомъ. Вслѣдствіе этого, законодательныя нормы относительно собственно грунтовыхъ и родниковыхъ водъ, описаніе которыхъ составляетъ предметъ настоящаго труда, являются въ высшей степени скудными и касаются лишь тѣхъ случаевъ, когда рѣчь идетъ объ источникахъ и колодцахъ, питающихся подземными водами. Шенкель въ своей работѣ „Das Badische Wasserrecht“ называетъ а) грунтовыми водами тѣ воды, которыя залегаютъ на опредѣленномъ разстояніи отъ поверхности земли на пластѣ водонепроницаемыхъ породъ [1]) и движутся, слѣдуя уклону этого послѣдняго, и б) родниковыми — тѣ воды, которыя выходятъ въ опредѣленномъ пунктѣ на дневную поверхность, поднимаясь изъ подземныхъ водовмѣстилищъ.

Древне-германское законодательство признавало полное и исключительное право владѣнія наземными и подземными водами (Wasser unter- und ob der Erde) за владѣльцемъ поверхности и защищало послѣдняго противъ всякой порчи и ухудшенія качествъ грунтовыхъ водъ и питаемыхъ ими сооруженій и приспособленій.

Подобныя только что указаннымъ постановленія содержатся и въ германскомъ средневѣковомъ законодательствѣ, въ особенности же въ дѣйствовавшемъ повсемѣстно въ Германіи къ сѣверу отъ Майна саксонскомъ кодексѣ (Sachsenspiegel, 1225 г.). Въ этомъ законодательствѣ относительно права собственности на родники и источники точно устанавливается, что таковое въ полной мѣрѣ принадлежитъ владѣльцу поверхности въ отношеніи какъ самаго источника, такъ и подземной его части до выхода на дневную поверхность. Вслѣдствіе этого, владѣлецъ имѣетъ право дозволять водѣ свободно вытекать или же имѣетъ право забить выходъ; другими словами, владѣлецъ можетъ использовать родникъ, выходящій на его землѣ, какъ ему угодно, съ тѣмъ, однако, ограниченіемъ, что онъ лишается права на забитіе родника, если истеченіе изъ послѣдняго воды продолжалось бо-

1) Первомъ отъ земной поверхности. *А. С.*

щинѣ въ 10 см. длины и 1 мм. въ діаметрѣ, при давленіи въ 30 м., дало бы

$$0{,}0001 \cdot \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 30} = 0{,}00242 \text{ м.}^3/\text{сек.},$$

т. е. 145,2 литра въ минуту, или 8,712 м.^{3} въ часъ, или почти 210 м.^{3} въ сутки.

Думается, что предложенный способъ испытанія непроизводительныхъ буровыхъ скважинъ особенно пригоденъ въ областяхъ съ неправильною циркуляціей воды, т. е. въ карстовыхъ ландшафтахъ, въ обширныхъ областяхъ гранита и гнейса и т. п. мѣстностяхъ.

III. ВОДНОЕ ПРАВО И ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО [1]).

ГЛАВА 67.

Грунтовыя и ключевыя воды съ юридической точки зрѣнія. Водное законодательство въ различныхъ странахъ.

Вода является природнымъ даромъ и, вслѣдствіе этого, составляетъ общее достояніе. Свободно текущая вода не можетъ являться объектомъ купли-продажи и не составляетъ предмета собственности того или иного отдѣльнаго лица. Каждый, наоборотъ, имѣетъ право владѣть ею и пользоваться для своихъ потребностей. Единственнымъ ограниченіемъ въ данномъ направленіи является лишь самая возможность владѣнія и использованія. Въ то время какъ только что названныя права по отношенію къ публичнымъ водамъ предоставляются каждому желающему, владѣлецъ водъ, составляющихъ частную собственность, можетъ воспрепятствовать постороннимъ лицамъ въ ихъ стремленіи завладѣть и пользоваться ими, и такимъ образомъ становится полнымъ владѣльцемъ ихъ [2]). Извѣстныя ограниченія въ

---

1) Весь этотъ отдѣлъ частію переведенъ, частію переработанъ и дополненъ горн.-инж. А. Д. Стопневичемъ. Дополненія заключены между звѣздочками и имѣютъ подпись нхъ автора. *Ред.*

2) У автора здѣсь имѣется явный пропускъ, состоящій въ слѣдующемъ. Согласно принципамъ римскаго права, господствующимъ и понынѣ въ большинствѣ законодательствъ, всѣ текучія воды раздѣляются на публичныя рѣки (flumina publica) и частныя (flumina privata), отличающіяся отъ первыхъ, кромѣ *величины, еще и тѣмъ признакомъ*, что *теченіе* ихъ не является постояннымъ, но періодически прекращается. Равнымъ образомъ, объектомъ частной собственности могутъ быть источники, колодцы, пруды, родники, небольшія озера и т. п., но большія озера и моря сюда уже не подходятъ и являются общимъ достояніемъ (res communes omnium). *А. С.*

лѣе тридцати лѣтъ. Въ саксонскомъ кодексѣ содержится также воспрещеніе злоупотребленій своимъ правомъ, такъ что всякому владѣльцу запрещается забивать родниковую воду единственно съ цѣлью причиненія вреда и убытка сосѣдямъ.

Подобныя же нормы содержатся и въ Швабскомъ кодексѣ, составленномъ по образцу саксонскаго.

Эти германскіе кодексы во многомъ сохранили свою силу и до настоящаго времени, за исключеніемъ тѣхъ случаевъ, когда они были впослѣдствіи отмѣнены новѣйшими законоположеніями.

Римское право признаетъ грунтовыя и родниковыя воды принадлежностью землевладѣнія, и, вслѣдствіе этого, владѣніе подземными водами является ничѣмъ не ограниченнымъ правомъ владѣльца поверхности. Въ виду того, что римское право въ концѣ среднихъ вѣковъ легло въ основу науки о правѣ и частью дѣйствуетъ наряду съ германскимъ законодательствомъ, частью же даже вытѣснило послѣднее, то можно привести здѣсь тѣ положенія касательно грунтовыхъ и родниковыхъ водъ, которыя сохранили свою силу и понынѣ въ тѣхъ областяхъ, гдѣ не издано по этому предмету спеціальныхъ законоположеній. Такъ какъ право собственности простирается безгранично вверхъ и внизъ въ предѣлахъ границъ владѣнія, то владѣлецъ поверхности имѣетъ ничѣмъ не ограниченное право владѣнія на всѣ воды, заключающіяся на поверхности его владѣнія и подъ нею, и можетъ распоряжаться ими по своему усмотрѣнію; онъ имѣетъ право загрязнить ихъ, можетъ устраивать сооруженія, которыя уменьшатъ количество воды, притекающей во владѣнія сосѣда, и даже совершенно уничтожать этотъ притокъ, такъ что колодцы сосѣда могутъ изсякнуть; онъ можетъ вырыть новые колодцы, забивать источники, отводить воду ихъ по иному направленію, но, согласно общимъ законамъ гражданскимъ, всѣ эти дѣйствія его не должны вытекать изъ злоупотребленія своимъ правомъ, т. е. единственно съ цѣлью причиненія убытковъ и вреда сосѣдямъ. Въ послѣднемъ случаѣ сосѣдъ имѣетъ право оспаривать дѣйствія владѣльца и искать убытки судебнымъ порядкомъ.

Безъ сомнѣнія, послѣднее ограниченіе не имѣетъ почти никакого реальнаго значенія, ибо доказать, что владѣлецъ въ своихъ дѣйствіяхъ руководился исключительно желаніемъ причинить сосѣду убытки, очень затруднительно; поэтому то въ общемъ гражданскомъ законодательствѣ Пруссіи введены въ 8 отдѣлѣ I части слѣдующія положенія, нѣсколько устраняющія зло, причиняемое ничѣмъ не ограниченнымъ правомъ собственности владѣльца земной поверхности на воды, находящіяся въ предѣлахъ его владѣнія.

жителямъ общины, села или деревни необходимую для нихъ питьевую воду.

Во всѣхъ союзныхъ государствахъ и имперскихъ провинціяхъ Германіи дѣйствуютъ отдѣльные водные кодексы, которые, впрочемъ, болѣе или менѣе согласуются между собою въ ихъ основныхъ принципахъ; всѣ они основаны преимущественно на положеніяхъ германскаго воднаго права.

При ознакомленіи съ дѣйствующимъ законодательствомъ, нельзя не придти къ заключенію, что всѣ положенія закона, касающіяся владѣнія и пользованія водою, изданныя до конца девятнадцатаго столѣтія, имѣютъ совершенно примитивный характеръ. Колоссальное развитіе сельскаго хозяйства и, въ особенности, промышленности, требованія на грунтовыя и родниковыя воды для снабженія питьевой и хозяйственной водою населенія, скопляющагося въ громадныхъ количествахъ въ отдѣльныхъ пунктахъ, цѣлый рядъ нарушеній режима подземныхъ водъ, происшедшихъ вслѣдствіе громадныхъ требованій на нее, какъ то пониженіе уровня грунтовыхъ водъ, изсякновеніе источниковъ и ключей, высыханіе значительныхъ земельныхъ пространствъ, — все это побудило законодателя неотложно приступить къ регулированію вопросовъ воднаго права.

Прежде всего [1]) этотъ важный вопросъ подвергся законодательному регулированію въ Баденѣ.

Баденскій водный законъ 26 іюня 1899 г.

содержитъ слѣдующія статьи, касающіяся грунтовыхъ водъ и родниковъ:

§ 4. Право собственности на поверхность земли включаетъ въ себя также, поскольку это не противорѣчитъ закону или правамъ третьихъ лицъ, также и право на воды, находящіяся на или подъ поверхностью земли, въ особенности же . . . на колодцы и цистерны, на родники и на грунтовую воду.

§ 20. Къ водамъ относятся тѣ же статьи свода законовъ гражданскихъ, которыя касаются и права на землю, поскольку онѣ не отмѣняются настоящимъ закономъ.

§ 21 устанавливаетъ веденіе особыхъ водяныхъ книгъ, куда записываются всѣ предписанія властей касательно

---

1) Необходимо упомянуть, что въ герц. Гессенскомъ въ 1887 г. и въ Эльзасъ-Лотарингіи въ 1891 г. были изданы водные законы въ цѣляхъ улучшенія сельскаго хозяйства и связаннаго съ этимъ экономическаго положенія населенія. Въ послѣднемъ законѣ совершенно отсутствуетъ упоминаніе о грунтовыхъ и родниковыхъ водахъ, въ первомъ же онѣ упоминаются лишь вскользь.

§ 129, I. 8. Не допускается устройство такихъ сооруженій, которыми причинялось бы загрязненіе или уничтоженіе уже существующихъ колодцевъ у сосѣдей.

Высшій верховный судъ неоднократно разъяснялъ, что уменьшеніе и уничтоженіе притока воды въ колодцы, принадлежащіе самому владѣльцу, при устройствѣ имъ новыхъ сооруженій, не возбраняется настоящей статьей.

§ 130, I. 8. Напротивъ, вырытіе колодца на собственной землѣ не возбраняется, хотя бы отъ этого пострадали интересы сосѣда, если только послѣдній не обладаетъ въ этомъ отношеніи какими-либо особыми правами (сервитутъ).

§ 131, 8. Проведеніе колодца не дозволяется ближе 3 фут. (= 0,939 м.) отъ границъ сосѣдскихъ владѣній.

§ 132, I. 8. Вообще не дозволяется рыть колодцы подъ землею сосѣда.

Сюда же относится § 246, II части 15 отдѣла, слѣдующаго содержанія: „владѣлецъ, черезъ участокъ котораго протекаетъ вода, необходимая для приведенія въ дѣйствіе уже существующей мельницы, не имѣетъ права лишать воды эту послѣднюю“. Такимъ образомъ, права владѣльца источника на воду его ограничиваются интересами владѣльца мельницы. Нижележащіе владѣльцы могутъ пріобрѣсти право на родниковыя воды частью путемъ соглашенія съ владѣльцами ихъ, въ громадномъ же большинствѣ случаевъ, въ силу давности. На грунтовыя воды эти положенія не распространяются.

Въ первомъ водномъ законѣ Пруссіи отъ 23 февраля 1843 г. не содержится никакихъ указаній на грунтовыя и родниковыя воды. Согласно § 1 этого закона, „всякому береговому владѣльцу частныхъ рѣкъ (источниковъ), поскольку третьи лица не имѣютъ исключительнаго права собственности на означенную рѣку, разрѣшается обратить въ свою пользу протекающую по его владѣнію воду при соблюденіи требованій § 13 и слѣдующихъ (обратное теченіе, загрязненіе воды и т. д.)“.

Наряду съ общимъ гражданскимъ законодательствомъ и общеимперскимъ земельнымъ закономъ, существуютъ положенія, изложенныя въ § 641—643 Code civil, вошедшія въ законодательство Бадена (въ настоящее время почти цѣликомъ отмѣненное новымъ Баденскимъ воднымъ закономъ), Эльзасъ-Лотарингіи и нѣкоторыхъ частей Рейнскихъ провинцій. Согласно этимъ статьямъ, владѣлецъ только въ тѣхъ случаяхъ можетъ неограниченно пользоваться водою источника, если собственникъ нижележащей земли не пріобрѣлъ себѣ права на этотъ источникъ по документу или вслѣдствіе давности, или же если источникъ доставляетъ

(воспрещеніе дѣйствій, имѣющихъ цѣлью единственно лишь причиненіе вреда сосѣдямъ), устраивать на своемъ участкѣ цистерны или колодцы и вообще тѣмъ или инымъ способомъ выводить на поверхность подземныя воды, а равнымъ образомъ — разводить въ разные пункты, какъ собранную вышеупомянутыми способами воду, такъ и родниковую. Однако, администрація можетъ запретить или ограничить выведеніе подземной воды на поверхность или ея отведеніе, а также имѣетъ право уничтожить возведенныя для этихъ цѣлей сооруженія, причемъ эти послѣднія могутъ быть уничтожены и въ томъ случаѣ, если они устроены спеціально для открытія естественныхъ выходовъ ключей и подземныхъ водныхъ жилъ, — во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда подобныя сооруженія настолько измѣняютъ существующія условія водопользованія, что это является угрожающимъ общественнымъ интересамъ. Это право администрація осуществляетъ въ особенности въ тѣхъ случаяхъ, когда предпринятыми работами отнимается у населенія потребная для общаго пользованія питьевая вода или вода, безусловно необходимая для хозяйственныхъ надобностей, причемъ населеніе не получаетъ никакого возмѣщенія взамѣнъ захватываемой у него воды, или когда уровень стоянія воды общаго пользованія настолько понижается, что это пониженіе является гибельнымъ для лицъ, пользующихся водою на основаніи права давности, или для значительнаго числа землевладѣльцевъ. Въ послѣднемъ случаѣ администрація можетъ не запрещать и не ограничивать устройства вышеупомянутыхъ сооруженій, если лицо, которому произведенныя измѣненія приносятъ выгоду, возмѣститъ по справедливой оцѣнкѣ всѣ убытки тѣхъ лицъ, которымъ причиненъ вредъ, или же дастъ надежную гарантію въ возмѣщеніи таковыхъ убытковъ.

Если подземная вода добывается изъ водовмѣстилищъ общественнаго пользованія въ такихъ количествахъ, что отъ этого происходитъ ущербъ для интересовъ пользующихся водою, то такое добываніе можетъ быть воспрещено и долженъ быть возстановленъ первоначальный режимъ.

Въ § 4 этой статьи устанавливается размѣръ вознагражденія въ подобныхъ случаяхъ.

Ст. 6. Владѣлецъ выше расположеннаго земельнаго участка не имѣетъ права задерживать въ свою пользу естественный стокъ воды изъ закрытыхъ водовмѣстилищъ или ямъ, или воды, текущей внѣ ихъ. Точно также владѣлецъ ниже расположеннаго имѣнія не имѣетъ права увеличивать

водопользованія, осушенія и охраны водъ, а также замѣчанія относительно правъ на воду, пріобрѣтенныхъ путемъ соединенія въ товарищества, судебныхъ приговоровъ и частныхъ соглашеній. Книга эта доступна для осмотра всѣмъ заинтересованнымъ лицамъ.

§ 48. Пользованіе водою или осушеніе могутъ быть воспрещены властями по жалобѣ заинтересованныхъ лицъ или же ограничены соблюденіемъ извѣстныхъ требованій, если при этихъ работахъ будутъ грозить населенію различныя невыгоды и неудобства. Это относится также и къ тому случаю, когда путемъ отведенія источника, жилъ подземной воды, или когда при работахъ по пониженію уровня грунтовыхъ водъ, населеніе, живущее въ окрестности, лишится необходимой ему для питья и хозяйственныхъ нуждъ воды, которую ничѣмъ нельзя замѣнить, или же когда пользованіе этой водой будетъ для него значительно стѣснено . . . Въ случаѣ запрещенія или ограниченія права отведенія родника, владѣлецъ послѣдняго долженъ получить извѣстное вознагражденіе, если только населеніе, по просьбѣ котораго это запрещеніе или ограниченіе было издано, не пользовалось водою изъ этого родника безпрерывно въ теченіе болѣе 30 лѣтъ.

Вюртембергскій водный законъ 1 декабря 1900 года.

Ст. 2. Тѣ воды, которыя не упоминаются въ ст. 1-ой настоящаго закона (публичныя воды, текущія въ постоянномъ природномъ или искусственномъ руслѣ, а также озера, имѣющія стокъ), относятся къ водамъ частнымъ, на основаніи ст. 3 и 4, и право на нихъ принадлежитъ владѣльцу поверхности.

Это относится въ особенности:

1) къ подземнымъ водамъ, поскольку онѣ не относятся къ публичнымъ, будучи образованы поверхностными рѣками, частью текущими подъ землею, а также къ родникамъ, но въ томъ лишь случаѣ, если эти послѣдніе не настолько богаты водою, чтобы давать начало рѣчкамъ, имѣющимъ опредѣленное русло и постоянное теченіе;
2) къ водѣ, собираемой въ прудахъ, цистернахъ, колодцахъ, трубахъ или ямахъ, а также къ водѣ, выпадающей на поверхность въ видѣ атмосферныхъ осадковъ.

Ст. 3. Владѣлецъ поверхности имѣетъ право, если только его дѣйствіями не нарушается ст. 226 свода зак. гражд.

естественный стокъ или измѣнять направленіе въ свою пользу. Допускать же стокъ по своей землѣ изъ искусственно открытаго родника владѣлецъ ниже расположеннаго имѣнія отнюдь не обязанъ.

Саксонскій водный законъ 12 марта 1909 г.

§ 1. Пунктъ 2. Использованіе и охраненіе
1) подземныхъ (грунтовыхъ) водъ,
2) источниковъ и ручьевъ, берущихъ изъ нихъ начало,
3) . . .

подлежатъ надзору государства лишь постольку, поскольку это установлено настоящимъ закономъ (§§ 40—42, 75, 151, 153, 143).

§ 4. Право собственности на земельный участокъ простирается и на воды, обозначенныя въ § 1 пунктъ 2 подъ цифрами 1 и 2.

§ 40. По отношенію къ использованію водъ, обозначенныхъ въ § 1 пунктъ 2, требуется разрѣшеніе властей:
1) если, благодаря проектируемымъ устройствамъ, количество текущей воды настолько уменьшается или изъ другихъ земельныхъ участковъ заимствуется при этомъ столько воды, что или
   a) эта вода должна быть отведена для снабженія водою жителей населенныхъ пунктовъ или для потребностей какого-либо предпріятія, которое не находится на землѣ... владѣльца или на землѣ другого владѣльца, не находящейся ни въ природной, ни въ хозяйственной связи съ землей перваго, или
   b) уже существующій для означенныхъ подъ литерой a цѣлей водоотводъ можетъ быть используемъ лишь въ будущемъ,
2) если въ воду вводятся такія вещества, которыя являются вредными для употребленія ея въ общее пользованіе или для какихъ-либо особыхъ цѣлей, или если устраиваются такія сооруженія, что слѣдствіемъ ихъ явится подобное загрязненіе.

§ 41. Отказъ въ выдачѣ разрѣшенія въ случаяхъ, указанныхъ въ § 40, можетъ послѣдовать лишь тогда, когда осуществленіе этихъ сооруженій угрожаетъ общественному благу.

Если, благодаря уменьшенію количества текущей воды или введенію веществъ, вредныхъ для употребленія текущей воды, или если въ случаѣ, указанномъ въ § 40 пунктъ 1 лит. a, обозначенные тамъ способы пользованія водою нане-

Относительно соляныхъ источниковъ и рудничныхъ водъ содержатся положенія въ Горномъ Законѣ.

Ст. 17. Владѣлецъ поверхности не имѣетъ права измѣнять направленіе стока на чужой землѣ для водъ, выбивающихся на поверхность на его участкѣ или природнымъ путемъ накопляющихся на немъ, или же увеличивать количество протекающей воды по сравненію съ естественнымъ.

Пункты 2 и 3 разсматриваютъ подробнѣе происходящій въ такихъ случаяхъ подтопъ.

Согласно ст. 18, администрація слѣдитъ за тѣмъ, чтобы вода, получаемая изъ источника и необходимая для общественнаго благосостоянія, сохранялась въ полномъ порядкѣ при эксплоатаціи ея владѣльцемъ.

Ст. 19. Для выведенія на поверхность или отвода грунтовой и родниковой воды, а также для измѣненія стока изъ озеръ или прудовъ требуется разрѣшеніе администраціи. Не требуется разрѣшенія на устройство временныхъ колодцевъ или такихъ, которые служатъ для удовлетворенія потребности въ водѣ даннаго хозяйства, включая сюда и воду для поливки и другихъ сельско-хозяйственныхъ надобностей.

Водное законодательство въ Россіи.

Въ Россіи не имѣется спеціальнаго воднаго законодательства, а отдѣльныя нормы разбросаны по всѣмъ томамъ свода законовъ. Надо сказать что русскіе законы болѣе или менѣе широко разсматриваютъ лишь воды, служащія для сплава и судоходства, рыболовства и орошенія. Всѣ же остальныя категоріи водъ въ законодательствѣ почти не упоминаются, что, въ частности, необходимо сказать и относительно подземныхъ водъ.

Поскольку можно судить по общему смыслу нѣкоторыхъ статей Свода Зак. гражданскихъ (т. X, ч. I), подземныя воды въ Россіи являются объектомъ полной частной собственности, а именно:

Ст. 387. Принадлежности земель, какъ населенныхъ, такъ и ненаселенныхъ, суть: состоящія въ нихъ рѣки, озера, пруды, болота, дороги, источники и другія мѣста, симъ подобныя; всѣ произведенія, на поверхности земли обрѣтающіяся, и всѣ сокровенные въ нѣдрахъ ея металлы, минералы и другія ископаемыя.

Ст. 424. По праву полной собственности на землю, владѣлецъ ея имѣетъ право на всѣ произведенія на поверхности ея, на все, что заключается въ нѣдрахъ ея, на воды, въ предѣлахъ ея находящіяся, и словомъ на всѣ ея принадлежности.

сутъ существенный ущербъ, или если въ случаѣ, указанномъ въ § 40 п. 1 цифра 1, будетъ отнята вода у другихъ земельныхъ участковъ, то администрація возлагаетъ на предпринимателя обязанность принять мѣры къ устраненію причиненныхъ имъ убытковъ; если же такія мѣры принять невозможно или же стоимость ихъ будетъ несоразмѣрно высока, то вознагражденіе потерпѣвшихъ предприниматель обязанъ произвести наличными деньгами.

§ 50 предусматриваетъ заведеніе, порядокъ веденія и пользованія водяными книгами.

§ 75. Частновладѣльческія воды, ихъ русла и вмѣстилища, а равно устройства для ихъ использованія, въ особенности родники, колодцы, пруды, цистерны, мосты, ямы и водопроводы, должны содержаться въ такомъ порядкѣ, чтобы они не могли причинить какого-либо вреда и опасности для обіщественнаго благосостоянія.

Эта обязанность возлагается на землевладѣльца; при водопроводахъ или подобныхъ имъ сооруженіяхъ на чужихъ владѣніяхъ — на владѣльца водопровода.

§ 143. Министерство внутреннихъ дѣлъ имѣетъ право отчужденія частновладѣльческихъ земель для устройства сооруженій:

1) . . .
2) имѣющихъ цѣлью проведеніе воды для водоснабженія населенныхъ пунктовъ,
3) . . .
4) имѣющихъ цѣлью задержаніе воды въ области питанія родника или выпаденія осадковъ.

Водный законъ Баваріи 23 марта 1907 г.

Ст. 16. Право частной собственности распространяется, поскольку это не противорѣчитъ другимъ законоположеніямъ, на воды:

1) находящіяся въ предѣлахъ даннаго имѣнія въ озерахъ, прудахъ, цистернахъ, колодцахъ и другихъ водовмѣстилищахъ, а также въ искусственно вырытыхъ каналахъ и рвахъ,
2) залегающія подъ поверхностью даннаго земельнаго участка (грунтовыя воды),
3) выбивающіяся на поверхность (родники) или же собирающіяся подъ землею естественнымъ образомъ до тѣхъ поръ, пока онѣ не выступятъ на дневную поверхность.

управленія и земскія собранія это право использовали, такъ что имѣется рядъ обязательныхъ постановленій по этому поводу, нигдѣ, къ сожалѣнію, не собранныхъ, хотя они и представляли бы довольно интересный матеріалъ.

Въ видѣ примѣра такихъ обязательныхъ постановленій, можно привести обязательное постановленіе, изданное Харьковской Городской Управой 28 января 1911 г.

1. Всѣ владѣльцы усадебъ, въ коихъ находятся колодцы, обязаны заявить о нихъ въ санитарное отдѣленіе городской управы въ двухнедѣльный срокъ со дня опубликованія настоящихъ обязательныхъ постановленій.
2. Колодцы, находящіеся въ общественномъ пользованіи, должны быть покрытыми, снабжены насосами и табличкой съ указаніемъ на то, питьевую или не питьевую воду они содержатъ.
3. Частные колодцы въ усадьбахъ не должны быть доступными съ улицы, а только со двора.
4. Если колодезь не буровой, съ деревяннымъ срубомъ или выложенъ изнутри камнемъ, бетономъ и т п , то срубъ или выкладка должны быть исправными, плотными. Верхняя часть сруба, если колодезь открытый, должна выступать надъ поверхностью земли не менѣе 1 арш. 6 вершковъ.
5. Почва вокругъ колодца должна быть плотно утрамбована и имѣть скатъ отъ колодца кнаружи, чтобы въ колодезь не могли затекать съ поверхности двора или улицы вода и грязь.
6. Колодцы не должны быть ни загрязняемы, ни засоряемы, почва вокругъ колодца должна содержаться въ чистотѣ. Колодцы должны по мѣрѣ надобности время отъ времени очищаться отъ осѣдающихъ на дно ила или сора.
7. Помойныя и выгребныя ямы съ деревяннымъ срубомъ и вообще вызывающія подозрѣнія въ ихъ проницаемости, должны находиться не ближе пяти саж. отъ колодца.
8. Для воды, стекающей отъ колодца на улицу, долженъ быть устроенъ каменный или деревянный лотокъ.
9. Тѣ колодцы, вода которыхъ вслѣдствіе зараженія или чрезмѣрнаго загрязненія будетъ признана санитарнымъ надзоромъ вредной или опасной для пользованія а также колодцы, несоотвѣтствующіе настоящимъ обязательнымъ постановленіямъ, должны быть закрыты.

Примѣчаніе. Колодцы, несоотвѣтствующіе настоящимъ обязательнымъ постановленіямъ, могутъ быть открыты для пользованія послѣ ихъ исправленія.

10. При колодцѣ должны находиться прикрѣпленныя на цѣпи къ нему бадья или ведро, которыми только и можетъ быть извлекаема вода изъ колодца. Ведро должно содержаться въ чистотѣ.

Согласно ст. 108 прим. 2-ое положенія о земскихъ учрежденіяхъ, Таврическому Губернскому Земскому Собранію предоставлено право издавать обязательныя постановленія относительно условій устройства артезіанскихъ колодцевъ съ цѣлью предотвращенія непроизводительнаго расхода воды. Ниже на этомъ вопросѣ мы остановимся подробнѣе.

Наконецъ, нѣкоторыя положенія о правѣ на грунтовыя воды содержатся въ Сводѣ Гражданскихъ узаконеній губерній Прибалтійскихъ, изд. 1864 г., продолж. 1890 г., а именно:

Ст. 880. Собственникъ въ правѣ проводить на своей землѣ канавы и каналы, хотя бы ими отнималась у сосѣдственнаго имѣнія влажность, копать на ней колодцы, хотя бы отъ нихъ могли высохнуть принадлежащіе его сосѣду, или изсякнуть водяныя жилы, проходящія въ землѣ послѣдняго.

Ст. 1146. Сервитуты пользованія водами, сверхъ упомянутыхъ въ статьяхъ 1117 и 1126, состоятъ въ правѣ: 1) на водопроводъ, 2) на черпаніе воды и 3) на водопой [1]).

Ст 1147. Первый изъ упомянутыхъ сервитутовъ состоитъ въ правѣ проводить къ себѣ воду изъ чужого ключа либо изъ другихъ чужихъ водъ, или же черезъ чужую землю, а также въ правѣ отводить воду съ своей земли черезъ сосѣднюю.

Ст. 1148. Сервитутъ этого рода можетъ быть установляемъ даже при несуществованіи воды на обязанной землѣ, посредствомъ предоставленія кому-либо права отыскивать воду на сей послѣдней и проводить ее потомъ, если дѣйствительно окажется ключъ или родникъ, на свой участокъ.

Ст. 1149. Если направленіе водопровода не будетъ, при установленіи сервитута, въ точности опредѣлено, то выборъ этого направленія производится по правиламъ, изложеннымъ въ статьяхъ 1123 и 1124. Впрочемъ запрещается пролагать водопроводы черезъ такія мѣста, на которыхъ, во время установленія сервитута, находились строенія, деревья или сады.

Ст. 1150. Вода можетъ быть проводима лицами, имѣющими на то право, только посредствомъ трубъ или канавъ;

---

1) Въ ст. 1117 и 1126 упоминается о сервитутахъ ѣздить по чужимъ водамъ, сплавлять лѣсъ и ловить рыбу.

Ст. 425. По праву полной собственности на имущество, владѣльцу принадлежатъ всѣ плоды, доходы, прибыли, приращенія, выгоды и все то, что трудомъ и искусствомъ его произведено въ томъ имуществѣ.

Косвеннымъ образомъ этотъ взглядъ подтверждается ст. ст. 340—351 т. XIII. Уст. Врач., изд. 1905 г., гдѣ рѣчь идетъ о минеральныхъ источникахъ и о порядкѣ отчужденія ихъ въ казну въ случаѣ признанія ихъ имѣющими общественное значеніе.

При такой трактовкѣ подземныхъ водъ, естественно, что въ русскомъ законодательствѣ и не содержится никакихъ опредѣленныхъ нормъ относительно грунтовыхъ и артезіанскихъ водъ.

Единственное упоминаніе общаго характера въ русскомъ законодательствѣ о подземныхъ водахъ относится къ запрещенію ея загрязненія, а именно въ Уставѣ Врачебномъ (т. XIII, изд. 1905 г.).

Ст. 658 Уст. Врач. Полиція и городскія общественныя управленія наблюдаютъ, чтобы въ городахъ и селеніяхъ рѣки и источники ничѣмъ не были засоряемы. Колодези также должны быть надлежащимъ образомъ чищены, не засоряемы и вездѣ огорожены.

Равнымъ образомъ въ Уставѣ о наказаніяхъ, налагаемыхъ мировыми судьями (т. XV, изд. 1885 г. по продолж. 1902) содержится слѣдующая статья:

Ст. 52. За засореніе рѣкъ, каналовъ, источниковъ или колодцевъ съ бросаніемъ въ нихъ камней, песку и тому подобныхъ веществъ, отъ которыхъ не можетъ послѣдовать порчи воды, а равно за неисполненіе обязанности чистить колодцы и содержать ихъ въ исправности, виновные подвергаются денежному взысканію не свыше десяти рублей.

Въ Уставѣ Горномъ имѣется статья, устанавливающая исключительное право промышленника, устроившаго искусственные пруды и шахты, пользоваться водою изъ этихъ послѣднихъ (т. VII, ст. 675, изд. 1912 г.).

Таковы положенія болѣе или менѣе общаго характера о подземныхъ водахъ, содержащіяся въ русскомъ законодательствѣ.

Обращаясь къ нѣкоторымъ частностямъ, необходимо сказать, что имѣется нѣсколько законодательныхъ нормъ, не касающихся, правда, кардинальнаго вопроса о правѣ на подземныя воды, но устанавливающихъ нѣкоторыя ограниченія въ правѣ владѣльца пользоваться ими.

Въ числѣ такихъ нормъ, имѣющихъ чисто мѣстное и частное значеніе, необходимо прежде всего упомянуть о правѣ городскихъ и земскихъ учрежденій издавать обязательныя постановленія о порядкѣ содержанія и устройства колодцевъ. Многія городскія

продолженіе тридцати лѣтъ, считая съ того времени, когда собственникъ ниже лежащаго имѣнія совершилъ и закончилъ видимыя работы, предназначенныя для облегченія стока и теченія воды въ своемъ имѣніи.

Ст. 643. Собственникъ источника не можетъ измѣнять его теченія, когда оно доставляетъ жителямъ общины, селенія или выселка необходимую для нихъ воду; но если жители оныхъ не пріобрѣли права пользованія источникомъ, или если утратили оное по давности, то собственникъ можетъ требовать вознагражденія, которое опредѣляется свѣдущими людьми.

Ст. 674. Кто хочетъ рыть колодезь или выгребную яму возлѣ стѣны общей или необщей ..., тотъ обязанъ оставить разстояніе, опредѣленное особыми постановленіями или обычаями, или же произвести предписанныя въ тѣхъ же постановленіяхъ и обычаяхъ работы, для предупрежденія вреда сосѣду.

Такой взглядъ на подземныя воды, какъ на объектъ полной частной собственности, является глубоко неправильнымъ и при производящейся въ настоящее время выработкѣ новаго воднаго закона, повидимому, будетъ оставленъ.

Попытка перейти къ новому взгляду па право собственности на подземныя воды сдѣлана въ законопроектѣ о пользованіи водами въ Туркестанскомъ Генералъ-Губернаторствѣ, еще не получившемъ силы закона. Статья 1-я этого законопроекта гласитъ: „Воды Туркестанскаго Генералъ-Губернаторства, независимо отъ того на чьей землѣ онѣ находятся, состоятъ въ верховномъ распоряженіи государства“.

Въ статьяхъ 71—75 того же законопроекта устанавливаются условія при опредѣленіи правъ пользованія подземными водами, причемъ разрѣшенія на устройство простыхъ колодцевъ для домашнихъ надобностей не требуется (ст. 71). на выводъ же подземныхъ водъ для орошенія требуется разрѣшеніе областного инженеръ-гидротехника или особаго присутствія при Туркестанскомъ Водномъ Управленіи (ст. 72). Согласно ст. 73 „при разрѣшеніи вывода подземныхъ водъ принимается во вниманіе — насколько такимъ выводомъ не нарушается существующее водопользованіе другихъ владѣльцевъ и вообще не наносится ущербъ другимъ лицамъ“.

Водный законъ въ Австріи 30 мая 1869 г.

Согласно дѣйствующему въ Австріи водному закону, право собственности на воды опредѣляется по началамъ общаго граж-

данскаго кодекса и въ особенности по содержащихся въ ст. 2—7 этого закона постановленіямъ.

Къ подземнымъ водамъ относятся слѣдующіе параграфы.

§ 4. Собственнику земли принадлежатъ слѣдующія воды, если права, пріобрѣтенныя третьими лицами, не препятствуютъ этому:

а) находящаяся на его землѣ подземная или бьющая изъ подъ земли вода, исключая соляныхъ источниковъ, подлежащихъ соляной монополіи, и цементныхъ водъ, принадлежащихъ къ горной регаліи;

б) воды, скопляющіяся на его землѣ изъ атмосферныхъ осадковъ;

в) вода въ колодцахъ, прудахъ, цистернахъ или другихъ находящихся на землѣ собственника водовмѣстилищахъ или вода, заключающаяся въ каналахъ, трубахъ и т. п., проведенныхъ имъ въ своихъ интересахъ сооруженіяхъ;

г) стекающій дальше излишекъ отъ вышеупомянутыхъ водъ, пока онъ не впадаетъ въ чужую частную рѣку или въ публичную рѣку и не вытекаетъ за предѣлы земли собственника.

§ 10. Тотъ, кому принадлежитъ частная вода, можетъ, не нарушая правъ третьихъ лицъ на эту воду, основанныхъ на особыхъ актахъ, пользоваться ею самъ по своему усмотрѣнію и предоставлять пользованіе ею другимъ.

Венгрія.

Въ Венгріи дѣйствуетъ водный законъ 1885 г., согласно § 10 котораго право собственности на подземныя воды принадлежитъ владѣльцу поверхности. Однако, § 12 того же закона предоставляетъ администраціи право, въ случаѣ необходимости, ограничивать право собственности на воду отдѣльныхъ владѣльцевъ.

Въ § 15 содержится указаніе на то, что выведеніе на поверхность подземной воды помощью подземныхъ галлерей, скважинъ и т. п. можетъ быть разрѣшено лишь въ томъ случаѣ, если черезъ это самое не произойдетъ уменьшенія количества другихъ водъ, имѣющихся въ распоряженіи населенія для удовлетворенія его потребности въ водѣ. Въ этомъ же параграфѣ содержится запрещеніе проводить новую артезіанскую скважину на разстояніи меньшемъ 100 метровъ (47 саженей) отъ уже существующей.

Франція.

Во Франціи права на воду регламентируются статьями Наполеоновскаго Code civil, приведенными выше (см. стр. 489; гражд. кодексъ

прокладываніе же для сего выложенныхъ камнемъ канавъ допускается лишь съ положительнаго согласія несущаго сервитутъ.

Ст. 1151. Когда право проводить воду изъ одного и того же ключа будетъ принадлежать нѣсколькимъ лицамъ и ея на удовлетвореніе всѣхъ ихъ окажется недостаточно, то пользованіе симъ сервитутомъ они должны раздѣлить между собою соразмѣрно съ своимъ правомъ. Если же не состоится полюбовнаго соглашенія, дѣло рѣшается третейскимъ судомъ.

Ст. 1152. Сервитутъ черпанія воды состоитъ въ правѣ брать ее для своего имѣнія изъ находящихся въ чужомъ владѣніи рѣки, колодца или ручья и т. п.

Ст. 1153. Право черпать воду даетъ вмѣстѣ съ тѣмъ право пользоваться пѣшеходною тропинкою, ведущею къ ключу, колодцу и т. д.

Ст. 1154. Сервитутъ водопоя заключается въ правѣ поить свой скотъ на чужой землѣ.

Ст. 1155. Съ этимъ сервитутомъ соединяется и право прогона скота.

Гражданскій кодексъ, дѣйствующій въ Царствѣ Польскомъ (Наполеоновскій Code civil), содержитъ также нѣкоторыя постановленія о правѣ собственности на грунтовыя воды, а именно:

Ст. 552. Право собственности на землю простирается на поверхность и нѣдра ея... Въ нѣдрахъ земли онъ (собственникъ) можетъ предпринимать всякаго рода сооруженія и раскопки, какія заблагоразсудитъ, и извлекать изъ этихъ раскопокъ всѣ произведенія, какія онѣ могутъ доставить, съ соблюденіемъ ограниченій, вытекающихъ изъ законовъ и постановленій горнозаводскихъ и полицейскихъ.

Ст. 640. Имѣнія ниже лежащія, по отношенію къ имѣніямъ выше лежащимъ, обязаны принимать воды, стекающія съ нихъ естественно и безъ всякаго участія въ томъ человѣческихъ рукъ. Собственникъ ниже лежащаго участка не въ правѣ устраивать плотинъ, которыя мѣшали бы такому стоку. Собственникъ ниже лежащаго участка не въ правѣ дѣлать ничего такого, что отягчало бы сервитутъ, коимъ обременено ниже лежащее имѣніе.

Ст. 641. Лицо, въ имѣніи котораго есть источникъ, можетъ пользоваться имъ по своему усмотрѣнію, безъ нарушенія, однако, правъ собственника ниже лежащаго имѣнія, пріобрѣтенныхъ по акту или по давности.

Ст. 642. Право давности въ семъ случаѣ пріобрѣтается не иначе, какъ посредствомъ непрерывнаго пользованія въ

Царства Польскаго, ст. 552, 640, 641, 642, 943, 674). Позднѣе изданный законъ (Loi sur le régime des eaux du 8 avril 1898) внесъ въ этомъ отношеніи незначительныя измѣненія, а именно ст. 641 замѣнена нижеслѣдующей: „Въ случаѣ, если владѣлецъ при помощи буренія или подземныхъ работъ выводитъ подземныя воды на поверхность своего владѣнія, онъ имѣетъ право спускать ихъ во владѣнія своихъ сосѣдей, причемъ послѣдніе имѣютъ право на вознагражденіе въ случаѣ какихъ-либо причиненныхъ имъ убытковъ“.

§ 1-й статьи 641-й замѣняется, по новому закону, слѣдующимъ: „всякій земельный собственникъ имѣетъ право использовать воду, выпадающую въ видѣ атмосферныхъ осадковъ на поверхность его владѣній, и распоряжаться ими по своему усмотрѣнію“. Согласно § 3 той же статьи въ новой редакціи „то же самое относится и къ водамъ источниковъ, берущихъ начало на землѣ даннаго землевладѣльца“.

Соединенные Штаты Сѣверной Америки.

Водное Законодательство Соединенныхъ Штатовъ Сѣверной Америки является весьма запутаннымъ, но въ общемъ представляетъ чрезвычайно интересную эволюцію. Здѣсь не мѣсто излагать подробно это интересное законодательство, тѣмъ болѣе, что о нѣкоторыхъ частностяхъ, касающихся исключительно артезіанскихъ водъ, ниже будетъ сказано особо[1]).

Въ Соединенныхъ Штатахъ Сѣверной Америки въ существующемъ водномъ законодательствѣ всѣ подземныя воды раздѣляются на два класса: 1) подземные потоки, текущіе въ опредѣленныхъ и извѣстныхъ (defined and known) руслахъ и 2) подземныя воды, просачивающіяся вглубь съ поверхности земли и текущія или безъ опредѣленныхъ руселъ или же въ неизвѣстныхъ руслахъ.

Наиболѣе существеннымъ отличіемъ въ законодательныхъ нормахъ, регулирующихъ право собственности на подземныя воды перваго и второго класса, является то, что законодатель приравниваетъ подземныя воды перваго класса къ поверхностнымъ и сообразно съ этимъ право собственности на нихъ ограничивается и сводится по существу лишь къ праву пользованія, тогда какъ на подземныя воды второго класса признается право неограниченной частной собственности за владѣльцемъ поверхности.

---

1) Подробный обзоръ С. А. воднаго законодательства имѣется въ брошюрѣ D. Johnson „The relation of the law to underground waters“ Wash 1905, появившейся въ русскомъ переводѣ А. Д. Стопневича подъ заглавіемъ „Законодательство С. А. С. Ш. о подземныхъводахъ“ въ „Труд. Терс. Отд. Имп. Рус. Техн. О-ва“ вып. I-й за 1913 г. *А. С.*

Однако, все возрастающее значеніе подземныхъ водъ второго класса, признаваемыхъ въ настоящее время наиболѣе желательнымъ источникомъ для водоснабженія населенныхъ пунктовъ и играющихъ, въ особенности въ Соединенныхъ Штатахъ Сѣверной Америки, также крупную роль и въ дѣлѣ орошенія, преимущественно цѣнныхъ культуръ, заставило въ значительной степени отказаться отъ указаннаго выше принципа полной частной собственности на нихъ, такъ какъ, при существованіи этого принципа, начало наблюдаться истощеніе запасовъ подземныхъ водъ вслѣдствіе неразумнаго и хищническаго ихъ использованія владѣльцами.

Въ силу существующаго въ Соединенныхъ Штатахъ права каждаго штата издавать свои собственные законы по многимъ вопросамъ, въ частности по вопросамъ воднаго права, многими штатами изданы законы, не только ограничивающіе право частной собственности на подземныя воды, но даже совершенно его уничтожающіе.

Соединенные Штаты Австраліи.

Законодательство Соединенныхъ Штатовъ Австраліи, въ особенности Квинсленда и Новаго Южнаго Уэльса, является, пожалуй, наиболѣе опредѣленнымъ изъ всѣхъ законодательствъ, не признающихъ принциповъ римскаго права о признаніи подземныхъ водъ объектомъ полной частной собственности.

Согласно закону 7 января 1911 г. штата Квинсленд право на подземныя воды регулируется слѣдующимъ образомъ:

§ 5. Право пользованія и распоряженія водою всѣхъ водотоковъ, озеръ, источниковъ, артезіанскихъ колодцевъ и вообще всѣхъ подземныхъ запасовъ принадлежитъ государству, для какихъ бы цѣлей оно ни производилось, и подчиняется всѣмъ правиламъ и ограниченіямъ, установленнымъ въ настоящемъ законѣ.

§ 35. ст. 1. Проведеніе новой артезіанской скважины или углубленіе, исправленіе или какое бы то ни было измѣненіе скважины, оконченной ко времени изданія настоящаго закона или начатой во время его изданія, можетъ быть исполнено лишь а) по распоряженію правительства или б) на основаніи разрѣшенія, даннаго правительствомъ согласно настоящему закону.

Примѣчаніе. Пунктъ а) относится къ скважинамъ, проводимымъ правительствомъ на казенный счетъ, пунктъ б) — къ скважинамъ, проводимымъ на частныя средства.

Ниже мы остановимся подробно на австралійскомъ законодательствѣ. *

А. Стопневичъ.

ГЛАВА 68.

Законодательныя нормы относительно охраны источниковъ, имѣющихъ общественное значеніе.

Вытекающіе изъ нѣдръ земли минеральные цѣлебные источники оказываютъ неисчислимыя благодѣянія человѣчеству. Знакомство съ ними и примѣненіе ихъ для врачеванія разныхъ недуговъ относятся ко временамъ сѣдой древности, какъ подтверждается находками въ С.-Морицѣ. Милліоны страждущихъ получили отъ нихъ исцѣленіе. Въ милліонахъ бутылокъ вода ихъ развозится по всему міру, неся съ собою возможность излѣченія отъ болѣзней для лицъ занятыхъ или не имѣющихъ средствъ для поѣздки на курорты. Потоки людей стекаются ежегодно въ курорты, привозя съ собою потоки же золота. Вполнѣ естественно, конечно, что владѣлецъ такого источника долженъ самъ заботиться объ охранѣ его.

Однако, правительства почти всѣхъ странъ ограничили права владѣльцевъ минеральныхъ источниковъ и подчинили ихъ особымъ законоположеніямъ. Образцомъ подобныхъ законодательствъ является французскій законъ 14 іюля 1856 г.[1]). Особые законы объ охранѣ минеральныхъ источниковъ имѣются въ герцогствахъ Кобургъ-Готскомъ, Саксенъ-Мейнингенскомъ въ бывшихъ герцогствахъ Нассау и Вальдекъ-Пирмонтскомъ.

Въ новѣйшихъ водныхъ законахъ Баваріи, Вюртемберга и Саксоніи также содержится рядъ статей объ охранѣ источниковъ.

Баварія. Законъ 23 марта 1907.

Ст. 20. § 1. На производство земляныхъ и буровыхъ работъ въ окрестностяхъ минеральныхъ источниковъ, имѣющихъ общественное значеніе, требуется разрѣшеніе администраціи. При выдачѣ такого разрѣшенія владѣлецъ источника даетъ обязательство подчиняться всѣмъ указаннымъ въ разрѣшеніи условіямъ.

§ 2. Въ выдачѣ указаннаго въ предыдущемъ параграфѣ разрѣшенія можетъ быть отказано, или же въ выданное разрѣшеніе могутъ быть введены тѣ или иныя ограниченія въ зависимости отъ того, насколько предпринимаемыя работы могутъ грозить опасностью самому существованію источника или его режиму.

§ 3. Если по выдачѣ разрѣшенія окажется, что предпринятыя работы повлекли за собою уменьшеніе дебита

---

1) Текстъ его, приведенный у автора, приводится ниже. *А. С.*

источника или ухудшеніе его режима, то администрація, по ходатайству владѣльца источника, дѣлаетъ распоряженіе о прекращеніи работъ и о приведеніи источника въ его первоначальный видъ. Владѣлецъ источника обязанъ въ этомъ случаѣ возмѣстить предпринимателю всѣ расходы по произведеннымъ имъ работамъ, а равно и по приведенію источника въ первоначальное состояніе.

§ 4. Объявленіе источниковъ имѣющими общественное значеніе и установленіе округа изъ охраны производится распоряженіемъ правительства.

Вюртемвергъ. Законъ 1 декабря 1900 г.

Ст. 4. Источники минеральныхъ водъ, признанныхъ имѣющими общественное значеніе, должны быть охраняемы отъ всякихъ вредныхъ послѣдствій, связанныхъ съ земляными или буровыми работами. Производство такихъ работъ можетъ быть воспрещено, и владѣльцу земли, на которой расположенъ источникъ, предоставляется право ходатайствовать объ устраненіи причиненнаго источнику вреда.

§ 12 инструкціи Министерства Внутреннихъ дѣлъ отъ 16 ноября 1901 даетъ слѣдующее разъясненіе этой статьи:

Имѣющими общественное значеніе признаются такіе цѣлебные источники, пользованіе которыми установлено за деньги или безвозмездно для неограниченнаго круга лицъ, хотя бы одного только пола, и хотя бы эти источники принадлежали частнымъ владѣльцамъ. Въ § 4 воднаго закона предусматривается лишь площадь, на которой производятся названныя въ немъ работы, независимо отъ той цѣли, для которой послѣднія производятся.

Саксонія. Законъ 12 марта 1909.

§ 54 Раскопки, буровыя и подобныя имъ работы на земельномъ участкѣ, находящемся въ предѣлахъ установленнаго распоряженіемъ правительства округа охраны для минеральныхъ источниковъ, включая сюда и соленые источники, служащіе для лѣчебныхъ цѣлей — производимыя на глубину болѣе предѣльной, установленной также распоряженіемъ правительства, могутъ быть начинаемы лишь съ особаго каждый разъ разрѣшенія министерства внутреннихъ дѣлъ, если только работы предпринимаетъ не самъ владѣлецъ источника.

§ 55. Въ выдачѣ разрѣшенія можетъ быть отказано или же разрѣшеніе можетъ быть дано подъ условіемъ извѣстныхъ ограниченій, если, благодаря предпринимаемымъ

коноположенія отдѣла 1 Горнаго Устава, регулируются § 55 Горнаго Устава аналогично охраненію поверхности земли отъ вліянія горныхъ выработокъ.

Въ § 112 воднаго закона Великаго герцогства Баденскаго отъ 26 іюня 1899 г. относительно охраны источниковъ распространены положенія относительно соляныхъ, минеральныхъ и термальныхъ источниковъ, содержащіяся въ § 2, 3 и 6 Горнаго Закона отъ 26 іюня 1890 г.

Прусское правительство долго медлило съ законодательной охраной источниковъ, имѣющихъ общественное значеніе, считая, что полиція обладаетъ достаточными полномочіями для того, чтобы постоянство режима и дебита источниковъ было обезпечено.

Согласно § 10, часть II, ст. 17 общаго прусскаго земельнаго законодательства, „на полицію возлагается обязанность слѣдить за содержаніемъ въ порядкѣ учрежденій, служащихъ для обезпеченія общественнаго спокойствія, безопасности и порядка, и защищать таковыя отъ покушеній на нихъ какъ со стороны общества, такъ и отдѣльныхъ лицъ“.

Опираясь на это постановленіе, полиція въ дѣйствительности неоднократно выступала въ тѣхъ случаяхъ, когда земляныя работы угрожали иногда безопасности цѣлебныхъ источниковъ. Высшій кассаціонный судъ, однако, въ противоположность этому, въ рѣшеніи 28 марта 1899 г., высказалъ, что

> „полиція, прикрываясь соблюденіемъ общественныхъ интересовъ относительно охраны и пользованія источникомъ, не имѣетъ, однако, права ограничивать права землевладѣльцевъ, поскольку дѣло не идетъ о законно установленномъ сервитутѣ“.

Такимъ образомъ, высшій кассаціонный судъ отказалъ полиціи въ правѣ ея принимать мѣры для охраны имѣющихъ общественное значеніе источниковъ. Прусскій горный законъ 24 іюня 1865 г. въ § 4 ст. 2 предусматриваетъ лишь запрещеніе проводить шурфы въ угрожающей близости отъ источника и устанавливаетъ защиту отъ горныхъ работъ. Въ виду отсутствія въ дѣйствовавшемъ законодательствѣ надлежащихъ достаточныхъ мѣръ къ охранѣ источниковъ, имѣющихъ общественное значеніе, необходимо было созданіе соотвѣтствующихъ законодательныхъ нормъ.

Законопроектъ былъ составленъ въ 1907 г. и получилъ силу 14 мая 1909 г. со дня его опубликованія для всей Германской Имперіи, за исключеніемъ бывшаго герцогства Нассаускаго.

> Согласно § 1 этого закона, охранѣ подлежатъ источники, имѣющіе общественное значеніе, т. е. естественные или искусственно созданные выходы на поверхность минеральныхъ

работамъ, можетъ грозить опасность самому существованію его дебиту и режиму.

§ 56 въ точности повторяетъ текстъ § 3 ст. 20 закона Баваріи 23 марта 1907 (см. выше стр. 494).

§ 57. Въ случаѣ отказа въ выдачѣ разрѣшенія согласно § 55 или же въ случаѣ пріостановки дѣйствія выданнаго уже разрѣшенія, согласно § 56, заинтересованныя лица имѣютъ право требовать вознагражденія отъ владѣльца источника за произведенные ими расходы.
Размѣръ вознагражденія устанавливается въ § 10 ст. 3.

§ 58. Объявленіе источниковъ имѣющими общественное значеніе, опредѣленіе предѣльной глубины, указанной въ § 54, производится министерствомъ внутреннихъ дѣлъ. Обо всемъ этомъ опубликовывается во всеобщее свѣдѣніе въ собраніи узаконеній и распоряженій правительства.

§ 59. Въ случаѣ, если границы округа охраны еще не установлены, согласно предыдущему параграфу, администрація имѣетъ право временно воспретить, по ходатайству владѣльца производство земляныхъ, буровыхъ и тому подобныхъ работъ или ограничить производство ихъ соблюденіемъ различныхъ условій, если, по заключенію свѣдущихъ лицъ, отъ вышеназванныхъ работъ могутъ произойти вредныя послѣдствія какъ для самаго существованія цѣлебнаго источника, такъ и для раціональнаго его использованія.

Ходатайствующій о вышеизложенномъ обязанъ, одновременно съ возбужденіемъ ходатайства, выдать обязательство администраціи о возмѣщеніи всѣхъ могущихъ произойти отъ этого убытковъ и представить опредѣленныя гарантіи выполненія этого обязательства.

§ 60. Если существуетъ опасеніе, что введеніемъ различныхъ веществъ въ поверхностные потоки, включая сюда и воды, упомянутыя въ § 1 ст. 2, качество воды минеральнаго источника измѣнится въ сторону ухудшенія его лѣчебныхъ свойствъ, то примѣняются положенія, указанныя въ § 23 пунктъ 1 или соотвѣтственно въ § 40, ст. 1 пунктъ 2 или въ § 41.

§ 61. Дѣйствіе §§ 54—60 не распространяется на горныя выработки; охрана минеральныхъ источниковъ отъ дѣйствія горныхъ работъ регулируется Горнымъ Уставомъ 16 іюня 1868 г., въ особенности §§ 22 и слѣд. и §§ 141 и слѣд. этого устава.

Сохраненіе минеральнаго источника, его дебита и свойствъ, по скольку въ этомъ случаѣ не примѣнимы за-

даются тѣ же формальности, что и при установленіи новаго (§ 11). Если выясняется необходимость уменьшенія округа охраны или даже совершеннаго уничтоженія его, напримѣръ, въ случаѣ изсякновенія источника или потери имъ общественнаго значенія, то соблюдается тотъ же порядокъ относительно возбужденія ходатайства, возраженій, изданія постановленія и порядка обжалованія, что и въ случаѣ установленія округа охраны (§ 12).

Запрещеніе производства тѣхъ или иныхъ работъ въ предѣлахъ округа охраны можетъ быть сдѣлано или по ходатайству заинтересованныхъ лицъ, или же по почину администраціи; точно также ограниченіе или совершенное прекращеніе производящихся работъ совершается въ томъ же порядкѣ. Равнымъ образомъ, въ томъ же порядкѣ издаются и отмѣняются постановленія относительно предварительнаго представленія проектовъ тѣхъ или иныхъ работъ на утвержденіе (§ 13, 14).

Издержки по опредѣленію округа охраны возлагаются въ размѣрѣ дѣйствительной ихъ стоимости въ случаяхъ, указанныхъ въ §§ 3—11, на владѣльца источника; при отклоненіи ходатайства — на лицо, возбудившее таковое; при неудовлетвореніи жалобы — на жалобщика (§ 15).

Всѣ постановленія относительно ограниченія права собственности и объ отмѣнѣ этого ограниченія опубликовываются во всеобщее свѣдѣніе (§ 16).

Въ §§ 17 и 18 указывается порядокъ обжалованія постановленій относительно разрѣшенія тѣхъ или иныхъ работъ въ предѣлахъ округа охраны; въ § 18 устанавливаются правила относительно тѣхъ случаевъ, когда выяснится, что разрѣшенныя работы или же такія, для производства которыхъ не требуется разрѣшенія, угрожаютъ цѣлости источника. Въ этомъ случаѣ, по ходатайству владѣльца источника, можетъ послѣдовать прекращеніе уже начатыхъ работъ или уничтоженіе уже произведенныхъ. Весьма важнымъ въ данномъ случаѣ является указаніе на то, что владѣлецъ источника обязанъ представить по требованію администраціи и въ размѣрѣ, опредѣленномъ ею, залогъ въ видѣ ручательства, что его ходатайство не является актомъ произвола съ его стороны или не вызывается единственно лишь желаніемъ принести вредъ кому-либо. Въ случаяхъ, не терпящихъ отлагательства, окружной горный инженеръ (Oberbergamt) или начальника области (Regierungspräsident) имѣютъ право, каждый въ отдѣльности, принять зависящія отъ нихъ мѣры, при условіи лишь, чтобы требуемое закономъ совмѣстное ихъ по сему поводу постановленіе было издано въ теченіе мѣсячнаго срока.

Въ §§ 19—27 содержатся весьма важныя правила относи-

или термальныхъ источниковъ, существованіе коихъ важно для общественнаго блага изъ за ихъ лѣчебныхъ свойствъ.

Примѣчаніе. Не подлежатъ, такимъ образомъ, охранѣ: 1) грунтовыя воды, за исключеніемъ тѣхъ случаевъ, когда онѣ, въ силу своихъ лѣчебныхъ свойствъ, требуютъ этого, 2) моффетты (истеченія сухой газообразной углекислоты), такъ какъ углекислота и безъ того можетъ быть получена въ любое время въ достаточныхъ количествахъ и, слѣдовательно, представляетъ интересъ лишь для частныхъ владѣльцевъ и 3) коммунальные водопроводы.

§ 2. Объявленіе источниковъ имѣющими общественное значеніе производится по ходатайству заинтересованныхъ лицъ (слѣдовательно, не только по ходатайству владѣльца источника) или по распоряженію правительства, а именно по соглашенію министерствъ торговли и промышленности, внутреннихъ дѣлъ, сельскаго хозяйства, государственныхъ имуществъ и лѣсовъ и медицинскаго управленія.

Примѣчаніе. Ходатайство, указанное въ настоящей статьѣ, возбуждается передъ мѣстными властями, которыя, собравъ надлежащія свѣдѣнія объ источникѣ, представляютъ дѣло на разсмотрѣніе министерствъ.

§ 3. Въ случаѣ признанія источника имѣющимъ общественное значеніе, для него устанавливается округъ охраны, въ предѣлахъ котораго всякія буровыя, земляныя и тому подобныя работы, могущія повліять на дебитъ или составъ воды источника, допускаются лишь съ разрѣшенія окружнаго горнаго инженера (Oberbergamt), по соглашенію съ начальникомъ области (Regierungspräsident).

Далѣе въ законѣ устанавливаются предѣлы округа охраны. Для источниковъ, находящихся рядомъ, устанавливается одинъ общій округъ охраны (§ 4 и 5). Ходатайство объ установленіи округа охраны въ теченіе мѣсяца должно быть доступно для обозрѣнія каждому желающему (§ 6). Въ случаѣ какихъ-либо возраженій, таковыя должны быть провѣрены на мѣстѣ особой комиссіей, послѣ чего выше упомянутыя власти постановляютъ свое рѣшеніе, которое должно быть предъявлено какъ владѣльцамъ источника, такъ и лицамъ, представившимъ возраженія. Споры противъ постановленнаго рѣшенія должны быть заявлены вышеназваннымъ четыремъ министерствамъ въ теченіе мѣсячнаго срока (§§ 7—9).

Одновременно съ возбужденіемъ ходатайства могутъ быть приняты предварительныя мѣры охраны (§ 10).

При расширеніи уже существующаго округа охраны соблю-

ченіе двухъ лѣтъ. Рента можетъ быть отыскиваема и въ томъ случаѣ, если работа, на производство коей не требуется предварительнаго разрѣшенія, запрещена на основаніи § 18 по какимъ-либо непредвиденнымъ причинамъ. Право требованія ренты и въ этомъ случаѣ погашается трехлѣтнимъ срокомъ давности. Въ § 27, наконецъ, устанавливаются взаимоотношенія нѣсколькихъ владѣльцевъ источниковъ.

На измѣненіе режима источника или его каптажа требуется разрѣшеніе. При установленіи округа охраны указываются тѣ категоріи работъ, на которыя не требуется разрѣшенія. Для нѣкоторыхъ категорій работъ требуется предварительное предъявленіе проекта. Если работы на извѣстномъ источникѣ представляютъ опасность для сосѣднихъ источниковъ, имѣющихъ общественное значеніе, то объ этомъ извѣщаются владѣльцы послѣднихъ (§ 28).

Въ случаѣ вреднаго и нераціональнаго использованія источника, эксплоатація его можетъ быть прекращена послѣ указаннаго владѣльцу срока. Если по истеченіи этого срока владѣлецъ не приметъ соотвѣтственныхъ мѣръ, то принадлежащая ему земля съ источникомъ и съ относящимися къ нему приспособленіями можетъ быть отчуждена въ пользу другого добросовѣстнаго предпринимателя, при соблюденіи правилъ, указанныхъ въ законѣ объ отчужденіи 11 іюня 1874 г. (§ 29).

Въ случаѣ, если право пользованія отдѣлено отъ права собственности на основаніи, напримѣръ, закона о застройкѣ или какого-либо земельнаго сервитута, то вмѣсто владѣльца земли вездѣ выступаетъ то лицо, которому принадлежитъ право пользованія. Это послѣднее можетъ также подлежать отчужденію въ случаѣ, указанномъ въ § 29.

Въ § 31 содержатся нормы взысканій за нарушеніе закона. За предумышленное неисполненіе закона налагается штрафъ въ размѣрѣ не свыше 1000 марокъ или тюремное заключеніе на срокъ не свыше 6 мѣсяцевъ; неумышленное нарушеніе карается штрафомъ въ размѣръ не свыше 150 марокъ или арестомъ.

Въ послѣднемъ § указывается, что къ работамъ, запрещаемымъ горнымъ уставомъ, законъ объ охранѣ источниковъ примѣненія не имѣетъ.

Франція.

*Мы приводимъ здѣсь полностью текстъ закона 14—22 іюля 1856 г., одного изъ наиболѣе подробныхъ, послужившаго образцомъ для многихъ законовъ подобнаго рода[1]).

---

1) Текстъ его приведенъ у Henri Mager: „Les moyens de découvrir les eaux souterraines et de les utiliser“. Paris 1912, pp. 754—757.

§ 1. Источники минеральныхъ водъ могутъ быть объявляемы имѣющими общественное значеніе, послѣ произведеннаго ихъ изслѣдованія, Императорскимъ указомъ сенату.

§ 2. Для каждаго источника, объявленнаго имѣющимъ общественное значеніе въ порядкѣ, указанномъ въ предыдущей статьѣ, устанавливается округъ охраны. Границы округа охраны могутъ быть измѣнены, если въ томъ окажется необходимость согласно измѣнившимся обстоятельствамъ.

§ 3. Въ предѣлахъ округа охраны не могутъ быть производимы, безъ предварительнаго разрѣшенія, никакія буровыя или подземныя работы.

Относительно шурфовъ и рвовъ для извлеченія различныхъ полезныхъ ископаемыхъ или для другой цѣли, для постройки домовъ или погребовъ, или относительно другихъ наземныхъ работъ въ указѣ, которымъ устанавливаются предѣлы округа охраны, можетъ быть, въ видѣ исключенія, установлено, что всякое лицо, предпринимающее подобныя работы, обязано, по крайней мѣрѣ, за мѣсяцъ до начала ихъ, извѣстить о томъ префекта, который выдаетъ росписку въ полученіи такого извѣщенія.

§ 4. Въ случаѣ, если окажется, что работы, перечисленныя въ предшествующемъ параграфѣ и начатыя или съ надлежащаго разрѣшенія или послѣ предварительнаго о нихъ извѣщенія, вліяютъ на источникъ, измѣняя его режимъ или уменьшая его дебитъ, то префектъ имѣетъ право запретить ихъ по жалобѣ владѣльца источника. Предварительно, впрочемъ, должно быть допрошено лицо, производящее эти работы. Рѣшеніе префекта подлежитъ предварительному исполненію, за исключеніемъ случаевъ обжалованія его въ совѣтъ префектуры или въ сенатъ.

§ 5. Въ случаѣ, если работами, производящимися внѣ предѣловъ округа охраны и вредно отзывающимися на режимѣ источника, будетъ доказана необходимость расширенія округа охраны, префектъ имѣетъ право, по ходатайству владѣльца источника, пріостановить эти работы; ихъ возобновленіе можетъ послѣдовать въ томъ случаѣ, если въ теченіе 6 мѣсяцевъ не будетъ изданъ указъ о расширеніи округа охраны.

§ 6. Правила, указанныя въ предшествующей статьѣ, распространяются на всякій источникъ, объявленный имѣющимъ общественное значеніе, но для котораго не установлены еще границы округа охраны.

тельно вознагражденія. Владѣлецъ источника обязанъ вознаградить владѣльца земельнаго участка, которому потребныя для него работы воспрещены или подчинены стѣснительнымъ условіямъ, за происшедшее отъ сего уменьшеніе стоимости участка; если же, благодаря запрещенію или ограниченію, владѣлецъ земельнаго участка лишился лишь какихъ-либо связанныхъ съ этими работами выгодъ, то вознагражденія не полагается. Вознагражденія не полагается также въ тѣхъ случаяхъ, если работы предполагались исключительно съ цѣлью получить вознагражденіе, если работы предполагались съ цѣлью создать рядомъ съ охраняемымъ источникъ подобный ему, который, вмѣстѣ съ тѣмъ, принесъ бы вредъ охраняемому, и если, наконецъ, работы до изданія настоящаго закона были воспрещены или ограничены по дѣйствовавшему въ то время кодексу. Вознагражденіе можетъ быть уменьшено, а внесенное уже должно быть возвращено, если ограниченія, вызвавшія его, отпадаютъ. Вознагражденіе устанавливается въ видѣ ежегодныхъ уплатъ (ренты) въ размѣрѣ пяти процентовъ на сумму уменьшенія стоимости имѣнія, причемъ одинъ процентъ идетъ въ погашеніе. Выплата продолжается въ теченіе 41 года и 13 дней. Указанное вознагражденіе относится къ явнымъ имущественнымъ сервитутамъ — именно къ праву на вознагражденіе. Уплата вознагражденія прекращается въ случаѣ отпаденія вызвавшихъ его ограниченій; вносится оно за каждый годъ впередъ. Право на вознагражденіе является преимущественнымъ среди всѣхъ правъ на источникъ. Владѣлецъ источника можетъ въ любой моментъ освободиться отъ сервитута, выплативъ всю сумму единовременно на основаніи таблицъ, приложенныхъ къ закону. Владѣлецъ участка, въ пользу котораго установлено вознагражденіе, имѣетъ право потребовать единовременной уплаты, если уменьшеніе стоимости его имѣнія достигаетъ одной трети прежней стоимости или если оно не превышаетъ 300 марокъ. Если владѣлецъ участка, вслѣдствіе сдѣланныхъ по отношенію къ нему ограниченій, понесетъ извѣстные расходы, то онъ въ правѣ требовать ихъ возмѣщенія, причемъ по истеченіи трехъ лѣтъ онъ утрачиваетъ право требовать такого возмѣщенія. Означеннымъ возмѣщеніемъ произведенныхъ расходовъ рента или совершенно погашается, или соотвѣтственно уменьшается. Право на ренту утрачивается, если заявленія о желаніи получать ее не будетъ сдѣлано въ теченіе 6 мѣсяцевъ со дня изданія объявленія о наложенныхъ на владѣльца земли ограниченіяхъ. Вслѣдъ за заявленіемъ слѣдуетъ примирительное разбирательство, послѣ чего рента, въ случаѣ отсутствія соглашенія, можетъ быть отыскиваема судомъ въ те-

§ 7. Въ предѣлахъ округа охраны владѣлецъ источника, объявленнаго имѣющимъ общественное значеніе, имѣетъ право производить въ чужихъ владѣніяхъ, за исключеніемъ жилыхъ домовъ съ прилегающими къ нимъ дворами, всякія каптажныя и иныя работы, необходимыя для сохраненія источника и проведенія воды изъ него, въ тѣхъ случаяхъ, когда эти работы разрѣшены министромъ земледѣлія, торговли и общественныхъ работъ. Предварительно запрашивается по этому поводу владѣлецъ земли, на которой работы должны быть произведены.

§ 8. Владѣлецъ источника, объявленнаго имѣющимъ общественное значеніе, имѣетъ право производить на своей землѣ всякія каптажныя и иныя работы, необходимыя для сохраненія источника и проведенія воды изъ него, извѣстивъ за мѣсяцъ до начала работъ мѣстнаго префекта, съ представленіемъ ему проекта работъ. Въ случаѣ возраженій со стороны префекта, владѣлецъ можетъ начать ихъ или продолжать лишь съ разрѣшенія министра земледѣлія, торговли и общественныхъ работъ. Если въ теченіе трехъ мѣсяцевъ не послѣдуетъ отвѣта, то владѣлецъ имѣетъ право производить работы, не дожидаясь разрѣшенія.

§ 9. Занятіе поверхности земельнаго участка въ предѣлахъ округа охраны для выполненія работъ, предусмотрѣнныхъ въ § 7, можетъ быть произведено лишь по распоряженію префекта, устанавливающаго срокъ такого занятія. Если собственникъ занятаго земельнаго участка лишается доходовъ съ земли на срокъ свыше года или если занятый участокъ по производствѣ работъ окажется непригоднымъ для той цѣли, для которой онъ ранѣе служилъ, то собственникъ занятаго участка имѣетъ право требовать отъ владѣльца источника, чтобы послѣдній пріобрѣлъ отъ него занятый или приведенный въ негодное состояніе участокъ. Вознагражденіе въ этомъ случаѣ устанавливается согласно закону 3 мая 1841 г. Владѣлецъ источника ни въ какомъ случаѣ не имѣетъ права производить занятіе участка самовольно.

§ 10. Убытки, происшедшіе вслѣдствіе прекращенія, запрещенія или уничтоженія работъ, согласно §§ 4, 5 и 6, а также въ случаяхъ, указанныхъ въ §§ 7 и 9, владѣлецъ источника обязанъ возмѣстить лицамъ, потерпѣвшимъ ихъ. Размѣръ вознагражденія устанавливается или полюбовнымъ соглашеніемъ, или же судебнымъ порядкомъ. Въ случаяхъ, предусмотрѣнныхъ въ §§ 4, 5 и 6, размѣръ вознагражденія не долженъ превышать суммы дѣйствительно понесенныхъ

вливать формы и условія объявленія источника имѣющимъ общественное значеніе, опредѣленіе округа охраны, выдавать разрѣшенія, указанныя въ § 3, производить разслѣдованіе для установленія фактовъ, упоминаемыхъ въ § 4; организовать медицинскій и санитарный надзоръ за минеральными источниками и лѣчебными учрежденіями; устанавливать основанія и способъ раскладки, указанной въ § 18; вырабатывать общія условія, касающіяся соблюденія порядка, безопасности и санитарныхъ правилъ, которымъ должны удовлетворять всѣ курорты.

Россія.

Въ Россіи правила объ охранѣ минеральныхъ источниковъ содержатся въ Уставѣ Врачебномъ (т. XIII Свода Законовъ), а именно въ ст. 340—351 по изд. 1905 г. по прод. 1912 г.

Ст. 340. Источники минеральныхъ водъ могутъ быть объявляемы имѣющими общественное значеніе.

Ст. 341. Общественное значеніе можетъ быть признаваемо за тѣми лишь источниками, которые: 1) по заключенію Медицинскаго Совѣта Министерства Внутреннихъ Дѣлъ, имѣютъ важное значеніе по составу и цѣлебнымъ свойствамъ, а также по устроеннымъ при нихъ приспособленіямъ для пользованія больныхъ, и 2) по заключенію Горнаго Совѣта Министерства Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ, имѣютъ постоянно обезпеченный притокъ воды въ достаточномъ количествѣ.

Ст. 342. Источники объявляются имѣющими общественное значеніе Именными Высочайшими указами. Проекты сихъ указовъ представляются Министромъ Торговли и Промышленности въ установленномъ порядкѣ.

Примѣчаніе. Къ источникамъ минеральныхъ водъ, объявленнымъ имѣющими общественное значеніе, принадлежатъ: 1) Пятигорскіе, 2) Желѣзноводскіе, 3) Ессентукскіе и 4) Кисловодскіе — въ Терской области, 5) Подкумскіе (Кумагорскіе) — въ Ставропольской губерніи, 6) Абасъ-Туманскіе и 7) Боржомскіе — въ Тифлисской губерніи, 8) Бусскіе — въ Кѣлецкой губерніи, 9) Друскеникскіе — въ Гродненской губерніи, 10) Сергіевскіе — въ Самарской губерніи, 11) Балдонскіе — въ Курляндской губерніи, 12) Кеммернскіе — въ Лифляндской губерніи, 13) Липецкіе — въ Тамбовской губерніи, 14) Цѣхоцинскіе — въ Варшавской губерніи, 15) Старорусскіе — въ Новгородской губерніи. 16) Хиловскіе — въ Псковской губерніи, 17) Столыпинскіе — въ Самарской гу-

владѣльцемъ земли убытковъ, включая сюда стоимость сдѣлавшихся безполезными работъ, а также расходы по приведенію участка въ его первоначальный видъ.

§ 11. Постановленія относительно производства или прекращенія работъ на чужой землѣ приводятся въ исполненіе лишь по внесеніи залога, размѣръ коего устанавливается судомъ, и который является гарантіей уплаты вознагражденія въ случаяхъ, перечисленныхъ въ предыдущемъ параграфѣ. Правительство, являющееся владѣльцемъ нѣкоторыхъ источниковъ, освобождается отъ внесенія въ подлежащихъ случаяхъ залога.

§ 12. Если эксплоатація какого-либо источника производится владѣльцемъ его такимъ образомъ, что постоянство его не гарантируется, или если эксплоатація его не удовлетворяетъ санитарнымъ требованіямъ, то можетъ быть произведено принудительное отчужденіе его въ порядкѣ, указанномъ въ законѣ 3 мая 1841 г.

§ 13. Производство, безъ разрѣшенія или предварительнаго извѣщенія въ предѣлахъ округа охраны работъ, упомянутыхъ въ § 3, или же возобновленіе работъ, запрещенныхъ администраціей или ею пріостановленныхъ на основаніи §§ 4, 5 и 6, карается штрафомъ въ размѣрѣ отъ 50 до 500 франковъ.

§ 14. Нарушенія требованій санитарной полиціи, указанныхъ въ послѣднемъ пунктѣ § 19 настоящаго закона, караются штрафомъ въ размѣрѣ отъ 16 до 100 франковъ.

§ 15. За соблюденіемъ требованій настоящаго закона слѣдятъ чины полиціи, горные инженеры и подвѣдомственные имъ агенты. Всѣ эти лица обо всѣхъ замѣченныхъ нарушеніяхъ составляютъ протоколы.

§ 16. Протоколы составляемые на основаніи §§ 13 и 14, пишутся на гербовой бумагѣ и на основаніи ихъ производятся взысканія. Протоколы, составленные чинами горнаго надзора или полицейскими агентами, должны быть въ теченіе трехъ сутокъ представлены для утвержденія мировому судьѣ или меру по мѣсту совершенія преступленія или же по мѣсту жительства агента. Протоколы, являются доказательствомъ совершенія преступленія до тѣхъ поръ, пока не будетъ доказано противное.

§ 17. Статья 463 устава о наказаніяхъ примѣняется по отношенію къ приговорамъ, постановленнымъ на основаніи настоящаго закона.

§ 19. Мѣстная администрація имѣетъ право: устана-

берніи, 18) Славянскіе — въ Харьковской губерніи, 19) Кашинскіе — въ Тверской губерніи, 20) Ямаровскіе и Туркинскіе — Забайкальской области, 21) Наленчовскіе — въ Люблинской губерніи, 22) Усольскіе (разсолодѣчебные) — въ Иркутской губерніи, 23) Тифлисскіе — въ городѣ Тифлисѣ, 24) Жекупскіе — въ Кубанской области, 25) Баталинскій (горькосоленый) — въ Терской области, а равно минеральныя грязи — Сакскія и Чокракскія — въ Таврической губерніи.

Ст. 343. Источники, объявленные имѣющими общественное значеніе, состоятъ подъ особымъ покровительствомъ правительства. Для огражденія ихъ отъ порчи или истощенія, на прилегающей къ источникамъ мѣстности, установляется необходимый для нихъ округъ охраны.

Ст. 344. Границы округа охраны опредѣляются Министромъ Торговли и Промышленности, по предварительномъ изслѣдованіи геологическаго строенія прилегающей къ источникамъ мѣстности черезъ командированныхъ спеціалистовъ и по разсмотрѣніи представленнаго ими заключенія въ Горномъ Совѣтѣ. Объ окончательныхъ распоряженіяхъ своихъ по сему предмету Министръ Торговли и Промышленности представляетъ Правительствующему Сенату, для республикованія во всеобщее свѣдѣніе. Тотъ же порядокъ соблюдается, если по наступившимъ новымъ обстоятельствамъ окажется необходимымъ измѣнить границы первоначально установленнаго округа охраны.

Ст. 345. Въ предѣлахъ округа охраны не дозволяется производить, безъ предварительнаго разрѣшенія мѣстнаго горнаго начальства, буровыя и подземныя работы, а также работы по увеличенію притока воды въ источникахъ, собиранію и опредѣленію ея.

Ст. 346. Лица, желающія приступить въ предѣлахъ округа охраны къ возведенію новыхъ построекъ, къ устройству фабрикъ или заводовъ, къ сплошной рубкѣ лѣса или къ производству земляныхъ работъ (канавъ, колодцевъ, погребовъ), обязаны заявить о томъ мѣстному горному начальству не менѣе, какъ за два мѣсяца до приступа къ работамъ. Если горное начальство признаетъ предположенныя сооруженія или работы вредными для источниковъ, то можетъ воспретить ихъ въ теченіе указаннаго выше двухмѣсячнаго срока.

Ст. 347. Постановленія мѣстнаго горнаго начальства по предметамъ, указаннымъ въ статьяхъ 345 и 346, подлежатъ обжалованію въ общеустановленномъ порядкѣ.

Ст. 348. Министру Торговли и Промышленности предоставляется. по соглашенію съ Министромъ Внутреннихъ Дѣлъ, издавать, въ развитіе правилъ, изложенныхъ въ сей главѣ, обязательныя постановленія о мѣрахъ, которыя должны быть соблюдаемы въ предѣлахъ округа охраны для правильнаго содержанія источниковъ минеральныхъ водъ и благоустройства, въ санитарномъ отношеніи, находящихся при нихъ лечебныхъ заведеній. Постановленія сіи представляются Правительствующему Сенату, для распубликованія во всеобщее свѣдѣніе.

Ст. 349. Если для огражденія источниковъ и правильнаго устройства состоящихъ при нихъ лечебныхъ заведеній окажется необходимымъ закрыть колодцы, снабжающіе населенныя мѣста водою, снести существующія зданія, прекратить дѣйствіе фабрикъ или заводовъ, признанныхъ безусловно вредными, подчинить ограниченіямъ рубку лѣса или принять иныя мѣры, сопряженныя для частныхъ лицъ съ существеннымъ стѣсненіемъ и ущербомъ, то о приведеніи означенныхъ мѣръ въ исполненіе Министръ Торговли и Промышленности испрашиваетъ каждый разъ Высочайшее разрѣшеніе, установленнымъ въ статьѣ 342 порядкомъ, съ указаніемъ при этомъ порядка и способовъ вознагражденія собственниковъ.

Ст. 350. Если источникъ, признанный общеполезнымъ, утратитъ свою важность для врачебныхъ цѣлей, то Министръ Торговли и Промышленности входитъ, установленнымъ порядкомъ, съ представленіемъ объ отмѣнѣ Высочайшаго указа, объявившаго такой источникъ имѣющимъ общественное значеніе.

Ст. 354. Постановленія, изложенныя въ предъидущихъ 340—350 статьяхъ, примѣняются, кромѣ источниковъ цѣлебныхъ минеральныхъ водъ, также къ цѣлебнымъ минеральнымъ грязямъ.

ГЛАВА 69.

Охрана артезіанскихъ водъ отъ истощенія.

Во многихъ мѣстностяхъ земного шара артезіанская вода является единственнымъ условіемъ для того, чтобы пустынныя, безплодныя, безжизненныя пространства могли стать обиталищемъ человѣка. Съ этой точки зрѣнія значеніе ихъ въ государственномъ и въ общемірovомъ хозяйствѣ неизмѣримо выше, чѣмъ значеніе минеральныхъ источниковъ, какими бы цѣлебными свойствами они ни обладали. Достаточно припомнить, что колонизація

Австраліи, завоевывающей въ настоящее время міровые рынки, стала возможной лишь съ момента открытія артезіанской воды, которая на этомъ материкѣ является форпостомъ цивилизаціи и культуры; достаточно припомнить, какую громадную роль сыграла артезіанская вода въ экономической жизни Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ, весьма крупныя территоріи которыхъ, покрытыя въ настоящее время лимонными и апельсинными деревьями, культурой хлопчатника и другими цѣнными культурами, представляли еще весьма недавно дикую песчаную пустыню; достаточно припомнить, какое громадное значеніе артезіанская вода имѣетъ въ дѣлѣ водоснабженія крупныхъ населенныхъ пунктовъ всего земного шара, благодаря своей стерильности; достаточно припомнить все это, чтобы высказанное выше утвержденіе не показалось преувеличеннымъ.

До послѣдняго времени, однако, не только широкіе слои населенія, но часто и спеціалисты-гидротехники были чрезвычайно мало освѣдомлены о режимѣ артезіанскихъ водъ и въ публикѣ пользовались незыблемой популярностью два основныхъ положенія. Первое, что въ любой точкѣ земного шара можно получить артезіанскую воду и притомъ даже самоистекающую воду, если только пробурить скважину достаточно глубоко. Второе, что запасы подземной воды неистощимы и что беречь и охранять ее отъ истощенія совершенно не требуется.

Въ предыдущихъ главахъ настоящей книги достаточно подробно изложена теорія артезіанскихъ водъ, такъ что доказывать неправильность этихъ положеній является излишнимъ.

Своеобразный характеръ артезіанскихъ водъ привелъ къ тому, что въ законодательствахъ нѣкоторыхъ странъ, гдѣ эти воды играютъ особенно значительную роль, законоположенія о нихъ выдѣлены особо и представляютъ громадный интересъ, въ особенности для Россіи, гдѣ вопросъ о созданіи законодательства объ охранѣ атрезіанскихъ водъ — дѣло ближайшаго будущаго.

Первымъ, по времени, государствомъ, въ которомъ артезіанскія воды были подчинены законодательной охранѣ, являются Сѣверо-Американскіе Соединенные Штаты. Выше уже указывалось, что законодательство Соединенныхъ Штатовъ о подземныхъ водахъ претерпѣло очень интересную и поучительную эволюцію, перейдя отъ абсолютнаго признанія права полной частной собственности на подземныя воды къ настолько серьезнымъ ограниченіямъ въ этомъ отношеніи, что во многихъ случаяхъ отъ этого права почти ничего не осталось.

Подробное изложеніе законодательствъ всѣхъ штатовъ за-

вело бы насъ слишкомъ далеко, почему мы и ограничимся здѣсь приведеніемъ лишь нѣсколькихъ примѣровъ.

Впервые непримѣнимость принципа полной частной собственности на артезіанскія воды была высказана въ Калифорніи въ одномъ изъ судебныхъ рѣшеній, вскорѣ послѣ чего въ 1878 г. былъ изданъ и соотвѣтствующій законодательный актъ, регулирующій пользованіе артезіанской водою въ этомъ штатѣ.

Согласно ст. 1-ой этого закона, „всякая артезіанская скважина, не закрытая и не снабженная такими механическими приспособленіями, которыя позволяли бы легко и дѣйствительно останавливать истеченіе изъ нея воды, является вредящей общественнымъ интересамъ“, и всякое лицо, въ вѣдѣніи котораго находится подобная скважина, привлекается къ отвѣтственности.

По ст. 2, „всякое лицо, владѣющее участкомъ земли, на которомъ расположена артезіанская скважина, или арендующее подобный участокъ привлекается къ отвѣтственности въ томъ случаѣ, если онъ допускаетъ, чтобы вода изъ скважинъ изливалась безполезно и чтобы такимъ образомъ происходило истощеніе артезіанскихъ водъ“.

Для уничтоженія какихъ бы то ни было сомнѣній, въ этомъ актѣ (ст. 3) приводится слѣдующее опредѣленіе: „артезіанской скважиной считается всякій колодезь, изъ котораго рода непрерывно вытекаетъ на поверхность земли въ теченіе круглаго года“.

Понятіе „истощенія артезіанскихъ водъ“ опредѣляется слѣдующимъ образомъ: „такое обрудованіе скважины, что вода, вытекающая изъ нея, стекаетъ безполезно въ какую-нибудь рѣку, ручей и т. д.“ Этимъ отнюдь, впрочемъ, не воспрещается поливать древесныя насажденія вдоль улицъ, тоже и дорогъ или устраивать пруды для украшенія и разведенія рыбы.

Въ дальнѣйшихъ статьяхъ этого акта устанавливается размѣръ штрафовъ, налагаемыхъ на его нарушителя (отъ 10 до 50 долларовъ) и порядокъ привлеченія его къ отвѣтственности.

Особенно подробно разработано законодательство въ штатѣ Южная Дакота, гдѣ въ теченіе времени съ 1889 по 1903 г. изданъ цѣлый рядъ законодательныхъ актовъ, регулирующихъ артезіанское водное хозяйство штата.

Въ этомъ штатѣ считается признаннымъ фактъ взаимнаго вліянія одной скважины на другую, причемъ въ законѣ установленъ слѣдующій порядокъ проведенія новыхъ скважинъ:

„При выборѣ мѣста для заложенія скважинъ въ пунктахъ, гдѣ уже существуютъ артезіанскія скважины, — общественныя или частныя, — необходимо обратить тщательное вниманіе на правильное распредѣленіе ихъ, чтобы расходъ воды изъ сква-

жинъ происходилъ наиболѣе равномѣрно и чтобы опасность вреднаго вліянія вновь проводимой скважины на уже существующія была наименьшею. Если бы какая-либо вновь проводящаяся скважина, частная или общественная, была расположена такъ близко къ уже существующей, что возможно было бы предполагать взаимное вліяніе ихъ, то каждому лицу предоставляется извѣстить объ этомъ инженера штата. Инженеръ долженъ безъ замедленія изслѣдовать мѣстность и опредѣлить, возможенъ ли, по его мнѣнію, какой-либо ущербъ для существующихъ уже скважинъ отъ вновь проводимой. Если, по его мнѣнію, никакого ущерба не произойдетъ, то намѣченное для новой скважины мѣсто остается безъ измѣненія: въ противномъ же случаѣ новая скважина должна быть перенесена на другое мѣсто, гдѣ опасность была бы устранена“. Рѣшеніе инженера можетъ быть обжаловано въ судебномъ порядкѣ.

Въ этомъ законодательствѣ устанавливается, далѣе, что всякое лицо, проводящее артезіанскую скважину, обязано закрѣплять стѣнки ея надлежащимъ образомъ, дабы предохранить, съ одной стороны, скважину отъ обваловъ, а съ другой стороны — не допустить утечки воды черезъ стѣнки; далѣе, на обязанности владѣльца скважины лежитъ снабженіе ея такими кранами или иными запорными приспособленіями, которые позволяли бы регулировать истеченіе воды изъ скважины.

Въ штатѣ Южная Дакота, какъ и въ Калифорніи, воспрещается допускать безполезное истеченіе воды изъ скважины.

Законодательства многихъ штатовъ предусматриваютъ регистрацію проводящихся скважинъ, возлагая на всякаго владѣльца, для котораго производится буреніе, вести буровой журналъ и собирать образцы пройденныхъ породъ, а также доставлять всѣ свѣдѣнія о водоносныхъ слояхъ. Равнымъ образомъ, инженеру штата предоставляется право и во многихъ случаяхъ вмѣняется даже въ обязанность слѣдить за всѣми скважинами штата и производить соотвѣтственныя наблюденія для выясненія вопроса объ уменьшеніи ихъ дебита. Владѣльцы скважинъ обязаны предоставлять инженеру потребные для этого матеріалы и вообще оказывать ему въ этомъ дѣлѣ полное содѣйствіе.

Въ нѣкоторыхъ штатахъ предусмотрѣны еще нѣкоторыя детали пользованія артезіанскими водами. Напримѣръ, въ штатѣ Мичиганъ воспрещается допускать истеченіе воды изъ скважины черезъ трубу болѣе 1 дюйма въ діаметрѣ; въ штатѣ Вашингтонъ воспрещается пользованіе артезіанской водою для орошенія въ періодъ времени съ 1 октября по апрѣль слѣдующаго года и т. д.

Законодательства объ охранѣ артезіанскихъ водъ, общаго

того, должно быть указано, что работа начата до изданія настоящаго закона, какъ указывалось выше, что владѣлецъ предполагаетъ продолжать и закончить скважину, и вообще всѣ тѣ свѣдѣнія которыя будутъ потребованы министерствомъ.

2. Устанавливается размѣръ штрафа одновременно для владѣльца и производителя работъ скважины по 2 ф. ст. съ каждаго и по 2 ф. ст. за каждый день просрочки свыше двухъ мѣсяцевъ.

§ 37. 1. Просьбы о разрѣшеніи на проведеніе скважины или углубленіе или вообще какое-бы то ни было измѣненіе уже существующей, должны подаваться министру по установленной формѣ съ приложеніемъ необходимыхъ плановъ и свѣдѣній съ указаніемъ, для какой цѣли будетъ использоваться полученная вода.

2. Министръ, по прошествіи 30 дней, выдаетъ своею властью разрѣшеніе просителю по установленной формѣ, съ обязательствомъ соблюденія установленныхъ закономъ требованій.

Примѣчаніе. До выдачи разрѣшенія министръ имѣетъ право потребовать внесенія въ проектъ буренія или оборудованія скважины или ея расположенія такихъ измѣненій, какія онъ признаетъ необходимыми.

38. При выдачѣ разрѣшенія должны быть въ полной мѣрѣ ограждены интересы землевладѣльца, на участкѣ котораго проведена или проводится скважина.

§ 39. 1. Въ теченіе всего времени дѣйствія выданнаго разрѣшенія не допускаются никакія измѣненія въ устройствѣ скважины, а равно не допускается пользованіе водою изъ нея для какихъ-либо иныхъ цѣлей, кромѣ указанныхъ въ самомъ разрѣшеніи.

Примѣчаніе. Въ случаѣ допущенія какихъ-либо измѣненій въ первоначальномъ проектѣ, вызванныхъ необходимостью сохраненія скважины или какими-либо совершенно непредвидѣнными обстоятельствами, министру должно быть подано письменное извѣщеніе объ этомъ въ семидневный срокъ.

2. Устанавливается размѣръ штрафа за нарушеніе этого параграфа въ размѣрѣ 50 ф. стерл. единовременно и по 5 ф. стерл. за каждый день послѣ обнаруженія нарушеній, впредь до ихъ устраненій. Кромѣ наложенія штрафа, выданное разрѣшеніе можетъ быть отобрано, о чемъ дѣлается соотвѣтствующая публикація въ правительственной газетѣ.

3. Всякое лицо, получившее указанное выше разрѣ-

шеніе, имѣетъ право ходатайствовать объ измѣненіи условій его въ томъ же порядкѣ, какой установленъ настоящимъ закономъ для выдачи первоначальнаго разрѣшенія.

§§ 40—41 устанавливаютъ право правительства передавать казенныя скважины въ распоряженіе и подъ надзоръ Водныхъ Присутствій (Boards), а также права и обязанности Присутствій въ этомъ отношеніи. Эти параграфы не имѣютъ прямого отношенія къ охранѣ артезіанскихъ водъ.

§ 42. 1. Въ тѣхъ случаяхъ, когда министръ усмотритъ, что вода изъ какой-либо скважины, когда бы то ни было проведенной, расходуется непроизводительно или же дебитъ скважины начинаетъ уменьшаться, онъ имѣетъ право распорядиться закрыть скважину или же принять тѣ или иныя мѣры, которыя будутъ признаны имъ необходимыми для предотвращенія указаннаго выше явленія.

Примѣчаніе. Владѣлецъ каждой подобной скважины имѣетъ право, въ случаѣ его на то желанія, представить свои объясненія до принятія указанныхъ выше мѣръ. Въ такомъ случаѣ министръ поручаетъ инженеръ-гидротехнику или другому чиновнику произвести разслѣдованіе, о результатахъ котораго долженъ быть представленъ письменный докладъ министру. Владѣлецъ скважины имѣетъ право присутствовать при разслѣдованіи и давать свои объясненія. По окончаніи разслѣдованія министръ дѣлаетъ тѣ распоряженія, какія онъ признаетъ необходимыми.

Всякое лицо, не подчинившееся указаннымъ распоряженіямъ или же не обратившее на нихъ должнаго вниманія, подвергается штрафу въ размѣрѣ не свыше 20 ф. стерл. за каждый день послѣ отдачи министромъ распоряженія въ теченіе всего того срока, пока оно не будетъ выполнено. Сверхъ штрафа отъ владѣльца можетъ быть отобрано разрѣшеніе, о чемъ дѣлается публикація въ правительственной газетѣ.

2. Министръ имѣетъ право предъявить собственнику или арендатору участка земли, на которомъ расположена скважина, требованіе объ устройствѣ, установкѣ или ремонтѣ обсадныхъ трубъ, водоотводныхъ желобовъ, канавъ, корытъ, и вообще объ установкѣ всѣхъ тѣхъ приспособленій, которыя, по мнѣнію министра, являются необходимыми для дѣйствительнаго предотвращенія истощенія воды въ водоносномъ пластѣ или непроизводительнаго расходованія ея.

Министръ имѣетъ право также потребовать установки на скважинѣ водомѣра, установленнаго имъ, министромъ,

для всей территоріи Соединенныхъ Штатовъ, не существуетъ. Это обстоятельство лишаетъ законодательства отдѣльныхъ штатовъ надлежащей силы, тѣмъ болѣе, что во многихъ штатахъ какія-либо нормы по охранѣ артезіанскихъ водъ отъ истощенія совершенно отсутствуютъ.

Законодательства отдѣльныхъ штатовъ предусматриваютъ разныя мелкія детали, но широкой постановки вопроса не даютъ, такъ что цѣлый рядъ особенностей артезіанскихъ скважинъ остается не зафиксированнымъ въ законѣ.

Существенно иной характеръ имѣетъ законодательство объ охранѣ артезіанскихъ водъ въ Соединенныхъ Штатахъ Австраліи, гдѣ предусмотрѣны лишь самыя общія положенія, а установленіе всѣхъ деталей предоставляется администраціи, какъ видно изъ нижеприведеннаго текста закона. Законы штата Квинслендъ и штата Новый Южный Уэльсъ въ общемъ совершенно сходны, отличаясь одинъ отъ другого лишь незначительными особенностями, почему мы и приведемъ лишь статьи, относящіяся къ артезіанскимъ водамъ въ водномъ законѣ Квинсленда 7 января 1911 г. (The Rights in Water and Water Conservation and Utilisation Act).

§ 35. 1. Проведеніе новой артезіанской скважины или углубленіе, исправленіе или какое бы то ни было измѣненіе скважины, оконченной ко времени изданія настоящаго закона или начатой во время его изданія, можетъ быть исполнено лишь а) по распоряженію правительства или б) на основаніи разрѣшенія, даннаго правительствомъ согласно настоящему закону [1]).

2. Въ случаѣ нарушенія кѣмъ бы то ни было требованій настоящаго параграфа, какъ самый нарушитель, такъ и владѣлецъ той скважины, по отношенію къ которой это нарушеніе послѣдовало, подвергаются штрафу въ размѣрѣ не свыше 100 фунт. стерлинговъ, затѣмъ штрафу въ размѣрѣ 5 фунт. стерл. за каждый день такого нарушенія, продолжающагося послѣ предупрежденія.

§ 36. 1. Владѣлецъ или подрядчикъ по производству работъ каждой скважины, начатой до изданія настоящаго закона, но не оконченной къ моменту вступленія его въ законную силу, обязанъ въ теченіе 2 мѣсяцевъ по введеніи его въ дѣйствіе сдѣлать сообщеніе министру общественныхъ работъ, по установленной формѣ, относительно мѣстоположенія, діаметра и предполагаемой глубины скважины: кромѣ

---

1) Пунктъ а относится къ скважинамъ, проводимымъ правительствомъ за казенный счетъ, пунктъ *б* — къ частнымъ скважинамъ.

типа, для измѣренія количества воды, изливающейся изъ скважины. Владѣлецъ или арендаторъ обязаны тщательно соблюдать всѣ правила, относящіяся до упомянутыхъ въ этомъ параграфѣ приспособленій.

Если владѣлецъ или арендаторъ не выполнятъ въ теченіе опредѣленнаго времени упомянутыхъ выше требованій или въ чемъ-либо нарушатъ ихъ, они подвергаются штрафу въ размѣрѣ не свыше 50 фунт. стерл. и, кромѣ того, всѣ необходимыя работы могутъ быть произведены по распоряженію министра за счетъ владѣльца или арендатора.

3. По установкѣ водомѣра вся расходуемая вода должна проходить черезъ него. Если же кто-либо, поставивъ водомѣръ, тѣмъ не менѣе будетъ расходовать всю воду или часть ея помимо водомѣра, то это лицо подвергается штрафу въ размѣрѣ не свыше 50 фунт. стерл.

4. По установкѣ водомѣра владѣлецъ или арендаторъ обязанъ вносить въ казначейство установленную плату за все то количество воды, которое будетъ израсходовано изъ скважины сверхъ того количества, которое ему разрѣшено израсходовать.

Что касается Россіи, то въ русскомъ законодательствѣ не существуетъ почти никакихъ указаній на охрану артезіанскихъ водъ отъ истощенія, хотя во многихъ районахъ такое истощеніе наблюдается (Таврическая и Ставропольская губерніи) и принятіе мѣръ къ охранѣ расхищаемыхъ подземныхъ водныхъ запасовъ являлось бы безусловно необходимымъ.

Единственнымъ упоминаніемъ объ охранѣ артезіанскихъ водъ является прим. 1-ое къ ст. 108 пол. о земск. учрежд. 1902 г. по продолж. 1906 г., согласно которому Таврическому Губернскому Земскому собранію предоставляется право издавать обязательныя постановленія по вопросу объ охранѣ артезіанскихъ водъ отъ истощенія.

На основаніи этого примѣчанія, Таврическимъ Губернскимъ Земскимъ собраніемъ въ 1910—1911 гг. изданы соотвѣтствующія обязательныя постановленія, въ которыхъ этотъ вопросъ разработанъ довольно широко [1]).

Разумѣется, однако, что такое обязательное постановленіе, какъ бы широко и подробно ни были разработаны въ немъ во-

---

1) Подробное изслѣдованіе вопроса объ охранѣ артезіанскихъ водъ въ Россіи желающіе найдутъ въ статьѣ А. Д. Стопневича „Что сдѣлано въ Россіи по вопросу объ охранѣ артезіанскихъ водъ“, помѣщенной въ „Труд. Терск. Отд. Имп. Русск. Техн-О-ва“, вып. 2-ой за 1913 г.

просы охраны подземныхъ водъ, не можетъ имѣть серьезнаго значенія, такъ какъ дѣйствіе его ограничено предѣлами небольшой территоріи, притомъ же не совпадающей съ площадью артезіанскаго бассейна. Поэтому въ предѣлахъ того же самаго артезіанскаго бассейна въ одной его части охрана подземныхъ водъ осуществляется, тогда какъ въ другой происходитъ расхищеніе, вслѣдствіе чего изданіемъ обязательныхъ постановленій цѣль, вообще говоря, не достигается.

Охрана подземныхъ водъ отъ истощенія можетъ быть достигнута единственно лишь въ законодательномъ порядкѣ путемъ изданія соотвѣтствующаго закона, основныя положенія котораго должны быть общими для всей Имперіи; разумѣется, законъ не долженъ и не можетъ предусматривать всѣхъ деталей, зависящихъ отъ мѣстныхъ условій. Эти детали должны быть устанавливаемы для отдѣльныхъ мѣстностей изданіемъ соотвѣтствующихъ обязательныхъ постановленій, развивающихъ и дополняющихъ законъ примѣнительно къ мѣстнымъ условіямъ.

Основными же положеніями, которыя должны быть зафиксированы въ законѣ, являются слѣдующія:

1. Подземныя воды должны быть объявлены общей собственностью и права частной собственности на нихъ должны быть ограничены или даже совсѣмъ уничтожены.
2. Всякая скважина должна быть закрѣплена обсадными трубами по всей ея глубинѣ.
3. Всякая скважина съ самоистекающей водою должна быть снабжена запорными приспособленіями, которыя должны быть закрыты въ теченіе всего того времени, когда водою изъ скважины не пользуются.
4. Всякая почему-либо оставленная скважина должна быть забита наглухо жирной глиной, цементомъ или иными водонепроницаемыми матеріалами.

Въ комиссіи сенатора Карницкаго, работающей въ настоящее время надъ разработкой воднаго законодательства, насколько извѣстно, первый принципъ принятъ и положенъ въ основу всего воднаго законодательства. Равнымъ образомъ, тотъ же принципъ проведенъ и въ проектѣ Туркестанскаго воднаго закона.

Остается привѣтствовать такое измѣненіе во взглядахъ русскаго законодателя на подземныя воды и ожидать, чтобы эти предположенія поскорѣе получили санкцію законодательныхъ учрежденій и вошли въ силу.*

А. Стопневичъ.

Приложеніе.

ГЛАВА 70.

Схема залеганія грунтовыхъ водъ на равнинѣ Европейской Россіи.

Грунтовыя воды Россіи изучены крайне мало. Спеціально гидрологическія изслѣдованія производились лишь въ немногихъ мѣстностяхъ (части губ. Херсонской, Екатеринославской, Таврической, Нижегородской, Тульской, Акмолинской области и др. небольшіе участки въ губ. Харьковской, Воронежской, Тверской, Полтавской, Ставропольской, въ Донской области, Туркестанѣ, Кавказѣ и др., окрестности обѣихъ столицъ и нѣкоторыхъ др. городовъ, производившихъ изысканія съ цѣлями водоснабженія)[1]. Гораздо больше мы имѣемъ такъ называемыхъ гидро-геологическихъ очерковъ, входящихъ въ составъ общихъ съемочно-геологическихъ описаній. Но они, во-первыхъ, отличаются большою краткостью, а во-вторыхъ, будучи основаны на наблюденіяхъ преимущественно въ оврагахъ и долинахъ, даютъ малонадежный, а подчасъ совсѣмъ невѣрный, матеріалъ для сужденія о водоносности даже ближайшихъ водораздѣльныхъ площадей. Такимъ образомъ, мы не располагаемъ достаточными данными для изображенія сколько нибудь детальной картины географическаго распредѣленія грунтовыхъ водъ въ предѣлахъ даже одной Европейской Россіи. Остается ограничиться лишь общей и грубой *схемой* такого распредѣленія.

Какъ извѣстно, грунтовыя воды обнаруживаютъ чрезвычайную чуткость къ малѣйшимъ измѣненіямъ въ физико-географическихъ условіяхъ, такъ что на самыхъ незначительныхъ разстояніяхъ свойства и характеръ залеганія ихъ часто весьма разнообразны. Въ этомъ отношеніи грунтовыя воды отличаются большей капризностью, чѣмъ почвы. Тѣмъ не менѣе, въ общемъ

---

1) Въ настоящее время правительствомъ и нѣкоторымн земствами предпринимаются гидрологическія изслѣдованія болѣе или менѣе значительныхъ площадей; однако, за ничтожнымъ исключеніемъ, вполнѣ законченныхъ и опубликованныхъ работъ мы еще не имѣемъ.

зрачны, не имѣютъ запаха, минерализованы чрезвычайно мало. Для характеристики могутъ служить данныя анализовъ Мытыщинскихъ водъ, близъ Москвы:

Жесткость	отъ	4,5	до	7,3 нѣм. град
Твердаго остатка.	„	7,6	„	18,6%
Потеря при прокаливаніи	„	0,6	„	4,6%
Желѣза	„	0,015	„	0,06%

При этомъ амміака и азотистой кислоты вовсе не найдено или только слѣды. Количество хлора отъ нѣсколькихъ сотыхъ % доходитъ до 0,24%; сѣрной кислоты нѣсколько больше, хотя ея количество сильно варьируетъ. Часто наблюдаемый болотный запахъ грунтовыхъ водъ скоро исчезаетъ на воздухѣ. Температура воды въ высшей степени разнообразна, въ зависимости отъ глубины ея залеганія. Такимъ образомъ, въ разсматриваемой области мы имѣемъ воду хорошаго качества и, притомъ, въ такомъ количествѣ, которое не только превышаетъ потребность населенія, но и является даже помѣхой для сельско-хозяйственныхъ и другихъ культуръ. Во многихъ случаяхъ малая заселенность нѣкоторыхъ мѣстностей объясняется исключительно избыткомъ подземныхъ водъ, заболачивающихъ почву.

Слѣдующая, также очень обширная область относится къ умѣренно-обводненнымъ. Она, приблизительно, совпадаетъ съ областью залеганія чернозема и, подобно послѣдней, будетъ современемъ, по накопленіи данныхъ, разбита на нѣсколько обособленныхъ районовъ, которые въ настоящее время можно лишь намѣтить въ общихъ чертахъ. Вся описываемая область выстлана, по преимуществу, лёссомъ и лёссовидными моренными суглинками; только на восточной окраинѣ, въ Заволжьѣ, на поверхность выходятъ песчано-глинистыя арало-каспійскія отложенія. Въ предѣлахъ распространенія древняго ледника, который врѣзывался въ данную область двумя широкими языками, лёссъ подстилается непосредственно валунными песками или суглинками. Южнѣе онъ залегаетъ уже на болѣе древнихъ коренныхъ породахъ, преимущественно на свитѣ песчаныхъ и глинистыхъ породъ третичнаго возраста. Главнымъ образомъ, во всѣхъ этихъ перечисленныхъ породахъ и держатся грунтовыя воды. Большею частью, водоносными являются подстилающіе лёссъ пески, а при отсутствіи ихъ — нижніе горизонты самого лёсса. Южнѣе границы ледниковыхъ образованій лёссъ расчленяется обыкновенно на два яруса, изъ которыхъ нижній нѣсколько глинистѣе и темнѣе. Въ этихъ случаяхъ грунтовыя воды, такъ называемая „верховодка“, встрѣчаются часто какъ разъ въ мѣстѣ слоя этихъ двухъ разностей

среднемъ, онѣ обнаруживаютъ такую-же географическую законность (зональность), какъ почвы и выстилающіе Россію наносы, въ значительной степени въ зависимости отъ этихъ послѣднихъ. Эту законность кратко можно формулировать такъ: по мѣрѣ движенія на югъ грунтовыя воды углубляются и минерализуются.

На крайнемъ сѣверѣ мы имѣемъ полярнотундровую область, совпадающую приблизительно съ таковою же почвенной зоной, гдѣ грунтовыя воды обыкновенно сливаются съ поверхностными. Это — область почти сплошныхъ моховыхъ и др. болотъ и озеровидныхъ лужъ. Глубина залеганія грунтовыхъ водъ вообще незначительна и въ рѣдкихъ случаяхъ достигаетъ нѣсколькихъ футъ. Большую часть года онѣ находятся въ твердомъ состояніи. Во многихъ пунктахъ, преимущественно сѣверо-восточныхъ частей области, на небольшой глубинѣ встрѣчается уже вѣчно мерзлый слой, т. е. грунтовый ледъ. Воды совершенно лишены минерализаціи, но за-то весьма богаты растворимыми органическими соединеніями.

Далѣе къ югу идетъ очень широкая полоса, занимающая всю сѣверную лѣсную и среднюю области Россіи, гдѣ гидрологическія условія болѣе или менѣе идентичны. Это — область по преимуществу грубыхъ ледниковыхъ отложеній: щебенки, верхне- и нижневалунныхъ песковъ и грубыхъ валунныхъ суглинковъ. Грунтовыя воды держатся обыкновенно въ этихъ отложеніяхъ. Тамъ, гдѣ верхневалунные пески не смыты — въ нихъ очень близко отъ поверхности мы встрѣчаемъ первый горизонтъ воды, весьма обильный. При данныхъ условіяхъ грунтовыя воды легко сливаются съ поверхностными, образуя болота. При отсутствіи покровныхъ песковъ, водоносными являются или нижневалунные пески, или болѣе песчанистыя пропластки въ моренныхъ суглинкахъ. Въ послѣднемъ случаѣ залеганіе грунтовыхъ водъ отличается большою капризностью; глубина доходитъ подчасъ до нѣсколькихъ саженъ. Въ ближайшихъ окрестностяхъ Финскаго залива и Ладожскаго озера водоупорнымъ ложемъ грунтовыхъ водъ служатъ часто глинистыя отложенія постглаціальныхъ морей и озеръ (Іольдіеваго, Литориноваго и совр.). Значительныхъ площадей выходовъ на дневную поверхность болѣе древнихъ коренныхъ горныхъ породъ въ описываемой области крайне мало: онѣ пріурочены, главнымъ образомъ, къ западнымъ и восточнымъ окраинамъ ея. Особеннымъ обиліемъ и хорошимъ качествомъ отличаются грунтовыя воды, залегающія въ трещиноватыхъ известнякахъ и песчаникахъ. Какъ показываютъ наблюденія и анализы, свойства грунтовыхъ водъ данной области, большею частью, хороши: онѣ безцвѣтны, про-

лёсса. Этотъ горизонтъ обыкновенно прерывистъ и маловоденъ; но подъ нимъ почти всегда находятся болѣе обильныя воды уже въ третичныхъ пескáхъ. Тамъ, гдѣ на дневную поверхность выходятъ грубые или лёссовидные валунные суглинки (восточное крыло центральной черноземной области), грунтовыя воды отличаются капризностью своего залеганія, пріурочиваясь къ многочисленнымъ песчанымъ и даже слегка песчанистымъ прослойкамъ суглинковъ. То же самое можно сказать и относительно Заволжья. Правда, здѣсь нерѣдко обширныя пространства покрыты песками, переработанными вѣтромъ. Эти послѣдніе, въ своихъ нижнихъ горизонтахъ, и являются обыкновенно водоносными. Въ области южнаго кристаллическаго кряжа воды держатся часто въ песчанистыхъ каолинизированныхъ продуктахъ разрушенія кристаллическихъ породъ. Однако, относительно значенія геологическаго строенія въ дѣлѣ распредѣленія грунтовыхъ водъ необходимо замѣтить, что разсматриваемая область въ этомъ отношеніи отличается отъ предшествующей. Тогда какъ тамъ грунтовыя воды подчиняются почти исключительно геологическимъ условіямъ мѣстности, при чемъ пользуются первымъ, сколько-нибудь геологически-удобнымъ случаемъ для того, чтобы образовать водоносный слой — здѣсь весьма часто господствуютъ иные факторы, главнымъ образомъ орографическіе и климатическіе. Нерѣдко мы не встрѣчаемъ грунтовыхъ водъ при самыхъ для этого благопріятныхъ стратиграфическихъ и структурныхъ условіяхъ и, наоборотъ, онѣ иногда залегаютъ въ породахъ, которыя обычно относятся къ категоріи водонепроницаемыхъ, напр., въ плотныхъ глинахъ. Особенно большую роль играетъ въ этомъ дѣлѣ рельефъ мѣстности, именно — овраги. Сильно дренируя мѣстность и содѣйствуя быстрому стоку выпавшихъ осадковъ, они способствуютъ сильному пониженію грунтовыхъ водъ даннаго района, при чемъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ вызвали даже исчезновеніе цѣлыхъ водныхъ горизонтовъ. Вообще эти послѣдніе находятся здѣсь въ весьма малоустойчивомъ равновѣсіи, нарушаемомъ, иногда рѣзко, засухой, образованіемъ вблизи новаго оврага и т. п. Даже присутствіе или отсутствіе лѣсовъ отражается подчасъ довольно сильно на гидрологическихъ условіяхъ мѣстности. Вотъ почему въ распредѣленіи грунтовыхъ водъ здѣсь мы встрѣчаемъ значительно бóльшую капризность, чѣмъ вѣ сѣверной и средней Россіи. Средняя глубина залеганія грунтовыхъ водъ на водораздѣлахъ равна здѣсь приблизительно 6—8 саженямъ. Дебитъ воды обыкновенно достаточный для хозяйственнаго пользованія. Что касается качества почвенныхъ водъ, то оно сильно варьируетъ, хотя въ общемъ минерализація

водъ здѣсь уже значительна. При этомъ замѣчено, что эта послѣдняя зависитъ почти исключительно отъ минералогическаго состава водоносныхъ породъ, а не вышележащихъ, что, какъ видимъ, стоитъ въ противорѣчіи съ теоріей механическаго просачиванія влаги. Есть многочисленныя данныя, которыя показываютъ, что грунтовыя воды, залегающія въ третичныхъ и каолинизированныхъ пескахъ и т. п., отличаются слабою минерализаціей и мягкостью, хотя бы онѣ были прикрыты толщей лёссовъ и другихъ мергелистыхъ породъ. Напротивъ, воды лёссовыхъ мѣловыхъ и т. п. горизонтовъ обыкновенно жестки и богаты солями. Очень характерны въ этомъ отношеніи данныя анализовъ водъ изъ сосѣднихъ мѣстностей, но изъ разныхъ водоносныхъ горизонтовъ. Такъ, въ Александрійскомъ у., Херсонской губ., сравненіе воды изъ лёссоваго яруса *(A)* и горизонта каолинизированныхъ продуктовъ разрушенія гранито-гнейсовъ *(B)* указываетъ слѣдующую рѣзкую разницу въ составѣ водъ:

	A	*B*
Жесткость (въ нѣм. град.)	29,0	9,0[1])

Въ одномъ литрѣ содержится граммовъ:

	A	*B*
Твердаго остатка	2,00	0,20
Извести (CaO)	0,2880	0,0834
Хлора	0,2201	0,0213
Марганцево-каліевой соли на окисл. органич. вещ.	0,0055	0,0192
Амміака (кач. реакція)	знач.	умѣр.
Азотистой кислоты	умѣр.	0

То же самое было констатировано и въ Маріупольскомъ у., Екатеринославской губ. Воды, держащіяся въ верхнихъ мергелистыхъ и гипсоносныхъ желтобурыхъ суглинкахъ *(A)*, сильно отличаются по химическому составу отъ водъ яруса продуктовъ разрушенія кристаллическихъ породъ *(B)*:

Въ одномъ литрѣ найдено граммовъ:

	A	*B*
Сухого остатка (при 100°)	4,281	1,370
Хлора	0,283	0,0346
Сѣрнаго ангидрида (SO_3)	1,218	0,0069
Углекислоты (CO_2)	0,150	?
Извести (CaO)	0,532	0,060
Магнезіи (MgO)	0,306	0,070
Кали (K_2O)	?	0,022
Натра (Na_2O)	?	0,538

1) Одинъ нѣмецкій градусъ жесткости воды соотвѣтствуетъ содержанію 10 мгр. CaO въ литрѣ воды.

Приведенные анализы могутъ дать представленіе о среднемъ составѣ водъ данной области вообще. Но разнообразію состава способствуетъ еще то обстоятельство, что, благодаря крайне медленному перемѣщенію грунтовыхъ водъ въ горизонтальномъ направленіи и благодаря слабой диффузіи, на качествѣ воды могутъ отражаться чисто мѣстныя условія, напр., мѣстное скопленіе журавчиковъ извести, кристалловъ гипса и т. п. Очень нерѣдки случаи, когда два сосѣднихъ колодца, вырытыхъ въ одной и той же горной породѣ, содержатъ воду совершенно различнаго качества. Нѣкоторые изслѣдователи полагаютъ, что и присутствіе лѣсовъ вліяетъ на уменьшеніе минерализаціи лѣсныхъ грунтовыхъ водъ.

Южныя части губ. Херсонской, Екатеринославской, Войска Донского и Самарской, нѣкоторые участки Харьковской и др. въ гидрологическомъ отношеніи составляютъ переходъ къ слѣдующей маловодной и безводной полосѣ. Здѣсь грунтовыя воды залегаютъ уже на глубинѣ до 15 и болѣе саженъ и, въ общемъ, сильнѣе минерализованы, чѣмъ въ полосѣ типично-степной. Воды пріурочены преимущественно къ кореннымъ горнымъ породамъ. Маловодная полоса занимаетъ побережья Азовскаго и Чернаго морей, всю степную часть Крыма, южные участки губ. Самарской и Оренбургской и предгорія нашихъ горныхъ кряжей. Воды здѣсь залегаютъ на почти недоступной глубинѣ. Такъ, между Молочной, Днѣпромъ и бер. Сиваша глубина колодцевъ достигаетъ 27 и болѣе саженъ. Въ степной части Крыма воды держатся часто глубже 30 саженъ, при чемъ вода настолько минерализована, что мѣстные жители отказываются отъ попытокъ рыть колодцы. На южномъ берегу Крыма, въ Θеодосійскомъ у. и въ Перекопскомъ у. по берегу Сиваша, вода не была найдена даже на столь значительной глубинѣ. Водоснабженіе производится здѣсь устройствомъ запрудъ, такъ наз. „аутовъ“, съ водою солоноватою и грязною. Правда, въ нѣкоторыхъ пунктахъ описываемой области грутовыя воды встрѣчаются на меньшей глубинѣ, но, по причинѣ своей горько-солености — большею частью не годны для употребленія. Исключеніе составляютъ только мѣстности, покрытыя сыпучими песками. Такова, напр., западная окраина Днѣпровскаго у., значительная площадь въ Калмыцкой степи и Арало-Каспійской области, гдѣ пески прерываются лишь такъ называемыми „такырами“ и „хаками“, выстланными вязкой глиною; сюда-же нужно отнести песчаныя полосы Балхашскаго бассейна, Кизылъ-Кумы и пр. Здѣсь грунтовыя воды скопляются на незначительной глубинѣ и, большею частью, прѣсны, если только не циркулируютъ на невыщелоченныхъ еще солончакахъ.

Въ горныхъ областяхъ Россіи, за исключеніемъ долинъ, собственно не встрѣчается грунтовыхъ водъ въ полномъ смыслѣ этого слова. Подземныя воды имѣютъ здѣсь характеръ жильный и въ своемъ залеганіи и режимѣ подчиняются всецѣло тектоническимъ и инымъ геологическимъ условіямъ. Подземныя воды горныхъ долинъ, благодаря обильному количеству осадковъ и стоку со склоновъ, обыкновенно очень неглубоки и обильны.

Въ Азіатской Россіи, насколько позволяютъ судить скудные литературные источники, грунтовыя воды распредѣляются въ томъ-же закономѣрномъ порядкѣ, что и въ Европейской.

П. Отоцкій.

Указатель мѣстностей.

Ааръ, долина 142
Аахенъ, сѣрн. источники 394
Аахенъ-Буртшейдъ, происх. термовъ 347
Аахъ, источникъ, связь съ Дунаемъ 168
Абасъ-Тумакъ, минер источники 505
Авейронъ, темпер. источника 132
Австралія, искусств. орошеніе 4
—, водный законъ 493
—, охрана водъ 511
Австрія, залежи соли 384
—, водный законъ 490
Аграмъ, землетрясеніе 366
Азовское море, гр. воды побережья 520
Александербадъ, желѣзный источникъ 395
Александрійскій уѣздъ, составъ гр. водъ 519
Аллеръ, загрязненіе 434
Альбъ, водоносн. базальта 332
Альпы, хруст. погреба 53
—, мертвыя *долины* 135
—, вліяніе на Рейнъ 146
—, движеніе гр водъ 150
—, сбросовые источники 335
Альтмаркъ, древняя долина 21
—, артез. воды 294
Альтрейхенау, щелочно-зем. источники 392
Альфордъ, содержаніе азота 61
Амазонка, стокъ 92
Аммендорфъ, вліяніе минировки 475
Амстердамъ, гр. воды въ дюнахъ 155
Англія, просачиваніе осадковъ 360
Анзенъ (Torrent d'Anzin) 210
Аполлинарисъ, щел источники 393
Аракли, вліяніе замлетрясеній 367
Арало-Каспійская обл., гр. воды 520
Арбрэтъ, содерж. азота 61
Аритштадтъ, соленые *источники* 393
Артернъ, соленые источники 393
Артуа, артезіанскіе источники 254
Ассамъ, осадки 89
Астенбергъ, 100

Баварія, Альпы, темпер. источниковъ 132
—, Швабское плоскогоріе 202
—, водный законъ 484, 494
Баденвейлеръ, акратотермы 392
Баденъ-Баденъ, источники 315, 348
Баденъ, 143, 348, 360, 394
—, водный законъ 480
Базель, Рейнъ 95, 145, 146
Байкальское озеро, вліяніе землетрясеній 365
Балдонъ, минер. источники 505
Балканскій полуостровъ, карстовая область 241
Балтійская область, ледников. гряды 24
—, туфъ 403
Балтійское море, дюны 29, 154
Балхашъ, гр. воды 520
Баньско у Струмицы, землетрясенія 367
Баталинскіе минер. источники 506
Бекечъ, происх. сѣрн. источниковъ 367
Бельгардъ, Рона 166
Бельгія, ледник. образованія 20
Бельцигъ, профиль гр. водъ 153
Берлинъ, положеніе 1, 3
—, подз. дорога 3
—, профиль грунта 25, 26
—, Штансдорфъ, 125

Берлинъ, Плетценскій шлюзъ 149
—, связь съ рѣкою 174
—, уровень гр. водъ 182
—, грунтов. воды и осадки 191
—, недост. насыщенія 192
—, гидрол. условія 196
—, годовые періоды 197, 198
—, профиль источниковъ 205
—, Груневальдское озеро 220
—, водоупорное ложе 383
Бернбургъ, трещиноватость 45, 309
—, соляные источники 394
—, осоленіе воды 384
Бетрихъ, древній каптажъ 450
—, щелочной источникъ 394
Бибра, акратопегъ 393
Бигъ-Горнъ, исчезновеніе рѣки 167
—, область артез. питанія 281
Бирмингэмъ, азотъ въ водѣ 61
Бирресборнъ, щелочной источникъ 394
Биттесвеллъ, азотъ въ водѣ 61
Блэкъ-Гиллсъ, исчезаніе рѣки 167
—, область артез. питанія 281
Блаубёренъ, „горшокъ“ 317
Блаутопфъ, „горшокъ“ 317
Богемія, линіи излома 347
Богемскій лѣсъ, валунное море 17
Боденлорфъ, акратотермъ 392
Боденское озеро 20
Бокка ди Фалько, сброс. источникъ 336
Болль въ Баденѣ, горькій источникъ 394
Боржомъ, минер. источники 505
Боркумъ, недостатокъ насыщенія 192
Бохумъ, артез. источникъ 263
Бранденбургъ, древняя долина 24
Брауншвейгъ 153
Бременъ, уровень гр. водъ 184
—, движеніе гр. водъ 200
—, годовыя колеб. гр. водъ и осадковъ 201
Бреславль-Бременъ, древняя долина 21
Бреславль, марганецъ въ водѣ 387
—, средній недост. насыщенія 192
Бретань, лессъ 15, 17, 30
—, береговые валы 17
Бріаръ, стокъ Луары 95
Броккенъ, валунное море 16
Броллеръ, перемеж источники 342
Броталь, углекислота 355
Брукенау, кислый источникъ 392
Брунараунъ, лавовый источникъ 30
Брунараунъ, карта 305
Брюннъ движеніе гр. водъ 199
Бублицъ, восход. источникъ 343
Будапештъ 432
—, землетрясеніе 367
Булахъ, водоснабженіе 362
Бурганбрессъ (Bourg-en-Bresse), содержаніе извести 173
Бусскъ, минер. источники 505
Бэдъ-Лэндсъ (Bad Lands) третичн глина 282

Вальдарса (Val d'Arsa), перемеж. источникъ 342
Ваннеталь, подз воды 237
Ванцлебенъ Малъ, 460
Вармбадъ, акратотермъ 392
Вармбруннъ, акратотермъ 392
Варта, дюны 28
Варшаво-Берлинская долина, 24
Варшавская губ., мин. источники 505
Ватна Іокуль, ледн. образованія 300
Вегги, долина 359
Везеръ, колеб. уровня
Венгрія, карст. область 57, 237
—, залежи соли 384
—, водн. законъ 491
Венеція, арт. вода 296, 297
Верона, оледен. Альпъ 21
Верхне-Рейнская котловина, геол. строеніе 145, 202
Верхній Зельтерсъ, щелочнокислый источникъ 393
Верхняя Баварія, ледв. образованія 21
—, воронки пониженія 215
—, источники 299
Верхняя Силезія, залежи соли 384
Вестернальдъ, углекисл. 355, 389
Вестфалія, ложе 383
Веттеро, трещины 355
Вехтъ, сугливокь 160
Видницъ, 896
Визенбадъ, акратотермы 392
Визенбургъ, глуб. скважива 151
—, ручей 165
Виллале, 166
Вильдбадъ, восх. источникъ 384
—, акратотермъ 392
Вильде Гера, исчезновеніе 169
Вильдунгенъ, кисл. источникъ 393

Вильдштейнъ, акратотермъ 392
Виндзоръ, азотъ въ водѣ 61
Виндсгеймъ, горьк. источникъ 394
Виніе, вліяніе землетрясенія 367
Висбаденъ, 359, 387, 394
Висла, стокъ 92
Висконсинъ, геол. строеніе 289
Виттенбергъ, древн. долины 24
Вогезы, осадки 89
—, темп. источниковъ 131
—, Рейнская долина 145
—, сбросов. источники 335
—, шпрудели 343
—, источники 444
Воклюзъ, источники 319—322
Волга, стокъ 92
Волькерсдорфъ, сброс источникъ 345
Вольмирштедтъ, артез. вода 271, 294
Вост. Пруссія, кон. морены 24
—, артез. воды 265
Вресвикъ, польдеры 158
Вріоштика, источники 250
Врлика, туфъ 252
Вурценъ, подз. воды 138
Вѣна, водоснабженіе 1, 330
—, источники 172
—, связь съ каналомъ 185
—, год. наблюденія 186
—, терм. линіи 347, 367
Вюрмъ, пресачиваніе 165
Вюртембергъ, водн. законъ 481, 495
Вюрцбургъ, осадки 89

Гаарлемъ, дюны 159
Гага, дювы 155
Гагельбергъ, глуб буреніе 151, 153
Галиція, залежи солей 384
Галль, солеи. источникъ 394
Гамбургъ, недост. насыщенія 192
Гангъ, стокъ 92
Гаронна, дюны 29
Гарцъ, осадки 89
Гарцбургъ, солен источникъ 394
Гастингсъ, мѣлов. горы 280
Гейдельбергъ, воды въ пестр. песчаникѣ 396
Гейзеръ Улей 351
Гейсчаръ, кисл. источники 393
Гекла, лавов источники 304
Гентинъ, грунт. воды 116
Гёппингенъ, кисл. источникъ 392
Герне, артез. колодцы 269
Герольштейнъ, щелочв. источникъ 393
Герфинъ, восход. источникъ 343
Гилльмортонъ, азотъ въ водѣ 61
Гисгюбель, желѣзн. источники 395
Гиссенъ, осадки 89
Глогау-Барутская, древняя долина 24
—, грунт. воды у Гентина 116
—, артез. воды 296
Гогензальца, цехшт. соли 382
Годавери, осадки 92
Голландія, ледник. образованія 19
—, дюны, 28
Гольдапъ, гравій 208
Гомбургъ, углек. источники 355
Гоммернъ, водоуп ложе 383
Горце, сбросов. источникъ 337
Гёссель, долина у Лейпцига 137
Граубюнденъ, стокъ Рейна 95
—, перемежающійся источникъ 342
Грацъ, гр. воды 119
—, электропров. воды 432
Гродненская губ., минер. источники 505
Грейцъ, вода въ кварцитѣ 236
Гренель, темпер. артез. воды 271
—, артез. колодцы 276, 280
Гримма, гр. воды 138
Груневальдъ, колебаніе озера 220
Гудронъ, углекисл источникъ 355
Гювенъ. вліяніе замлетрясеній 367
Гютергоцъ, профиль канала 153

Дакота, поднятіе артез. водъ 268
—, геологическое строеніе 282
—, флексуры 281
—, артез. колодцы 283
—, пруды 288
Даунъ, щелочн. источники 393
Дейзенгофъ, кривыя гр. водъ 215
Делленбергъ, источники 362
Дельфтъ, гр. воды въ дюнахъ 155
Джемсъ, рѣка, артез. область 286
Диль, азотъ въ водѣ 61
Димбовица, вліяніе землетрясеній 364
Дитценбахъ, кисл. источники 392
Днѣпръ, стокъ 92
—, гр. воды 520
Днѣстръ, стокъ 92
Донская обл., гр. воды 520
Донаувёртъ, осадки 89
Дрёмлингъ, 294

Дриновцы, Бѣлополье 252
Дромъ, 116
Друскеники, минер. источники 505
Дубнинъ, вліяніе землетрясеній 364
Дубсъ, связь рѣки съ источникомъ 472
Дунай, стокъ 92
—, исчезаніе рѣки 168, 470
—, грунтов. воды на водораздѣлѣ 173
—, вліяніе землетрясеній 363
—, бассейнъ 21
—, осадки 89
—, каналъ и гр. воды 185, 187
Дьюи, источники 445
Дюбенъ, артез. вода 296
Дюранса, подземвое теченіе 322
Дюргеймъ, азотъ въ водѣ 61
Дэрлингтонъ, азотъ въ водѣ 61

Екатеринославская губ., гр. воды 516, 520
Ера, 167
Ессентуки, минер. источники 505

Желѣзноводскъ, минер. источники 505
Жекупскіе минер. источники 505
Женевское озеро 20

Заала, осадки 89
—, стокъ 92
—, осоленіе гр. водъ 383
Забайкальская обл., минер. источники 505
Зальцбруннъ, щел. источникъ 393
Зальцбургъ, набл. надъ гр. водами 199
Зальцшлирфъ, солен. источникъ 394
Зап. Гарцъ, кульмск. отложенія 35
Зап. Пруссія, конечн. морены 24
—, осадки 89
—, ассиметрія долинъ 446
Зауерландъ, верш. источники 100
Зеештейнъ, источникъ 330
Зельтерсъ, кисл. источникъ 393
Зешевицъ, ложе 383
Зенфтенбергъ, воронки пониженія 161, 216
Зибенбруннепъ 318
Зибенгебирге 41
Зигквелле 100
Зпицигъ, кисл. источникъ 392
Зульца, солен. источникъ 394
Зюдерзе, польдеры 159

Идцугъ, источникъ 342
Изаръ, вліяніе на гр. воды 174
Иллинойсъ, геолог. строеніе 289
—, буренія на воду 290
Иль, вліяніе на гр. воды 180
—, пегельн. наблюденія 180
—, колебанія рѣки 179
—, въ Рейнской долинѣ 145
Индія, искусств. орошевіе 4
—, землетрясенія 366
Индъ, стокъ, 92
Инвернессъ, азотъ въ водѣ 61
Инсбрукъ, движ. грунт. водъ 199
Правадди, стокъ 92
Иркутская губ., минер. источники 506
Исхія, вліяніе землетрясеній 363
Исландія, лавовыя пещеры 55
—, источники 360
—, лавовые источники 304
—, гейзеры 349
—, кремн. осадки 389
Испанія, карст. область 237
—, трет. соли 384
Италія, карстовая область 237
—, третичн. соли 384
Итонъ, исчезн. рѣки 166

Іеллоустонскій паркъ, гейзеры 349, 355
Іена, пласт. источникъ 315
Іова, дакотскій песчаникъ 284
Іоганнисбергъ, 355

Кавказъ, осадки 89
Казампччіола, горяч источники 363
Кайзерштуль, темп. водъ 132
Кайнценбадъ, акратопегъ 392
Калабрія, вліяніе землетрясеній 364
Калау, восх. источникъ 343
Калифорнія, охрава водъ 510
Калмыцкая степь, гр. воды 520
Каналъ Имп. Вильгельма, хрящъ 208
Канзасъ, гейзеръ 388
—, движ. подз. водъ 464
Кантарелле, источн. бл. Поццуолн 364
Капри, синій гротъ 56
Карлсбадъ, устойчив. дебитъ 368
—, шпрудель 403
—, горохов. камень 403
Каспійское море, осадки 89
Кассель, недост насыщенія 192
Кашинъ, минер. источники 506

Квинслэндъ, охрава водъ 511
Кёзенъ, солен. источникъ 391
Келлервальдъ, сброс. источникъ 345
Кёльнъ, гр. воды 147
Кеммернъ, минер. источникъ 505
Кендаль, азотъ въ водѣ 61
Кизылъ-Кумы, гр. воды 520
Киль, недост. насыщенія 192
Кисловодскъ, минер. источники 505
Киссингенъ, шпрудель 358
—, ложе источн. 383
—, солен. источникъ 394
Кистна, стокъ 92
Китай, лессъ 15
Кобленцъ, осадки 89
Кобургъ, осадки 89
Кольбергъ, ложе 384
Кольбицкій лѣсъ, 294
Комель, источники въ Техасѣ 293
—, артез. источники 347
Коморнъ, землетрясеніе 367
Конго, стокъ 92
Коринфскій заливъ, вліяніе землетряс. 364
Конта, равнина 325
Крейцбургъ, солен. источники 378
Крейцнахъ, ложе 383
—, солен. источники 394
Кресна, вліяніе землетряс. 368
Крозо, источники 321
Крумме Ланке, движ. уровня 220
Крымъ, береговые валы 17
—, гр. воды 520
Куба, карстовая область 57
Кубанская обл., минер. источники 506
Кудара, вліяніе землетрясеній 364
Кудова, желѣзн. источникъ 395
Курляндская губ., минер. источн. 505
Кѣлецкая губ., минер. источники 505
Кэмбриджъ, азотъ въ водѣ 61
Кюстнахтъ, гр. воды въ долинѣ 141
Кюстринъ, уровень Одера 148

Ладу (La Doux), источникъ 316
Лайбахъ, сейсмометръ 369
Ланды, дюны 29
Ланконфъ, источникъ 100
Лаузицъ, древняя долина 21, 25, 26, 43, 206—117
—, угольный флецъ 307
Лауфенбургъ на Рейнѣ, источникъ 363
Лауффенбургъ, гр. воды 140
Лаухштедтъ, акратопегъ 392
Лафосъ (La Foce), сбросов. источникъ 336
Лейкъ, пласт. источникъ 318
Лейпцигъ Малый, водонапорн. карта 267
Лейпцигъ, гр. воды 138
Леннеквелле, 100
Леоберсдорфъ, вулкан. источникъ 367
Летцингерскій лѣсъ, арт. бассейнъ 294
Либенштейнъ. паденіе водъ 169
—, желѣзн. источникъ 395
Лилль, вліяніе приливовъ 264
Лилье, артез. колодцы 254
Лиммать, долина 141
—, движ. гр. водъ 464
Липецкъ, минер. источники 505
Липпшпринге, этимол. значеніе 1
—, горькій источникъ 394
Лифляндская губ., минер. источники 505
Ліонъ, оледенѣніе Альпъ, 231
Лобенштейнъ, желѣзв. источникъ 395
Ломбардія, ледник. потоки 21
—, фонтанили 297
Лондонъ, водоснабженіе 1
—, азотъ въ водѣ 61
—, геолог. строеніе 280
Лонзингерская долина, перемеж. источникъ 342
Луара, стокъ 92, 95
—, связь съ гр. водами 174
Луизіана, арт. воды 266
Люблинская губ., мивер. источники 506
Люнебургъ, верещатники 21
Любускій источникъ 252

Магдалена, стокъ 92
Магдебургъ, темпер. воды 132, 151
—, водоснабженіе 276, 464
—, линія источниковъ 437
Мазурскія озера 208
Майнцъ, 145
Майнъ, дюны 28
—, колебанія водъ у Франкфурта 185
— бассейнъ, осадки 89
—, сакс. кодексъ 477
Македонія, термы 367
Мальборо, азотъ въ водѣ 61
Мальмеди, кисл. источникъ 393

Одеръ, осадки 89
—, стокъ 92
—, уровель у Кюстрина 148
Ойенгаузенъ, мѣловое ложе 383
—, солен. источникъ 394
Океръ, предѣлъ загрязненія 434
Олифантъ, стокъ 92
Оранжевая, стокъ 92
Оре, артез. потокъ 271, 294
Оренбурская губ., гр воды 520
Ориноко, стокъ 92
Оттава, арт. колодцы 291

Падерборнъ, этимол. значеніе 1
—, мѣловое плато 235
—, плотинные источники 329
—, Падерскій источникъ 99, 329
Парижъ, водоснабженіе 1
—, гр. воды 172
—, артез. скважины 276
—, геологич. строеніе 279
—, электропров. воды 432
—, источники Дьюи 445
Парта, долива у Лейпцига 138
Пасси, артез. колодцы 277, 280
Пейхо, стокъ 92
Перекопскій уѣздъ, гр. воды 520
Перлахъ, водоносн. 171
Пештъ, гр. воды 173
Пилатъ, перемеж. источникъ 342
Пиперъ-Гарровъ, азотъ въ водѣ 61
Пирмонтъ желѣзн. источникъ 394
Піанура ди Розарно, вліяніе землетрясеній 367
Плауэ, исчезн. рѣки 168
Плейсса, долива у Лейпцига 138
Плётценское озеро, каналъ, шлюзы и гр. воды 149, 165
По, стокъ 92
—, уровень у Феррары 148
Подкмокъ, минер. источники 505
Познань, кон. морены 24
—, арт. вода 295
—, осадки 89
—, недост. васыщевія 192
—, древн. долива 24
Полла Кадимаре, сброс. источникъ 336
Полцинъ, желѣзн. источникъ 395
Полярная область, теплые источн. 122
Померанія, конечв. морены 24
—, восход источники 343
Померанія, ассиметр. долины 446
Попово, полье 247
Поццуоли, пост. уровня 163
Пресбургъ, источники 178
Пречъ, область арт. питанія 296
Пруссія, архивъ буреній 457
—, водный законъ 479, 497
Псковская губ., минер источники 505
Пурмалленъ, артез вода 264
Пфефферъ, трещ. источники 348
Пшибрамъ, предѣлъ просачиванія 108
Пюи де Комъ, лавов. источникъ 304
Пятигорскъ, минер. источники 505

Радюэ, долинныя террасы 445
Ранъ Каггъ (Ran of Kachh), вліяніе землетрясеній 365
Ребургъ, кисл. источникъ 393
Ремэ, темпер. источниковъ 266
Рейнъ, стокъ 92
—, долина 89, 141, 143, 147, 160, 443
—, теченіе въ верховьяхъ 145
—, рѣчв. суглинокъ 160
—, колебанія 178
—, вліяніе гр. водъ 179
—, пегель 179
—, сланцевыя породы у Наугейма 355
—, цехштейнъ 382
Рейхенгалль, солен. источникъ 394
Ремшейдъ, ущелье 99
Римъ, водоснабженіе 1
Риннольдзау, желѣзн. источникъ 395
Рio Граиде, стокъ 92
Рio де Лаплата, стокъ 92
Рольмансбрунненъ, 264
Рона, стокъ 92
—, теченіе 166
Роннебургъ, сод. іода 389
Ротенбургъ, сѣрн. источникъ 395
Россія, ледн. образованія 19
—, древнія долины 24
—, лессъ 30
—, осадки 89
—, водное заководат. 485, 505
Рудныя горы, сбросы 347
Руландъ, водонапорная карта 266

Саганскъ, землетрясеніе 365
Сайновакъ, понора 250
Саки, грязи 506
Саксонія, древв. долина 21

Малый Ванцлебенъ, 460
Малый Лейпишъ, 267
Малый Швальгъ, грав. прослой 208
Мамонтовый источникъ, 404, 406
Мангеймъ, осадки 89
Маріупольскій уѣздъ, гр. воды 519
Марсель, артез. колодцы 291
Мейзельвицъ, піезом. уровень 222
Мейсснеръ, 399
—, источнпки 314
—, перел. источники 329
—, плот источникъ 333
—, сбросов. источникъ 338
—, анализы 339—340
Мекленбургъ, конечная морена 24
Мексика, лав. пустоты 54
Мемель, арт. колодцы 264
Мергентгеймъ, горьк. источникъ 394
Мецъ, стокъ Мозеля 95
—, сброс. источникъ 337
Миланъ, оледенѣніе Альпъ 23
Миссиссипи, стокъ 92
—, вліяніе землетрясеній 365
Миссури, арт воды 284
Миттельмаркъ, кон морены 24
Мишигэнъ, артез. воды 291
Младебахъ, 252
Мозель, стокъ 95
Молочная, гр. воды 520
Мёльпь, акратопегъ 392
Монванту (Mont Ventoux), неокомская обл. 323
Монмутъ, артез. давлевіе 291
Мопсенисъ, вода въ тунвелѣ 3, 107
Монтана, флексура 284
—, гейзеры 350
Монтекукчіо, сброс. источникъ 336
Монтенуово, происхожденіе 363
Москва, анализъ гр. водъ 517
Мульда, древн. долина 138
Муръ, электропроводность 432
Мускау, желѣзв. источникъ 395
Мытыщи, сост. гр. водъ 517
Мюльборнъ, 330
Мюнстеръ, анализы источниковъ 379
Мюнхенъ, авализъ снѣга 60
— плоскогорье, исчезн. ручья 170
—, средній уровень гр. воды 172, 174, 193
—, вліяніе Изара 175
—, колебанія гр. водъ 176—194
—, гр. воды у Дейзенгофена 215
Наарденъ, польдеры 158
Найзумъ-Чуйя, гейзеръ 351
Наленчовъ, мивер. источники 506
Намеди, углек. источникъ 355
—, щелочн источвикъ 393
Нареита, долинн. источникъ 250
Наугеймъ, шпрудель 355
—, ложе 383
—, солен. источникъ 394
—, буреніе 460
Наугофъ, водопр. сооруженіе 468
Неаполь, сольфатара 355
Небраска, уровень поднятія воды 268
—, геол. условія 281—283
Негорче, термы и землетряс. 367
Нейгаузенъ, 143
Нейенаръ, щелочн. источникъ 393
Неймаркъ, 24
Нендорфъ, сѣрн. источвикъ 395
Нетце, дюпы 28
Нидерлаузицъ, поднятіе гр. водъ 101
—, гидрост. давленіе 222
Нидермендтъ, иск. ледяныя пещеры 102
Нижній Бибергъ, дебитъ 171
Нижній Гаппингъ, дебитъ 171
Нижній Зельтерсъ, щелочный источникъ 393
Нижній Рейнъ, стокъ 95
Нижняя Австрія, землетрясеніе 367
Нилъ, стокъ 92
Ніобрара, артез. бассейнъ 286
Новара, фонтанили 298
Новая Зеландія, гейзеры 349
Новгородская губ., мивер. источники 505
Новый Мардридъ, вліяніе землетрясеній 364
Новый Южный Уэльсъ, охрана водъ 511
Нордерней, профиль скважины, дюны 155
Нуарегъ, подз. стокъ 167
Ньюантъ, азотъ въ водѣ 61
Ньюаркъ, азотъ въ водѣ 61
Нью-Броунфельсъ, артез. колодцы 293, 347
Нѣманъ, стокъ 92

Оберлаузицъ, дюны 29
Оденвальдъ, валунное море 15
Одеръ, древн. долива 24

Саксонія, трещиноватость 47
—, водный законъ 483, 495
Салоники, землетрясеніе 367
Самарская губ., минер. источники 505
—, гр. воды 520
Сандвичевы острова, лавов. источники 55
Санъ-Антоніо, арт. колодцы 279, 292, 347
Санъ-Маркосъ, арт. источники 292, 347
Санъ-Франциско, стокъ 92
Севенны, осадки 89
Селенга, гр. воды въ дельтѣ 364
Сена, стокъ 92
Сергіевскіе источники 505
Серетъ, гр. воды въ долинѣ 364
Сивашъ, гр. воды 520
Силезія, древн. долина 21
Симитли, происх. термовъ 367
Симплонъ, тонн. воды 3, 107, 133, 234
Синій Гротъ 56
Систеронъ, геол. строеніе 323
Сицилія, сброс. источники 337
Сіу-Фалсъ, арт. бассейнъ 384
Скавдинавія, береговые валы 17
Склафани, сброс. источникъ 238
Славянскъ, минер. источники 506
Слано, прѣсн. морск. источникъ 247
Соденъ, солен. источникъ 394
Соедин. Штаты Америки, орошеніе 4
—, водн. законъ 492
– , охрана водъ 508
Сольфатара, углекислота 355
Сооденъ, солен. источникъ 394
Соргъ, воклюзъ 321
Спеція, сброс. источники 336
Спрагола, сброс. источникъ 336
Ставропольская губ., минер. источники 505
Стакелицъ, безсточность 151
Старая Русса, минер источники 505
Страсбургъ, связь гр. водъ съ рѣкою
—, сейсмометръ 369
Столыпинскіе источники 505
Строккуръ, гейзеръ 350
Струма, гор. источники 368
С.-Канціанъ, карст. явленія 242, 243
С.-Лоренцъ, стокъ 92
С.-Сюльписъ, источникъ 338, 359
Суршпрингъ, сѣрнок. источникъ 385
Сутинско, вліяніе землетрясеній 366
Суффолкъ, уровни гр. водъ 229
Сѣв. Америка, карстовая область 57
—, гейзеры 349
Сѣв. Вогезы, перелив. источники 327
Сѣв. Германія, ледник. образованія 19, 446
—, древнія долины 20—24
—, дюны 28
—, напластованія 202
—, содерж. желѣза 402
—, гр. воды 446
Сѣв. Голландія, торфяники 160
Сѣверное море, каналъ 4
—, дюны 28, 160
Сэмретонъ, азотъ въ водѣ 61

Таврическая губ., водн. постан. 488, 514
Тамбовская губ., минер. источн. 505
Таунусъ, 355, 383
Тверская губ., минер. источники 505
Тебенъ, оазисъ 254
Тебенъ-Карледорфъ, островъ 178
Тевероне, подз. теченіе 168
Тейсса, гр. воды 173
Телтофъ, каналъ 4, 153
Тёльцъ, акратопегъ 392
Телфсъ, источники 445
Темза, арт. воды 264
Тёплицъ, горяч. источникъ 347
—, вліяніе землетрясенія 368
Терская обл., минер. источники 505
Тёссъ, выклиниваніе 303
Техасъ, артез. колодцы 279, 347
—, геол строеніе 291
Тибетъ, гейзеры 348, 351
Тиволи, подз. течевіе 168
Тифлисская губ., минер. источники 505
Тихальина, источники 251, 252
Токай, сѣрн источникъ 367
Торнъ-Эберсвальде, долина 24
Требежадъ, карстовая рѣка 252
Тсемъ, азотъ въ водѣ 61
Тулуфанъ, долина 324
Тумиль, авена 325
Туркестанъ, водн. законъ 490
Туркинскіе источники 505
Туръ, артез. колодцы 263
Тюрингенскій лѣсъ, профиль 34
—, углек. источникъ 355
Тюрингенъ, солеиосность грунта 373
Тэсенъ, линія источниковъ 436

Уайтъ, трет. глина 282
Уза, долина 355
Уитльсей, азотъ въ водѣ 61
Уллабундъ (*Ullah Bund*), вліяніе землетрясеній 366
Уомингъ, флексура 283
—, гейзеры 350
Уошингтонъ, охрана водъ 510
Урахъ, перемеж. источникъ 342
Уругвай, стокъ 92
Усольскіе источники 506
Утрехтъ, польдеры 158
Уэльсъ, берег. террасы 17
Уэрктонъ, азотъ въ водѣ 61

Фашингенъ, щелочной источникъ 393
Феррара, уровень По 148
Финеръ Брухъ, грунт. воды 116, 454
—, геол. значеніе 468
Фихтель, валунное море 16
—, темпер. источниковъ 132
Флегрейскія поля, источники 363
Флемингъ, граница льда 21
—, водоносность 151
—, профиль гр. водъ 152
—, ливія источниковъ 437
Флешлохъ, измѣнчивый дебитъ 359
Флингсбергъ, желѣзн. источникъ 395
Фогельсбергъ, углекислота 389
Фогтландъ, обѣдн. водою 236
Фокероде, плотивн. источникъ 343
—, анализы водъ 401
Форіо, источникъ 363
Форкалькье, авева 325
Франкенъ, цехштейновыя соли 382
Франкенбергъ, сброс. источникъ 345
Франкфуртъ на М., гр. воды 184, 199, 200
Франція, дюны Ландовъ 29
—, лавовые источники 304
—, водный законъ 491, 501
Фрейенвальде, акратопегъ, 392
Фридрихсгалль, горькій источн. 394
Фулхэмъ, вліяніе приливовъ 264
Фюрстенбрунненъ, близъ Іевы 315
Фюрстенфельдъ, тегельскій песч. 208
—, геолог. профиль 209, 210

Харьковъ, водн. правила 487
Харьковская губ., минер. источн. 506
—, гр. воды 520

Хегьялья, вліяніе землетрясеній 367
Хейльброннъ, этимол. значеніе 1
Хемницъ, нагрѣв. источниковъ 367
Херсонская губ., сост. гр. водъ 519
Хиловскіе источники 505
Хоанхо, стокъ 92

Цейтцъ, миниг. скважинъ 475
Цемплинъ, комитатъ землетрсеній 367
Центральная Азія, гейзеры 349
Центральная Франція, лавов. пещеры 55
Цизаръ, подз. воды 116
—,линіи источниковъ 437
Цѣхоцинскъ, минер. источники 505
Цюрихсбергъ, просач осадковъ 360
Цюрихъ, подз. воды 172
—, долина Тессы 302
—, термы 348
—, скорость теченія гр. водъ 464

Чейенъ (Cheyenne), флексуры 283
Черное море, гр. воды побережья 520
Черный Эльстеръ, непров. ложе 149
Чикаго, артез. источники 278, 291
Чокракъ, грязи 506
Чолнокъ, подз. воды 173
Чуховъ, геотерм. условія 129

Шампань, линія источниковъ 1
—, грунтовыя воды 229
Шарлоттенбургъ, изсякнов. источник. 165
Шарлоттенскій источникъ, 392
Шафгаузенъ, Рейнская долина 143
Швабія, водн. кодексъ 778
Швабская Юра, линія источниковъ 1
—, базальтовая плотина 331
—, перемеж. источники 430
—, слоев. источники 359
Швальбенштейнъ, источники 314
Швальгеймъ, кисл. источникъ 393
Швальгъ Мал., 203
Шварцвальдъ, осадки 89
—, Рейнская долина 145
—, источники 313, 363, 443
Шёнебекъ, соль въ ретѣ 383
Шеффильдъ, азотъ въ водѣ 61
Шлангенбадъ, акратотермъ 392
Шлахтепское озеро, уровень 220
Шлезвигъ, конечн морены 24

Указатель авторовъ.

Андреашъ. 250
Аристотель. 77
Арреніусъ, С. 375
Ассманъ. 97
Аттербергъ. 107, 110

Бадонъ-Гюйбенсъ. 156, 161
Бернсъ, А. 365
Бертолинъ. 83
Берцеліусъ. 88
Бино. 63
Бишофъ. 62, 67
Боме 59
Бренгье. 364
Буассъ 132
Бувье. 320, 323, 328
Бунзенъ. 59, 351, 352, 371
Буссенго. 61

Ванъ-Изендикъ. 228
Вельцинъ. 63
Венеръ, Ф. 366
Винтгенсъ. 112, 156, 158, 162
Витрувій, М. 78
Вольни. 88
Вудвордъ. 34

Гаазъ. 71, 209, 339
Галлей. 84
Гамильтонъ. 365
Ганнъ. 88, 178, 191, 192
Гедике. 88, 96, 100
Геймъ, А 131, 132, 141, 168, 303, 318, 349, 359, 362, 363, 446, 464
Гельманъ, 89
Гельмонтъ. 78
Георгій Агрикола. 79
Геппельсредеръ. 60
Германъ. 42
Гернесъ 363, 366, 368
Гернецъ. 369
Гертнеръ. 432
Герцбергъ. 156
Геттнеръ, А. 47
Гинтцъ, Е. 378, 380, 391
Гиршвальдъ, І. 59
Гійерь, 432
Гланжо. 304, 306
Гордонъ. 260
Гофенедеръ, К. 246
Гофманъ. 63
Грундъ, А. 239, 241
Грунеръ. 180
Грэмъ (Graham). 63
Грюнгутъ, Л 391
Гюмбель 124, 132, 171

Даллуа, О 211
Дандримонъ, Р. 231—233
Декартъ. 79
Де-ла-Гиръ. 84
Де-ла-Метри. 84
Делессъ. 173
Денеке. 194
Денкманъ. 345
Джордано. 336, 337
Динеръ. 234, 432
Дитрихъ, М. 397, 398
Добрэ, А 40, 42, 131, 146, 167, 211, 320, 325, 336, 338
Доокингъ. 227
Дрю. 270
Дэрэмъ (Derham). 84
Дюбуа. 159, 160
Дюжарденъ. 263

Жако. 338
Жейтелесъ, Л. 366

Зальбахъ. 171
Зейбертъ. 156
Зентнеръ, Р. 60
Золя. 212
Зюссъ, Э. 172. 173, 174, 367, 369

Интце 99

Іегеръ, Г. 2, 415
Іенчъ. 264

Кайзеръ, А. 148
Карацца, О. 254
Карреръ. 338
Катцеръ, Ф. 236, 240, 251
Кейблингеръ. 367
Кейльгакъ 221, 271
Кенигъ. 88
Кеплеръ. 79
Кестнеръ. 84
Кеферштейнъ, Х. 85
Кинкелинъ, Ф. 184
Кіріелейсъ. 225
Кирхеръ, А. 80
Клаузіусъ. 375
Клэппъ, Ф. 230, 231
Кнауссъ. 424
Кнеттъ. 368
Кольраушъ 433, 434
Кохъ 184
Крузе. 63
Кюнъ. 80

Шлезвигъ, осадки 89
—, цехштейнъ 382
Шмиденбергъ, сѣрн. грязи 385
Шнейдемюль, арт. колодцы 294
Шотландія, осадки 89
Шпре, др. долина 1
Штральзундъ, теченіе гр. водъ 463
Штансдорфъ, гр. воды 116
—, водораздѣлы 152, 153
—, термич. условія 125
—, буренія 457
Штрейтманнскопфъ, источникъ 313
Шунтеръ, электропров. воды 433
—, предѣлъ загрязненія 434

Эггегебирге, мѣловое плато 235
—, граница области питанія 330
Эйахширудель, горькій источникъ 394
Эйленбургъ, гр. воды 138
Эйфель, лессовые столбы 42
Экваторіальная область, горяч источники 123
Эльба, въ древней долинѣ 21, 24
—, вліяніе на гр. воды 132
Эльба, осоленіе гр. водъ 383
Эльберфельдъ, загрязненіе водъ 74
Эльгерсбургъ, профиль 34
Эльзасъ, темпер. источниковъ 131
Эльменъ, источники 394
Эльстерверда, водонапорная карта 266
Эльстеръ, долина у Лейпцига 138
Эмма, движеніе гр. водъ въ долинѣ 464
Эмсъ, щелочной источникъ 393
—, термы 408
—, кренхенъ 452

Южная Германія, осадки 89
Южная Дакота, охрана водъ 510
Южная Франція, карст область 237
Юкатанъ, карстовня область 57
Ютербогъ, бл. Флеминга 151

Яблоника, комад. источники 250
Ямаровскіе источники 506
Янтсекіангъ, стокъ 92

Ѳеодосійскій уѣздъ, гр. воды 520

Осталось незначит. количество экземпляровъ книги:

П. В. Отоцкій.

ГРУНТОВЫЯ ВОДЫ,

ИХЪ ПРОИСХОЖДЕНІЕ, ЖИЗНЬ и РАСПРЕДѢЛЕНІЕ.

Часть вторая.

ГРУНТОВЫЯ ВОДЫ и ЛѢСА,

ПРЕИМУЩЕСТВЕННО НА РАВНИНАХЪ СРЕДНИХЪ ШИРОТЪ.

Стр. 300 + 75, съ многоч. картами, таблицами и рисунками въ текстѣ.

Цѣна 4 рубля, съ перес. 4 р. 60 к.

Готовится къ печати часть **первая:**

РЕЖИМЪ ГРУНТОВЫХЪ ВОДЪ

:: :: (вліяніе осадковъ, температуры почвы и атм. давленія). :: ::

ПОЧВОВѢДѢНІЕ

Международный органъ.

Издается при ближайшемъ участіи

ПОЧВЕННОЙ КОММИССІИ

Императорскаго Вольнаго Экономическаго Общества,

подъ редакціей

П. В. Отоцкаго

Приватъ-доцента Имп С.-Петерб Университета

РЕДАКЦІОННЫЙ КОМИТЕТЪ Проф Г. Андерсонъ (Стокгольмъ) - Проф. Э. Аири (Нанси) - Проф Д Н Анучинъ (Москва). - Проф П Ф Бараковъ (Н.-Алекс) - Акад. И П Бородинъ (СПб) - Д-ръ К Бьёрликке (Аасъ, Норв) - Проф І. Вальтеръ (Галле). - Акад В И. Вернадскій (СПб.). - Проф Ф Вольтманъ (Галле) - Г Н Высоцкій (Кіевъ) - Д-ръ Г Гессельманъ (Стокгольмъ). - Проф Е. Гильгардъ (Бёркли) - Д-ръ Д Гиссинкъ (Вагенингенъ) - Проф К Д. Глинка (Воронежъ) - Проф Р Даидримонъ (Льежъ) - Проф. П А Земятчеискій (СПб) - Проф А. Зупанъ (Бреславль) - Проф Э Зюссъ (Вѣна) - Проф Д О Ивановскій (Варшава) - А А Измаильскій (Симф) - Проф А А Иностранцевъ (СПб) - Акад А П. Карпинскій (СПб). - Проф А В Клоссовскій (СПб) - Проф П. С. Коссовичъ (СПб) - Проф. Ф Ю Левинсонъ-Лессингъ (СПб.) - Проф Г Мургочи (Вухарестъ) - Проф А П Павловъ (Москва). - Проф А Пенкъ (Берлинъ) - Проф. Э Раманнъ (Мюнхенъ) - Проф А Ринделль (Гельсингфорсъ) - Проф. А Н Сабанинъ (Москва) - Проф Ю. Стоклаза (Прага) - Проф. Суцуки (Токіо) - Проф Г И Танфильевъ (Одесса) - Проф. П. Трейцъ (Будапештъ). - Проф М. Уитней (Вашингтонъ). - Проф А. Ф Фортунатовъ (Москва) - Д-ръ Б Фростерусъ (Гельсингфорсъ) - Проф Г Штремме (Берлинъ) - Д-ръ А А Яриловъ (Москва)

„ПОЧВОВѢДѢНІЕ“. Журналъ научный, физико-географическій и агрономическій Посвященъ изученію морфологіи, жизни и распредѣленія почвъ въ широкомъ смыслѣ, т е не только пахотнаго слоя, но вообще поверхностныхъ горизонтовъ земной коры, преимущественно такъ называемой „коры выв ѣтриванія“ Въ программу журнала входятъ слѣд вопросы землевѣдѣнія. Происхожденіе почвъ. — Геодинамическіе процессы — Морфологія п. — Физико-химическія свойства и процессы — Петрографическій и механическій составъ — Геоботаника. — Геозоологія — Почвенная микробіологія — Метеорологія п — Гидрологія — Классификація п — Географія п — Картографія п — Методика изслѣдованій. — Научныя основы таксаціи и мелioраціи п — *Историческое почвовѣдѣніе* — Біографіи — Библіографія и д.

Журналъ издается съ 1899 г при участіи многочисленныхъ научныхъ силъ, русскихъ и иностранныхъ Выходитъ 4 раза въ годъ книгами, въ 8—12 печ листовъ каждая, съ иллюстраціями, картами и т п Съ 1911 г. журналъ преобразованъ въ международный органъ, т е бо́льшая часть статей печатается на двухъ языкахъ — русскомъ и одномъ изъ иностранныхъ (французскомъ, нѣмецкомъ или англійскомъ)

Подписная цѣна **8** руб съ перес и дост въ Россіи; за-границу 20 мар = 25 фр = 20 шилл = 5 долл = 25 кронъ Подписка принимается въ конторѣ журнала — **С.-Петербургъ, Бассейная, 58** — а также черезъ книжные магазины

Годовые комплекты журнала за прежніе года продаются: съ 1899 по 1905 г — по 5 руб., съ 1906 по 1910 г — по 6 руб, съ 1911 г — по 8 р

Весьма обширный библиографич. отдѣлъ. до 1000 рефератовъ, рецензій и заглавій въ каждомъ №

Лангъ. 194
Лассень. 63
Лаубе. 368
Леви. 61
Лепла. 329, 343
Лепсіусъ. 356, 395, 455, 460
Линстовъ, О. 166, 297
Лицнаръ. 201
Лоншанъ. 64
Лоссенъ. 199
Лукрецій Каръ. 77
Лулофсъ. 81
Люгеръ. 104, 225, 316

Майеръ 191, 192, 194
Маріоттъ. 83
Маркъ Витрувій. 78
Мартель. 242, 243, 325
Маршанъ. 60
Мейденбауеръ. 97
Мейнеке. 88
Мекензи. 351
Меркель, О. 45, 64
Мёррей. 91
Мецгеръ. 96
Миллеръ. 63
Монгомери. 351
Мюллеръ. 88

Нимань. 271

Палисси, Б. 81
Паульс, М. 370
Пелиго. 63
Перро. 81, 84
Петтенкоферъ. 60, 173, 187
Питта-Имгофъ. 411
Платонъ. 77
Плейснеръ 429
Прауснитцъ. 432

Рапсъ 429
Рейеръ. 44
Рихертъ, І. 468, 469
Розе. 64

Седило. 84
Сенека. 78
Слихтеръ. 463
Сойка, И. 170, 187, 191
Спитта. 429
Стопневичъ, А. 292

Танъ, К. 371
Тарди. 174
Тиле. 271
Тимъ, А. 116, 180, 463, 464, 468
Тимъ, Г. 138, 469
Торнквистъ. 264

Уайтекеръ. 228
Уле. 92

Файстъ. 424
Фишеръ. 62
Фольгеръ, О. 88
Фоссій. 82
Фрезеніусъ. 63, 358, 371
Фричъ, К. 45
Фуллеръ. 207
Фюреръ, Ф. 59

Цвіичъ. 367
Циммерманъ, Э. 35

Шардтъ. 234, 317—319
Шенкель. 477
Шерреръ, А. 449, 451
Ширмай. 367
Шлезингъ. 63
Шмидтъ, Ю. 365
Шпиндлеръ. 88
Штейеръ. 71
Штилле. 99, 234, 331
Штуръ. 209, 210
Штюбель. 81
Шуардтъ. 133

Эккъ 316
Эрніель. 432
Эстрейхъ. 367

Юнтъ (Hunt). 63

Ѳалесъ Милетскій. 77