

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

В. Г. ОРЛОВ

ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ГИДРОГРАФИИ

Учебное пособие

Ленинградский
Гидрометеорологический ин-т
БИБЛИОТЕКА
Л-д 198196, Малоохтенский г-з., 98

*Одобрено Ученым советом
Ленинградского гидрометеорологического института*

Учебное пособие основано на курсе лекций по основам физической гидрографии, которые читает автор на гидрологическом факультете Ленинградского гидрометеорологического института.

В пособии рассматриваются вопросы водных ресурсов СССР, их специфические особенности, история и методы изучения.

Значительное место уделено закономерностям строения речной сети, взаимосвязи морфометрических характеристик бассейна и водотока. Приводятся классификации рек по различным признакам. Освещаются вопросы влияния аazonальных факторов на режим вод суши и использования водных ресурсов в различных районах СССР и проблемы, связанные с этим.

Учебное пособие предназначено для студентов-гидрологов гидрометеорологических институтов и географических факультетов государственных университетов по разделу «Гидрография СССР» курса «Общая гидрология».

ПРЕДИСЛОВИЕ

Пособие написано в соответствии с утвержденной Министерством Высшего и среднего специального образования СССР программой и учебным планом кафедры гидрологии суши Ленинградского гидрометеорологического института.

Поскольку гидрография, являясь разделом гидрологии суши, рассматривает закономерности географического распространения поверхностных вод, дает описание конкретных водных объектов и устанавливает их взаимосвязь с географическими условиями территории, а также знакомит с режимом и хозяйственным значением объектов какой-либо территории, мы должны рассматривать все водные объекты, расположенные на ней — реки, озера, болота и т. д. Это было бы широким толкованием гидрографии, охватывающим почти всю область гидрологии, что, естественно, вышло бы за рамки программы этого раздела. Такой подход, на наш взгляд, нецелесообразен, поскольку в курсе общей гидрологии предусматривается подобное знакомство с водными объектами, как озера и болота. Поэтому в настоящем пособии основное направление взято на гидрографию рек, на рассмотрение водных ресурсов СССР. Значительное место в пособии уделяется закономерностям строения речной сети, взаимосвязи морфометрических характеристик бассейна и водотока. Рассматриваются классификации рек по различным признакам. Кратко освещены вопросы использования водных ресурсов СССР и проблемы, связанные с их использованием.

При написании пособия автор во многом основывался на учебнике профессора А. А. Соколова «Гидрография СССР» (1964 г.), на учебных пособиях профессора Б. П. Панова «Лекции по гидрографии СССР», ч. 1 (1971 г.) и профессора Н. В. Зарубаева «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» (1976 г.).

Автор благодарит кандидата технических наук К. В. Разумихину (кафедра гидрологии ЛГУ), старшего научного сотрудника, кандидата географических наук А. Б. Заводчикова (отдел водных ресурсов ГГИ) и кандидата географических наук А. М. Догановского (кафедра гидрологии суши ЛГМИ) за просмотр рукописи и высказанные ими замечания, которые были учтены при доработке пособия

ВВЕДЕНИЕ

ПРЕДМЕТ ГИДРОГРАФИИ И ЕЕ ЗАДАЧИ

Гидрография является одним из разделов науки *гидрологии*. А гидрология, как известно, наука, изучающая гидросферу, ее свойства и протекающие в ней процессы и явления во взаимосвязи с атмосферой, литосферой и биосферой.

Слово «гидрография» происходит от двух греческих слов — «гидро» — вода и «графо» — пишу. Дословно — описание вод.

Гидрография связана со многими науками. Особенно тесно — с физической географией. Ведь природные воды являются частью географического ландшафта, и поэтому мы должны рассматривать их как один из его элементов, находящихся в тесном взаимодействии друг с другом.

С этих позиций описание вод включает не только качественную и количественную характеристику водных объектов, но содержит и более общие вопросы, касающиеся закономерностей географического распространения вод на земном шаре, выяснения их типовых свойств и взаимосвязей с другими элементами ландшафта.

Знание физико-географических закономерностей дает возможность судить о гидрологическом режиме водных объектов, а это важно для малоизученных территорий. В гидрографии могут быть использованы такие географические методы анализа и обобщения, как гидрологическое картирование, районирование и аналогия, которые опираются на взаимосвязь гидрологических явлений с географической средой.

Знание гидрографических характеристик водных объектов имеет большое практическое значение для объяснения особенностей их режима, при составлении гидрологических прогнозов, проектировании водохозяйственных и гидротехнических сооружений, кроме того, они широко применяются в гидрологических расчетах.

Главными отраслями народного хозяйства, наиболее тесно связанными с использованием водных ресурсов, являются гидроэнергетика, водный транспорт, промышленное и городское водоснабжение, рыбное хозяйство, орошение и осушение земель.

Таким образом, предмет *гидрографии* можно определить как раздел гидрологии суши, рассматривающий закономерности географического распространения поверхностных вод, дающий описание конкретных водных объектов и устанавливающий взаимо-

связь с географическими условиями территории, а также определяющий их режим и хозяйственное значение.

В свою очередь, гидрография может быть подразделена на два раздела:

1) *физическую гидрографию*, где рассматриваются вопросы морфологии и морфометрии водных объектов и закономерности их распределения по территории и по ландшафтным зонам;

2) *частную гидрографию, или региональную гидрографию*, в которой рассматриваются особенности водных объектов по отдельным районам с учетом гидрографического районирования (по речным бассейнам) и возможности их использования для народного хозяйства.

Глава 1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ СССР

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Советский Союз занимает первое место в мире по ресурсам поверхностных вод. Суммарный объем годового стока рек, который формируется на территории Советского Союза в средний по водности год, составляет около 4386 км^3 , а реки, которые притекают из-за рубежа (Вуокса, Кура, Аракс, Теджен, Мургаб, Пяндж, Или, Селенга и др.) дают еще около 333 км^3 стока.

Таким образом, общий объем стока рек Советского Союза может быть оценен приблизительно в 4719 км^3 .

Если рассмотреть водообеспеченность СССР на единицу площади (удельное водообеспечение), то из-за наличия обширных засушливых и маловодных областей мы имеем удельную водообеспеченность почти в 2 раза ниже, чем в США, и в 5,6 раза ниже, чем в Норвегии (табл. 1).

Таблица 1

Суммарные и удельные водные ресурсы СССР и других стран [5]

Страна	Суммарные водные ресурсы в средний по водности год, км^3	Средние удельные водные ресурсы	
		тыс. $\text{м}^3/\text{год км}^2$	л/с км^2
СССР	4386	196	6,2
Бразилия	3200	380	12,0
США	2850	365	11,5
КНР	2600	260	8,3
Норвегия	366	1134	36,0
Франция	343	441	14,0
Швеция	170	378	12,0

При оценке водных ресурсов для правильного представления о водных запасах необходимо учитывать следующее:

а) неравномерность распределения водных ресурсов по территории;

б) изменчивость их от года к году и внутри года;

в) потребность в воде в связи с бурным ростом народного хозяйства;

г) процесс загрязнения природных вод сточными промышленными водами.

С учётом этих факторов водообеспеченность нашей страны является не столь благоприятной (см. табл. 1).

Главные наши реки, сток которых составляет почти 80% суммарных ресурсов, текут на север и восток — в Северный Ледовитый и Тихий океаны. Бассейны этих рек расположены в районах экономически слабо освоенных, где потребность в воде мала.

Около 20% суммарных водных ресурсов приходится на более «обжитые территории», которые являются основной водопотребляющей частью страны, — южная и западная части Европейской территории СССР, Кавказ, Средняя Азия. В результате неравномерности распределения водных ресурсов в одних районах наблюдается их избыток, в других недостаток.

По степени водообеспеченности территорию СССР можно разделить на следующие зоны (табл. 2) [5].

Таблица 2

Зоны по степени водообеспеченности

Зона водообеспеченности	Удельные водные ресурсы, л/с км ²	Часть территории СССР, относящаяся к зоне, %	Водные ресурсы	
			км ³	Процент от общих ресурсов
Высокой	>6	48	3450	80
Средней	от 6 до 2	25	780	18
Низкой и очень низкой	< 2	27	120	2

1. Зона высокой водообеспеченности занимает около половины территории СССР, на которой наблюдается избыток воды, что приводит к образованию болот и заболоченных земель. Но вместе с тем в этих районах в зимний период даже крупные реки могут промерзать до дна, что вызывает недостаток воды.

2. Зона средней водообеспеченности.

В этой зоне водных ресурсов достаточно для удовлетворения запросов народного хозяйства. Это центральный промышленный район, промышленный Урал.

3. *Зона низкой, или недостаточной водообеспеченности, занимает более четверти территории, водные ресурсы которой составляют около 2% общих ресурсов страны.*

К этой зоне относятся: юг Украины, степной Крым, Донбасс, Ставропольский Край, Заволожье и Нижнее Поволжье, Казахстан, Южные районы Западной Сибири, Туркмения, отчасти Узбекистан, Забайкалье и даже Центральная Якутия.

О том, как распределяются суммарные и удельные водные ресурсы СССР по союзным республикам, можно судить по данным табл. 3.

Приведенные в табл. 3 цифры водных ресурсов рассчитаны по среднему стоку и являются условными.

Таблица 3

Суммарные и удельные водные ресурсы союзных республик *

Республика	Площадь, тыс. км ²	Численность населения в тыс человек на 1.1.73 г.	Общие водные ресурсы, км ³	Удельные водные ресурсы, тыс. м ³ /год	
				на 1 км ² площади	на одного человека
РСФСР	17075,4	132189	4241,9	236	30,3
Украинская ССР	603,7	48237	206,8	82,2	1,02
Белорусская ССР	207,6	9202	59,2	181	4,06
Узбекская ССР	447,4	12896	104,6	27,3	0,92
Казахская ССР	2717,3	13695	113	19,7	3,84
Киргизская ССР	198,5	3145	49,1	245	15,2
Таджикская ССР	143,1	3188	86,5	365	15,9
Туркменская ССР	488,1	2360	68,0	4,17	0,095
Молдавская ССР	33,7	3722	11,41	24,0	0,215
Латвийская ССР	63,7	2430	34,5	261	6,76
Литовская ССР	65,2	3233	25,2	224	4,49
Эстонская ССР	45,1	1405	16,75	264	8,41
Грузинская ССР	69,7	4835	62,4	755	10,8
Армянская ССР	29,8	2667	9,4	242	2,64
Азербайджанская ССР	86,6	5421	30,3	92,4	1,45
СССР	22 274,6	248 625	4719,8	196,6	17,5

* В табл. 3, 7 и 8 приведены последние данные о количестве водных ресурсов в нашей стране, опубликованные в статье коллектива авторов «Методические основы расчета водных ресурсов и водного баланса территории СССР» (Труды ГГИ, вып. 241. Л., 1977).

§ 2. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

В современной науке и практике понятие «ресурсы» принадлежит к очень распространенным. Наиболее широко его трактуют *природоведы*, которые относят к ресурсам все средства существования людей, извлекаемые ими из природы. При такой трактовке к категории *естественных ресурсов относятся все компоненты природной среды*, т. е. растительность и животный мир, почва, воздух, поверхностные и подземные воды, полезные ископаемые. Критерием отнесения их к природным ресурсам служит сам факт возможности их использования для жизни человеческого общества. Следовательно, *естественными ресурсами* являются все компоненты природы, если они вовлекались, вовлекаются или когда-либо будут вовлечены в процесс материального производства.

В экономической географии сложилось иное, более узкое понимание этой категории. Под *естественными ресурсами* подразумеваются те вещества природы, которые используются человеческим обществом в материальном производстве *при данном уровне развития его производительных сил*, т. е. в конкретной исторической обстановке. Возможность отнесения к ресурсам определяется степенью их изученности, технической вооруженностью общества, экономической целесообразностью эксплуатации этих ресурсов.

Такое понимание ресурсов полностью относится и к *водным ресурсам*. В гидрологической литературе к понятию «*водные ресурсы*» относятся все находящиеся в свободном состоянии (химически не связанные) воды нашей планеты, т. е. воды поверхностного и подземного стока, почвенная влага, воды горных и полярных ледников, морские и атмосферные воды, воды искусственных водных объектов.

С другой стороны, С. Л. Вендров под *водными ресурсами* понимает те виды природных вод, которые можно использовать в данное время, управляя их режимом, а также воды, которые будут использоваться в ближайшей перспективе и над управлением которыми идет работа.

Это определение водных ресурсов соответствует их экономическому пониманию, т. е. указывает на уровень развития человеческого общества.

На данном этапе развития производительных сил используют преимущественно пресные воды суши. Воды Мирового океана и ледников следует рассматривать как ресурсы будущего, к изучению и освоению которых только начинают подходить. (По ГОСТу — водные ресурсы — запасы поверхностных и подземных вод какой-либо территории).

Водные ресурсы, в отличие от других естественных ресурсов, имеют специфические черты, знание и учет которых необходимы в хозяйственной деятельности.

Воды в принципе неисчерпаемы, так как они находятся в едином замкнутом природном круговороте. Важное свойство водных

ресурсов, обусловленное этим, — их единство, так как все водные источники составляют часть гидросферы Земли, связанной с другими природными компонентами — атмосферой, литосферой, биосферой.

В результате круговорота общее количество воды на Земле не уменьшается, хотя происходит значительное перераспределение вод в пространстве и во времени.

В табл. 4 приведено распределение воды в гидросфере и интенсивность водообмена [3].

Таблица 4

Периоды возобновления запасов воды на Земле

Виды воды	Объем воды, км ³	Период водообновления
Мировой океан	1 338 000 000	2 500 лет
Подземные воды	23 400 000	1 400 лет
Почвенная влага	16 500	1 год
Полярные ледники и постоянный снежный покров	24 064 100	9 700 лет
Ледники горных районов	40 600	1 600 лет
Подземные льды (зона вечной мерзлоты)	300 000	10 000 лет
Запасы воды в озерах	176 400	17 лет
Виды болот	11 470	5 лет
Воды в руслах рек	2 120	16 дней
Биологические воды	1 120	несколько часов
Атмосферная влага	12 900	8 дней

Как видно из табл. 4, водообмен наиболее активен в реках и в почвенном покрове. Это имеет огромное значение, поскольку современное водное хозяйство преимущественно связано с использованием речного стока и почвенной влаги. Очень медленно идет круговорот вековых запасов вод — подземных, в ледниках и вечных снежниках. В силу медленного возобновления их запасы практически можно рассматривать как неизменные, что особенно необходимо учитывать при их использовании.

Огромная энергия текущей воды используется в гидроэнергетике для получения электроэнергии. Реки и водные объекты используются как транспортные пути — судоходство.

Неравномерность режима водных ресурсов во времени необходимо учитывать при их хозяйственном использовании.

Нельзя забывать, что величина водных ресурсов и их распределение зависят от общих климатических и метеорологических условий и изменяется из года в год. Устойчивость водных ресурсов во времени важна с эксплуатационной точки зрения.

Свойством водных ресурсов является многократность их использования:

- 1) собственно воды — в промышленности, сельском хозяйстве, коммунально-бытовом потреблении;
- 2) носителя энергии — в энергетике;
- 3) составной части акваторий — для судоходства, рыболовства и т. д.

На состояние водных ресурсов оказывают влияние климат, почвогрунты, режим ведения лесного хозяйства, хозяйственная деятельность человека.

§ 3. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОНЕНТОВ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ СССР

В настоящее время основными *водными ресурсами в нашей стране являются пресные воды*, доступные для эксплуатации (поверхностные и подземные). В большинстве районов они представлены водами поверхностного стока при большей или меньшей доле подземных вод, в некоторых районах ведущее место занимают подземные воды. Воды морей и океанов, пресные подземные воды глубоких горизонтов, а также солоноватые и соленые воды, ледники и снежники, используемые в настоящее время лишь в отдельных случаях, остаются ресурсами будущего.

По величине водных ресурсов наша страна занимает одно из первых мест в мире. *Суммарные запасы пресных вод* в СССР составляют около 45000 км³ (без запасов подземных вод). Из этого числа на ежегодно возобновляемые воды (сток всех рек) приходится по различным данным 4650—4710 км³, или свыше 10% общих запасов поверхностных вод страны.

Доля вековых запасов составляет 37 200 км³, в том числе запасы вод в озерах — 2617 км³, а все это дает свыше 60% запасов пресных вод, в ледниках — 11 000 км³ (более 25%), в наледях — 30 км³.

Наибольшее хозяйственное значение имеют ресурсы поверхностных вод, широко вовлеченные во все отрасли человеческой деятельности.

Поверхностные воды. Среди поверхностных вод реки составляют основную используемую часть водных ресурсов страны. На протяжении всей истории человеческого общества реки играют исключительную роль: без них невозможна хозяйственная деятельность, они являются основным источником водоснабжения городов и населенных пунктов, промышленности, энергетики, оросительных и обводнительных систем и т. д.

В нашей стране насчитывается около 3 млн. рек. По результатам инвентаризационного подсчета, выполненного А. П. Доманицким (А. П. Доманицкий, Р. Г. Дубровина, А. И. Исаева. Реки и озера Советского Союза. Справочные данные. Л., 1971), количество и размер рек СССР характеризуется следующим образом:

Категория длин рек, км,	Количество рек	Суммарная длина, км
Самые малые 10	2 812 587	5 644 881
10—25	113 974	1 697 939
Малые 26—100	32 733	1 426 288
Средние 101—500	3 844	669 861
Большие 501	260	228 895
Всего	2 963 398	9 647 864

Около 70% всех рек приходится на Азиатскую часть СССР. Наиболее густая речная сеть и высокая водоносность характерны для горных районов, очень редкая сеть и низкая водоносность — для равнинных засушливых районов Средней Азии, Казахстана и Северного Кавказа.

В последние годы все большую роль в гидрографической сети СССР приобретают искусственные водоемы — *водохранилища*.

Если в 1937 г. зарегулированный сток составлял 70 км³, в 1957 г. — 125, в 1965 г. — 450 км³, то к 1975 г. в стране имелось около 150 действующих крупных водохранилищ (объемом свыше 100 млн. м³), которыми зарегулировано более 800 км³ воды и полезный объем свыше 400 км³, это 7,5% всего годового и 32% устойчивого меженного стока страны.

В озерах (их имеется у нас около 3 млн, из которых более 95% пресных) сосредоточена большая часть запасов пресных вод страны.

Суммарная площадь водного зеркала озер составляет около 500 тыс. км², почти 2% территории страны (табл. 5). Распространены озера по территории страны неравномерно.

Таблица 5

Количество и площадь озер Советского Союза *

Размер водоемов, км ²	Количество озер	Суммарная площадь зеркала, км ²
Менее 1	2 814 727	159 532
1 — 10	36 896	87 075
10 — 100	2 358	55 913
Более 100	185	185 920
Всего	2 854 166	488 440

* А. П. Доманицкий, Р. Г. Дубровина, А. И. Исаева. Реки и озера Советского Союза. Справочные данные. Л., 1971.

С каждым годом все большее водохозяйственное значение приобретают *подземные воды*.

Ежегодно возобновляемые (динамические) запасы подземных вод в нашей стране относительно невелики — около 900 км³. Вековые (статические) запасы огромны, но они еще слабо разведаны.

При использовании подземных вод необходимо следить за их правильной эксплуатацией, так как резкое уменьшение дебита скважин, снижение уровня и другое отрицательно сказываются на водоснабжении всей прилегающей территории.

Необходимо помнить, что подземные воды во многих районах служат источником питания рек и их эксплуатация, естественно, влияет на режим поверхностных вод.



Глава II. ИЗУЧЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ СССР

§ 1. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение вод СССР имеет большую историю, тесно связанную с развитием нашего государства.

Изучая историю гидрографических исследований, мы можем яснее представить себе современные водохозяйственные проблемы, установить приоритет русских ученых в решении ряда задач и наметить пути изучения водных ресурсов для решения различных водохозяйственных проблем современности.

В изучении вод можно выделить два этапа, рубежом между которыми является Великая Октябрьская социалистическая революция.

Гидрографические исследования допетровской Руси

Наиболее ранние сведения о реках и озерах на территории нашей страны относятся к первому тысячелетию до нашей эры, когда уже велись водомерные наблюдения на некоторых реках Средней Азии, воды которых использовались для орошения.

Начиная с XII в. в летописях мы встречаем описание водных путей, наводнений, сроков вскрытия и замерзания рек и другие гидрологические явления.

Гидрографические сведения в этот период использовались для характеристики рек как средства сообщения.

В XVII в. происходило освоение обширных пространств Сибири русскими землепроходцами (Дежнев, Поярков, Хабаров и др.), составлялись карты и проводились исследования рек Амура, Зеи, Анадыря и др.

О том, какое значение имели воды в жизни нашего народа, можно судить по книге, опубликованной в 1773 г. и являющейся началом русской гидрографии — «Древняя Российская гидрография, содержащая описание Московского государства рек, озер, протоков, кладязей и какие по ним города и урочища и на каком оные разстоянии». (или «Книга Большому Чертежу»).

Всего в «Древней Российской гидрографии», или «Книге Большому чертежу», приведены данные по 964 рекам и 62 озерам на территории от «Студеного» до Черного моря и от «Котлина озера» (Финский залив) до Енисея, а в Тобольском ее списке, относящемся к 1673 г., — до «Царства Китайского» и р. Лены.

Обобщением допетровских знаний по гидрографии Сибири является «Чертежная Книга Сибири», составленная С. У. Ремезовым в 1701 г. На картах Ремезова показано значительное число рек, однако направление течения дано приближенно.

Книга эта свидетельствует о том, что уже в те времена существовало правильное представление о строении речной сети в пределах границ Московского Государства.

Исследования от эпохи Петра I до начала развития капитализма

В истории исследований водных объектов России видное место занимает эпоха Петра I, когда началось бурное развитие речного и морского транспорта, промышленности, торговли и науки. Создание национального флота вызвало необходимость улучшения водных путей, постройку соединительных каналов. При Петре I был построен водный путь, ведущий из Волжского бассейна к Петербургу — Вышне-волоцкая система, начаты изыскания для составления проекта соединения рек Оки и Дона. В августе 1700 г. впервые измерен расход воды на Волге у г. Камышина. В 1715 г. был построен первый водомерный пост на Неве у Петропавловской крепости. По указанию Петра I проводились наблюдения над уровнем воды в реках.

Большую работу по изучению вод проводила созданная в 1724 г. Академия Наук, организовавшая многие гидрографические экспедиции.

Наибольшее развитие экспедиционные исследования Академии Наук получили во второй половине XVIII в. в связи с расширением границ русского государства. («Эпоха академических экспедиций» 1768—1774 гг.)

Эти экспедиции доставили богатый материал о реках, озерах, морях (Каспийское море) и подземных водах таких районов, как Поволжье, Южный Урал, Зап. и Вост. Сибирь — (Лепехин, Паллас, Фальк, Рычков).

Много сделал для изучения природных вод М. В. Ломоносов. По его инициативе произведено анкетное «обследование» весенних наводнений, вскрытия и замерзания рек.

Большое значение для гидрографии имело издание в 1745 г. «Атласа Российского», в котором были собраны и обобщены обширные картографические материалы, а также издание «Гидрографического Атласа Российской империи» (1832 г.) и «Гидрографии России» в 6-ти томах (1844—1849 гг.); в последнем были обобщены материалы по гидрографии почти за 150 лет.

Однако еще большее значение имел фундаментальный пяти-томный «Географо-статистический словарь Российской империи», составленный П. П. Семеновым (Тян-Шанским) и изданный географическим обществом в 1863—1866 гг.

Исследования вод суши в период капитализма

Отмена крепостного права и развитие капитализма в России (в 60—70-х гг. XIX в.) вызвали быстрый рост промышленности и торговли, что, в свою очередь, повлекло за собой развитие водного транспорта и исследований, направленных на улучшение условий судоходства на внутренних водных путях. На крупных реках организуется регулярное судоходство и создаются специальные судоходные общества.

Развитие железнодорожной сети требует специальных гидрографических данных для строительства мостов.

Большая работа проделана Навигационно-описной комиссией МПС (1874—1894 гг.). В результате ее деятельности были выполнены съемочно-описные работы почти на всех больших реках России (кроме сев.-вост. части Сибири); положено основание водомерной сети России; созданы первые гидрометрические станции для изучения водоносности больших рек.

Параллельно с изучением больших рек и озер начались исследования для удовлетворения запросов сельского хозяйства, развития мелиорации земель. В этих целях были предприняты такие крупные экспедиции, как западная экспедиция по осушению болот Полесья (1873—1898 гг.), экспедиция И. И. Жилинского на юге России (1880—1891 гг.) и экспедиция А. А. Тилло по исследованию истоков главнейших рек Европейской России (1894—1904 гг.).

Большие исследования производятся Отделами земельных улучшений (ОЗУ) Главного Управления земледелия и землеустройства. ОЗУ производили исследования преимущественно малых рек как источников орошения и водоприемников осушаемых земель. Для этой цели была создана гидрометрическая сеть, которой руководили гидрометрические части.

Для координации работ различных ведомств по изучению водного режима в 1902 г. Российская Академия Наук создает специальную Водомерную комиссию.

В этот период появляется ряд капитальных работ, в которых обобщены данные по гидрографии. Среди них необходимо назвать работу А. И. Воейкова «Климаты земного шара, в особенности России» (1884 г.), где впервые дана классификация рек по источникам питания; М. А. Рыкачева «Вскрытие и замерзание рек Российской империи» (1886 г.); В. М. Лохтина «О механизме речного русла» (1895 г.) и др.

Трудами русских инженеров, ученых, географов в этот период были созданы научные предпосылки для становления гидрологии в качестве особой отрасли знаний. Вместе с тем исследования вод суши до 1917 г. развивались преимущественно в узко ведомственных целях, главным образом в интересах транспорта.

Только после Великой Октябрьской социалистической революции было положено начало широкому и планомерному изучению всех видов водных ресурсов нашей страны.

Гидрографические исследования после Великой Октябрьской социалистической революции

Советский период в изучении и освоении водных ресурсов характеризуется широким народнохозяйственным подходом, сочетанием интересов всех отраслей народного хозяйства, комплексностью в решении задач, связанных с использованием водных ресурсов.

Круг водопотребителей резко возрастает. На первый план выступают требования гидроэнергетики, затем водного транспорта, орошения, водоснабжения и обводнения городов и промышленных предприятий.

В связи с этим возникает необходимость широких исследований режима стока рек.

В 1919 г. создается Российский Гидрологический институт (ныне ГГИ), который является научным и методическим центром в деле изучения поверхностных вод СССР. Институт организует работы по изучению рек, озер, водохранилищ, болот на Урале, в Казахстане, на Кавказе, Дальнем Востоке и в других районах страны.

Большое значение в организации и в проведении планомерных исследований водных ресурсов имел исторический план ГОЭЛРО, разработанный в 1920 г. по инициативе В. И. Ленина. План явился основой комплексного использования водных ресурсов страны для нужд Народного хозяйства. По плану ГОЭЛРО предусматривалось в течение 15 лет построить 30 электростанций общей мощностью 1750 тыс. кВт, в том числе 10 гидроэлектростанций: Волховскую, Свирскую, Днепровскую и др.

Первенец плана ГОЭЛРО — Волховская гидроэлектростанция имени В. И. Ленина была построена в 1926 г.

Созданные в первые годы Советской власти многочисленные проектные и научно-исследовательские организации и учреждения приступили к изучению вод применительно к своим хозяйственным областям (лесосплав, сельское хозяйство, озера, рыбное хозяйство, ледники, болота).

Изучение режима водных объектов СССР не прекращалось и в годы Великой Отечественной войны (1941—1945 гг.). Наряду со стационарными наблюдениями велись работы по рекогносцировочному гидрографическому обследованию рек, озер и болот в прифронтной полосе, осуществлялось обслуживание Советской Армии гидрологическими сводками и прогнозами режима вод.

Гидрографические исследования послевоенного периода были связаны с восстановлением народного хозяйства.

В широких масштабах было начато строительство крупных гидроузлов и водохранилищ на больших реках нашей страны. А это поставило перед гидрологами новые задачи — изучение гидрологических процессов на водохранилищах.

Государственным гидрологическим институтом в 1954 — 1962 гг. были проведены большие экспедиционные исследования районов освоения целинных и залежных земель Казахстана.

В настоящее время ГГИ проводит комплексные изыскания по трассе Байкало-Амурской магистрали.

Советская гидрологическая наука достигла значительных успехов в области исследования рек, озер, болот, ледников.

Получили развитие экспериментальные исследования природных вод, позволяющие лучше познать сущность гидрологических явлений и процессов.

Итогом практической работы по изучению поверхностных вод явились крупные монографии, большое количество справочного материала, а также различные научные разработки в области гидрографии (Б. В. Поляков, А. В. Огиевский, Л. К. Давыдов, П. С. Кузин, С. В. Калесник, В. Д. Зайков, А. А. Соколов, М. И. Львович и другие).

§ 2. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Главным источником информации и накопления данных о гидрологических явлениях и процессах служит *опорная* и специализированная *сеть станций* и постов.

Общее число действующих на территории СССР пунктов наблюдений на реках, озерах и водохранилищах составляет около 35 000

Опорная сеть Гидрометслужбы состоит из 6 243 пунктов (1972 г.), из которых 4 896 систематически ведут учет стока воды, а около 2 000 пунктов оборудованы самописцами уровня (табл. 6).

Таблица 6

Количество пунктов с гидрологическими наблюдениями на территории СССР
(без эксплуатационной сети)

Территория	Год	Общее количество гидрологических пунктов			Количество гидрологических пунктов с учетом стока воды		
		всего	в том числе		всего	в том числе	
			гидромет-службы	других редомств		гидромет-службы	других редомств
СССР	1957	23 860	5 541	18 319	11 299	3 991	7 308
	1972	34 733	6 243	28 490	16 261	4 896	11 365
Европейская территория СССР	1957	15 530	3 339	12 191	5 825	2 389	3 436
	1972	22 300	3 340	18 960	7 994	2 650	5 344
Азиатская территория СССР	1957	8 330	2 202	6 128	5 474	1 602	3 872
	1972	12 433	2 903	9 530	8 267	2 246	6 021

По сравнению с дореволюционным периодом сеть станций и постов возросла примерно в десять раз, однако плотность ее во многих районах совершенно недостаточна.

В некоторой мере этот недостаток восполняется проведением *экспедиционных* работ с одновременной организацией временной сети.

Экспедиционный метод в гидрологии позволяет в сравнительно короткие сроки получить важные сведения о гидрологических особенностях того или иного объекта. Гидрографические описания впервые изучаемых территорий могут быть осуществлены только на основе экспедиционных исследований. Сочетание стационарных и экспедиционных работ позволяет получить наиболее полные сведения о водных ресурсах изучаемого района.

Хотя экспедиционные исследования являются весьма эффективным средством сравнительно быстрого получения гидрологических данных, но они не могут, разумеется, заменить опорную сеть, непрерывные многолетние наблюдения.

Сравнивая уровень развития сети гидрологических станций в СССР с развитием сети станций в других странах, мы видим, что по удельному количеству станций (на единицу площади) СССР относится к странам с весьма редкой сетью станций (табл. 7).

Таблица 7

Сеть гидрологических станций СССР
в сравнении с сетью некоторых зарубежных стран

Страна	Площадь, км ²	Количество станций и постов	Густота сети, км ² на 1 ст.
СССР *	22 270 000	6 243	3 580
Канада	9 900 000	1 116	8 871
США	7 800 000	7 275	1 072
Австрия	84 000	700	120
Англия	244 030	125	1 952
Финляндия	325 000	595	546
КНР	9 900 000	3 189	3 104
Япония	381 000	2 690	142

* Данные относятся к 1972 г.

Для расширения возможностей изучения физических основ закономерностей гидрологических явлений используется *экспериментальный метод*. Сюда можно отнести лабораторное моделирование гидрологических процессов. В частности, на моделях изучают динамику развития русел рек и пойм.

Сочетание всех возможных методов исследования дает возможность наиболее полно изучить особенности водных объектов.

§ 3. ОБОБЩЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПО ВОДНЫМ РЕСУРСАМ СССР И ИХ ПУБЛИКАЦИЯ

Сеть стационарных станций и постов является базой для широких географических обобщений и разработки различных методов расчета и проектирования.

Большое значение в развитии знаний о водах нашей страны имел составленный в 1931—1940 гг. *Водный кадастр СССР*, представляющий собой систематизированный, построенный по единому плану свод сведений о водах Советского Союза. Он охватывает все виды вод: моря, реки, озера, болота, ледники и подземные воды. В нем содержатся систематизированные сведения о водных объектах, водных ресурсах и качестве вод, а также сведения, необходимые заинтересованным организациям, связанным с использованием вод.

Издание Водного кадастра поверхностных вод СССР было в основном завершено в 1940 г. и в него вошли систематизированные данные наблюдений с начала исследований по 1935 г. Главнейшие издания Водного кадастра следующие:

- «Сведения об уровне воды на реках и озерах СССР»,
- «Справочники по водным ресурсам СССР»,
- «Материалы по режиму рек».

Водный кадастр сыграл большую роль в обеспечении гидрологическими данными проектных и плановых работ по использованию водных ресурсов в народном хозяйстве.

Начиная с 1936 г., результаты гидрологических наблюдений на сети публикуются в виде *Гидрологических ежегодников*.

За последние 10—12 лет Государственным комитетом гидрометеорологии и контроля природной среды СССР была проведена большая работа по подготовке и изданию научно-прикладного «Справочника по водным ресурсам СССР».

Важное значение придается государственному учету и планированию использования вод, необходимых для научно обоснованного распределения вод между водопользователями и для осуществления мероприятий по их охране. В связи с этим «Основами водного законодательства Союза ССР и Союзных республик» (статья 42) предусматривается ведение Государственного водного кадастра СССР.

В его создании будут принимать участие Научно-исследовательские институты (ГГИ, ГОИН, ГХИ, ВНИИГМИ), Министерство геологии СССР (ВСЕГИНГЕО) и Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР.

Государственный водный кадастр будет состоять из двух основных разделов и иметь следующую структуру (рис. 1).

СТРУКТУРА ГОСУДАРСТВЕННОГО ВОДНОГО КАДАСТРА СССР

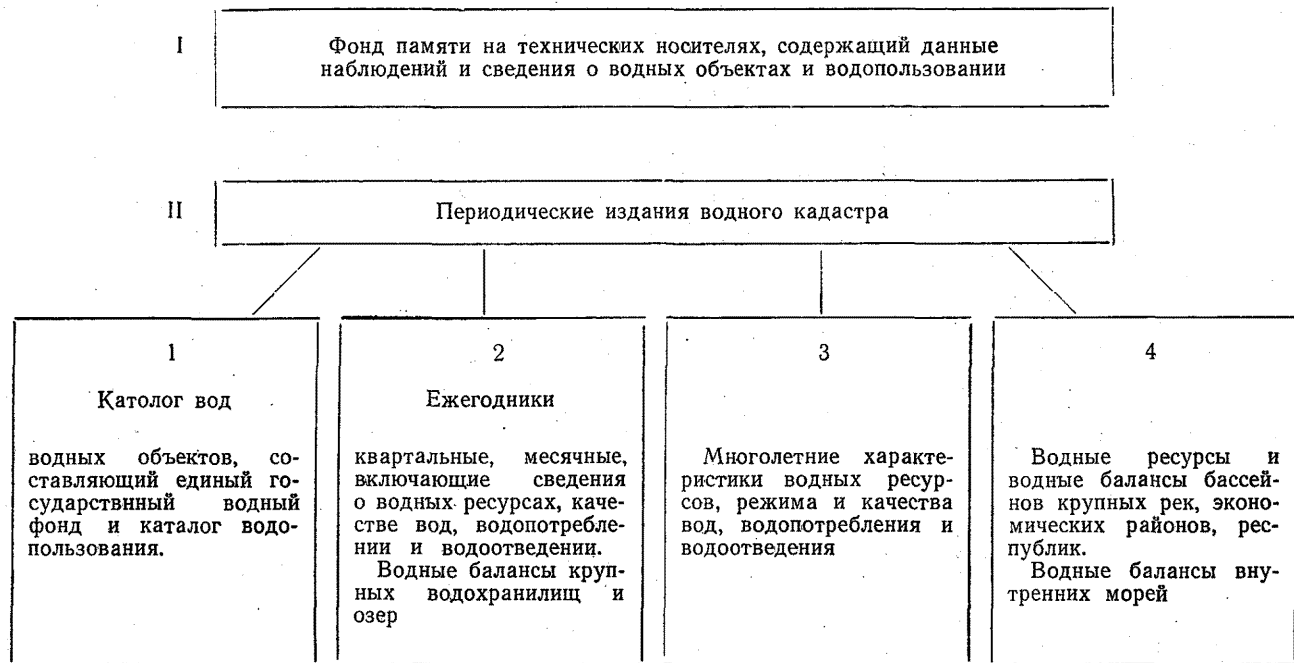


Рис. 1.

Говоря о масштабах в изучении водных ресурсов, нельзя не отметить, что методика производства гидрографических исследований сделала большой скачок вперед. Трудоемкие работы постепенно вытесняются применением аэрофотосъемки, эхолотированием, радиогеодезией и т. д. Аэрометоды проникают в гидрометрию. С помощью аэрометодов ведутся исследования снежного покрова, аэрофотосъемка используется для изучения морфологии озер и водохранилищ, деформаций речных русел, данные со спутников используются для определения гидрографической сети и различных географических объектов.

Параллельно с исследованием водных объектов разрабатываются общие вопросы, создаются теории, углубляется познание физической сущности гидрологических явлений. Гидрография СССР оформляется как особая и обширная область знаний.

§ 4. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ И ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Водные ресурсы нашей страны «распределены» природой очень неравномерно — 80% их приходится на малонаселенные северные и восточные районы, а там, где живет основная часть населения, где размещены индустриальные центры, сток рек составляет всего 20% от общих водных ресурсов страны (табл. 8, 9).

Поэтому появилась необходимость рассмотрения вопросов перераспределения стока рек с учетом нужд народного хозяйства. В наши дни это вполне реальная задача и за годы Советской власти уже осуществлены крупные мероприятия в области водного хозяйства.

Таблица 8

Обеспеченность стоком различных районов СССР

Территория	Распределение в процентах	
	населения	речного стока
СССР в целом	100	100
Сибирь и Дальний Восток	12,5	74
Север и Северо-запад Европейской территории Союза (ЕТС)	5	12
Центр, Урал и Предуралье, Поволжье, Юго-Восток ЕТС, Предкавказье	36,5	7
Украина и Молдавия	21	1,5
Белоруссия и Прибалтика	7	1
Закавказье	5	1
Казахстан и Средняя Азия	13	3

Таблица 9

Водные ресурсы экономических районов СССР и их удельные показатели

Экономический район	Площадь, тыс. км ²	Местный сток, км ³	Приток, км ³	Общие ресурсы, км ³	Водные ресурсы, тыс. м ³ /год			
					на 1 км ² площади		на одного человека	
					местные	общие	местные	общие
Прибалтика и Белоруссия	396,7	83	26,6	110	211,0	278,0	4,88	6,41
Европейский Север	1926,1	601	134	735	312,0	382,0	28,8	35,2
Центральный	652,9	111	27,1	138	170,0	212,0	3,09	3,85
Юго-Запад ЕТС	634	50,2	157,1	207,3	79,2	328,0	0,96	3,98
Северный Кавказ	355,1	43,7	26,7	70,4	123,0	198,0	2,93	4,72
Закавказье	186,1	67,8	12,1	79,9	364,0	429,0	5,16	6,08
Урал	680,4	102	12,9	115	150,0	169,0	6,70	7,54
Поволжье	680,1	68,3	224	292	100,0	429,0	3,62	15,5
Казахстан	2717,3	53,5	59,5	113	19,7	41,7	3,83	8,11
Средняя Азия	1277,1	113	18,1	131	89,7	103,0	5,09	5,94
Западная Сибирь	2427,2	482	72,2	554	199,0	228,0	39,3	45,1
Восточная Сибирь	4122,8	1070	38,5	1109	260,0	269,0	138,9	143,5
Дальний Восток	6215,9	1539	282	1820	248,0	293,0	244,0	289,0

Так, ведутся работы по строительству каналов для переброски больших масс воды в районы, которые испытывают в ней нехватку: каналы Днепр — Кривой Рог, Иртыш — Караганда, Днепр — Донбасс. Уже действуют такие уникальные сооружения, как Каракумский канал.

Для регулирования стока и выработки электроэнергии строятся крупнейшие в мире плотины гидроэлектростанций, создаются водохранилища.

Разрабатываются вопросы перераспределения стока между бассейнами для исправления диспропорции между ресурсами и потреблением. В первую очередь такая необходимость возникает в европейской части страны, где сосредоточена большая часть населения и промышленности, а значительная доля стока направлена в северные моря через малоосвоенные районы. Обоснована необходимость переброски в бассейн Волги части стока северных рек — для начала объемом 20—25 км³ в год.

Эта переброска повысит водообеспеченность Поволжья, позволит пополнить водные ресурсы рек Дона и Урала, улучшит режим Каспийского моря, будет способствовать стабилизации его уровня.

Второй крупный регион, где возникает необходимость межбассейнового пополнения водных ресурсов — Средняя Азия.

Единственный реально доступный источник пополнения Аральского моря — Сибирские реки, которые спасут Арал от медленного умирания и дадут возможность оросить миллионы гектар плодородных земель.

Работы по составлению комплекса проектов ведутся большим коллективом ученых с привлечением целого ряда крупнейших организаций.

Жизнь, вся хозяйственная и культурная деятельность людей тесно связана с использованием природных вод, поэтому мы должны иметь полное и ясное представление о состоянии водных запасов, предвидеть их изменения.

С ростом городов, развитием промышленности, с увеличением расхода воды на производство продуктов сельского хозяйства проблема обеспечения водой с каждым годом усложняется. Однако трудности заключаются не только в обеспечении необходимым количеством воды, но гораздо в большей степени в том, что наблюдается интенсивное загрязнение водных источников сточными промышленными водами и различными отходами. Вот почему вопросы рационального использования и охраны пресных вод не только привлекают пристальное внимание ученых, инженеров, общественных деятелей и организаций но и стали предметом обсуждения правительств всех промышленно развитых стран.

В нашей стране при громадном промышленном и сельскохозяйственном развитии и стремлении к наиболее полному удовлетворению растущих культурно-бытовых запросов населения рациональное использование и охрана водоемов от загрязнения и истощения является важной государственной задачей.

Во всех союзных республиках страны в последние годы приняты законы об охране природы. Так, например, Верховным Советом РСФСР в 1960 г. принят закон «Об охране природы в РСФСР», в котором значительное место отведено вопросам охраны воды. Законом, в частности, запрещается ввод в эксплуатацию предприятий, цехов и агрегатов, сбрасывающих сточные воды без очистки.

Законами об охране природы предусмотрена ответственность за загрязнение водных источников неочищенными необезвреженными сточными водами, отбросами или отходами промышленных и коммунальных предприятий, если такое загрязнение может причинить вред здоровью людей, сельскохозяйственному производству или рыбным запасам. Специальной статьей Уголовного кодекса за такое преступление предусмотрено наказание.

Законодательным актом общесоюзного значения по охране водных ресурсов является постановление Совета Министров СССР в 1960 г. «О мерах по упорядочению использования и усилению охраны водных ресурсов СССР». Этим постановлением предусмотрен целый ряд организационных мероприятий и установлены основные положения и направления работы в области охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения.

В настоящее время в нашей стране проводятся грандиозные и многоплановые работы по обоснованию использования и преобразованию водных ресурсов. Госкомитетом Совета Министров СССР по науке и технике в координационных планах научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для решения проблемы охраны водных ресурсов от загрязнения предусмотрены разработка и внедрение эффективных способов предотвращения загрязнения поверхностных и подземных вод, создание совершенных методов прогнозирования загрязнения и процессов самоочищения поверхностных вод.

В водном хозяйстве СССР широко применяется принцип комплексного использования и охраны водных ресурсов и увязки каждого частного решения с общей, предварительно составленной схемой использования водных объектов.

Подобные схемы составляются для всех наиболее крупных речных бассейнов Советского Союза. С целью обосновать важнейшие водохозяйственные мероприятия, согласовать между собой интересы различных отраслей народного хозяйства составлена «Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР» на период до 1980 г.

В декабре 1970 г. сессия Верховного Совета СССР рассмотрела и утвердила «Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик». Этим законодательным актом наше государство еще раз подтвердило, что природные воды являются общенародным достоянием, а рациональное использование их и охрана от загрязнения — дело большой государственной важности. В законе проводится принцип первоочередного удовлетворения хозяй-

ственно-питьевых потребностей населения. На практике это означает, что никакой вид хозяйственной деятельности на водоеме не должен препятствовать нормальному снабжению населения чистой пресной водой. В этом, безусловно, еще раз проявилась забота партии и правительства об удовлетворении нужд народа.

В «Основах водного законодательства» красной нитью проходит один из центральных вопросов — охрана водных ресурсов. Специальная статья «Основ» обязывает все организации, учреждения и предприятия не допускать загрязнения и засоления поверхности водосборов, ледяного покрова водоемов и поверхности ледников производственными, бытовыми и другими отходами и отбросами.

Управлениям водохозяйственных систем, совхозам, колхозам и другим организациям, учреждениям и предприятиям вменено в обязанность предотвращать загрязнение вод удобрениями и ядохимикатами.

Строгое соблюдение «Основ водного законодательства» создает необходимые условия для правильного использования и охраны водных ресурсов, играющих огромное значение в развитии народного хозяйства и росте благосостояния трудящихся нашей страны. Эти вопросы нашли отражение в документах XXIV и XXV съездов КПСС, решениях Пленумов ЦК КПСС и в постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов», принятом в декабре 1972 г. Особое значение имеют постановления по охране бассейнов Волги и Невы, оз. Байкал, Азовского и Черного морей.



Глава III. РЕЧНАЯ СЕТЬ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕЕ СТРОЕНИЯ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЧНОЙ СЕТИ

Вода, поступающая на поверхность земли в виде осадков или выходящих подземных потоков, собирается в понижениях рельефа и, стекая под действием силы тяжести в направлении общего понижения местности, образует поверхностные водотоки.

Атмосферные осадки и источники грунтовой воды не сразу создают большие реки. Сначала вода собирается в отдельные струйки, ручейки, а последние, соединяясь, образуют реки. Поверхностные водотоки в зависимости от их величины и физико-географических условий, в которых они протекают, могут быть *постоянно и периодически действующими*. Совокупность рек и других постоянно и временно действующих водотоков, а также озер на какой-либо территории образует *гидрографическую сеть*. (По ГОСТу — *гидрографическая сеть* — это совокупность водотоков и водоемов в пределах какой-либо территории). Сюда не относятся многочисленные небольшие струйки воды, временно образующиеся в период таяния снега или выпадения жидких осадков, а также временные скопления воды в понижениях микро-рельефа.

Часть гидрографической сети, образованная совокупностью достаточно крупных, преимущественно постоянных потоков, называется речной сетью данной территории. (Речная сеть — часть русловой сети, состоящая из отчетливо выраженных русел постоянных водотоков. Русловая сеть — совокупность русел всех водотоков в пределах какой-либо территории).

Речную сеть можно рассматривать как конечное звено определенного физико-географического процесса (процесса взаимодействия климатических, гидрологических и геоморфологических факторов), как *своеобразный интегральный показатель этого процесса*.

Речная сеть не случайное сочетание многочисленных путей стока поверхностных вод, а вполне определенное отражение сложного

физического процесса, протекающего на данном участке поверхности.

В строении гидрографической сети можно выделить ряд основных звеньев, последовательно сменяющихся от верховьев вниз по течению: *ложбины, лощины, суходолы и речные долины*. Процесс формирования основных элементов этих звеньев речной сети (размеров, глубины вреза, крутизны склонов) совершается длительное время.

Ложбина — верхнее (по течению) звено гидрографической сети, представляет собой слабовыраженную вытянутую впадину водно-эрозионного происхождения с пологими, обычно задернованными склонами и ровным, вогнутым, наклонным дном. Ложбина развивается чаще всего при площадях водосборов 10—15 га в слабо расчлененных районах и при 50 га — в сильно расчлененных районах ЕТС.

Лощина — следующее за ложбиной звено гидрографической сети, отличающееся от ложбины большей глубиной вреза, большей высотой и крутизной склонов и появлением форм донного и берегового размыва.

Лощины собирают воду с площадей от 10—15 га до 10—15 км² в слабо расчлененных районах и от 50 га до нескольких квадратных километров в сильно расчлененных районах.

Суходол — преддолинное нижнее звено гидрографической сети без постоянного водотока, характеризуется асимметрией склонов и наличием извилистого русла временного потока. В условиях сильно расчлененного рельефа суходолы развиваются, когда площади водосбора достигают 10—15 км² и в условиях слабо выраженного рельефа — 20—25.

Долина — наиболее полно разработанное деятельностью воды звено гидрографической сети, характеризуется большой протяженностью, измеряемой десятками, сотнями и тысячами километров и наличием постоянного водотока.

Схема основных звеньев гидрографической сети представлена на рис. 2.

Территория Советского Союза характеризуется хорошо развитой речной сетью, которая водораздельными возвышенностями делится на четыре основных бассейна (рис. 3) — бассейны Северного Ледовитого, Тихого и Атлантического океанов и внутренний бессточный Арало-Каспийский бассейн.

Суммарный среднегодовой сток по указанным бассейнам распределяется следующим образом (табл. 10).

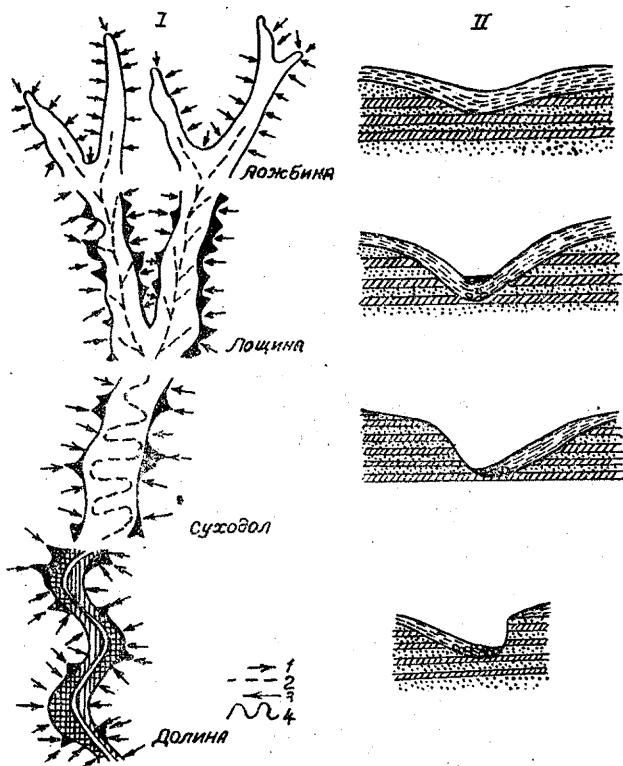


Рис. 2. Схема основных звеньев гидрографической сети:
 I—основные звенья гидрографической сети; II—поперечные профили
 (1—плоскостной смыв; 2—овинный размыв; 3—береговой размыв;
 4—русловой процесс)

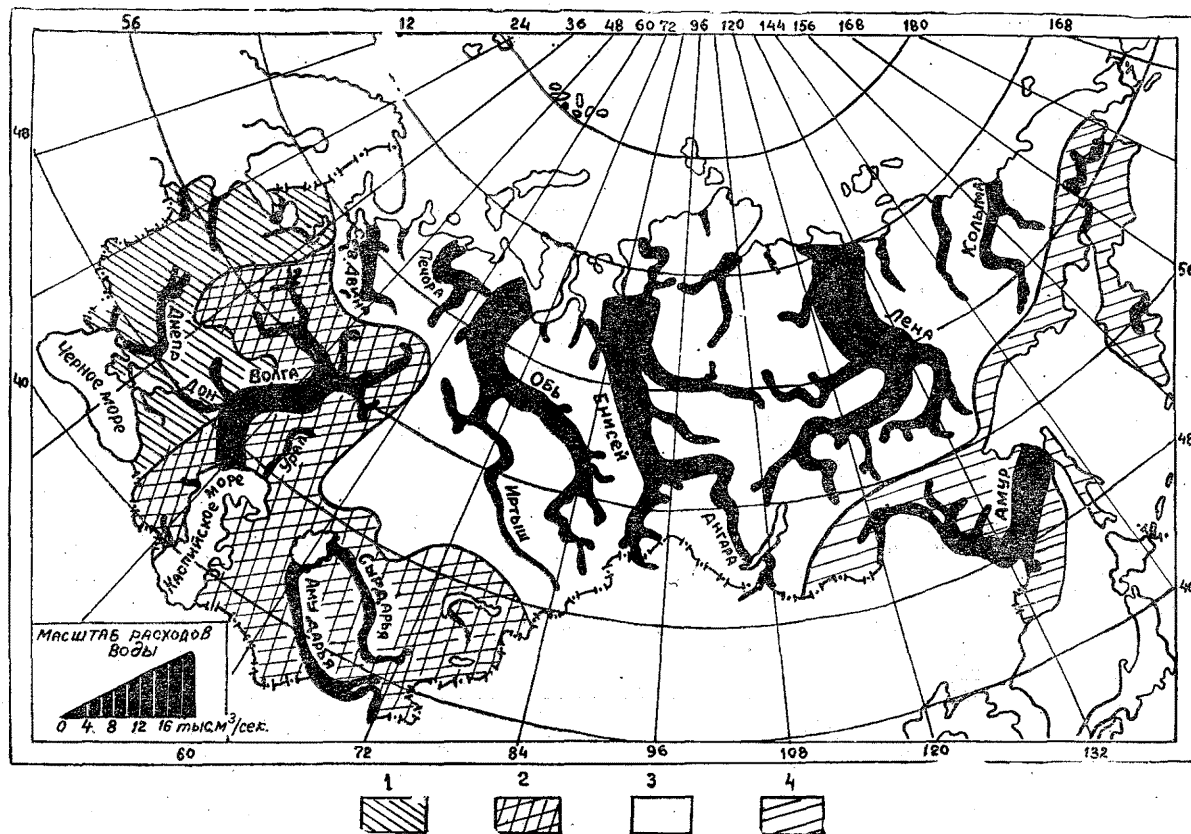


Рис. 3. Картограмма водоносности рек СССР и основных водосборных бассейнов:
1—бассейн Атлантического океана; 2—Арало-Каспийский бессточный бассейн; 3—бассейн Северного Ледовитого океана;
4—бассейн Тихого океана

Суммарный средний сток [6]

Бассейн	Площадь, тыс. кв. км	Сток	
		км ³ /год	л/с км ²
Северный Ледовитый океан	12 512	2 812	7,1
Тихий океан	3 508	938	8,5
Атлантический океан	1 969	314	5,1
Бессточный Арало-Каспийский бассейн	5 450	415	2,4
Всего в пределах СССР	22 270	4 340	6,2

§ 2. ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЧНОГО БАССЕЙНА

Каждый речной бассейн характеризуется своими особенностями, которые отличают его от других рек, — размерами и формой, наличием или отсутствием в нем озер, лесов, болот, грунтами, слагающими его поверхность и пр. Знание этих особенностей, или *гидрографических характеристик*, имеет большое значение для изучения режима рек, при гидрологических расчетах.

Особое место среди этих характеристик имеют морфометрические характеристики речных бассейнов, знакомые по курсу общей гидрологии. К ним относятся:

1. Площадь бассейна (F км²) и ширина бассейна ($B = \frac{F}{L}$ км);
2. Длина главного водотока (L км);
3. Средний уклон главного водотока ($J_{\text{ср}}\%$; ‰);
4. Средний уклон выравненного профиля ($J_{\text{выр}}\%$, ‰);
5. Густота речной сети ($D = \frac{\Sigma l}{F}$ км/км²);
6. Средняя высота бассейна над уровнем моря (H м);
7. Средний уклон склонов бассейна ($J_{\text{бас}}$);
8. Озерность бассейна ($\frac{f_{\text{оз}}}{F}\%$; $f_{\text{оз}}$ — площадь зеркала озера);
9. Залесенность бассейна ($\frac{f_{\text{л}}}{F}\%$, $f_{\text{л}}$ — площадь лесов);
10. Заболоченность бассейна ($\frac{f_{\text{б}}}{F}\%$, $f_{\text{б}}$ — площадь болот).

Методика определения перечисленных характеристик подробно освещена в специальной литературе (Клибашев К. П., Горошков И. Ф. Гидрологические расчеты. Л., 1970; Лучшева А. А. Практическая гидрология. Л., 1976 и др.).

Учитывая, что одним из показателей развитости речной сети района является густота речной сети, остановимся на этой характеристике более подробно.

В зависимости от характера почвы, рельефа, растительности и от выпадающих осадков русловая сеть имеет различную разветвленность.

Так, в лесных районах вследствие хорошей фильтрации наблюдается меньшая густота русловой сети, чем в безлесных. В горных районах, где осадков выпадает обычно больше, чем на равнине, густота также выше.

Густота речной сети определяется как отношение длины всех водотоков данной площади, выраженной в километрах, к величине этой площади в км².

Густота речной сети — длина речной сети, приходящаяся на 1 км² площади какой-либо территории.

$$D = \frac{\sum l}{F} \text{ км/км}^2.$$

Густота речной сети является показателем (характеристикой) развития поверхностного стока на рассматриваемой территории.

Из определения понятия густоты речной сети ясно, что числовые значения густоты речной сети будут сравнимы между собой для отдельных районов, если они получены по данным карт одного масштаба. Действительно, на картах мелкого масштаба очень малые водотоки не могут быть показаны, в этом случае густота будет меньше, чем определенная по более крупному масштабу для одного и того же района. Чем крупнее масштаб, тем точнее определяется густота речной сети. Практически достаточно точные данные могут быть получены по картам масштаба 1 : 500 000 и 1 : 100 000.

Подробно вопрос изображения на картах гидрографической сети разработал А. М. Комков. Им даны результаты сравнения значений густоты речной сети в зависимости от масштаба карты (табл. 11).

Таблица 11

Густота речной сети, определенная по картам различных масштабов

Масштаб карт	Число		Длина рек		Густота речной сети	
	рек	%	км	%	км/км ²	%
Крупный	81	100	450	100	0,39	100
Средний	34	42	304	67	0,26	67
Мелкий	15	18	219	49	0,9	46

На рис. 4 представлена зависимость густоты речной сети от масштаба карты [6] для района ЕТС.

Представление о развитии русловой сети в различных природных зонах (по Р. А. Нежиховскому) дают табл. 12 и 13.

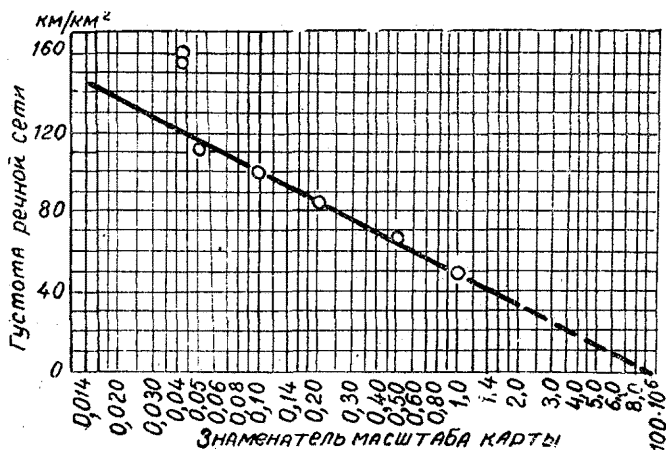


Рис. 4. Зависимость густоты речной сети от масштаба карты

Таблица 12

Средние значения густоты русловой сети в пределах ЕТС

Природная зона	Густота русловой сети	
	Холмистые равнины и низменности	Возвышенности и увалы
Тундровая	0,50	0,52
Лесная	0,56	0,57
Лесостепная	0,37	0,39
Степная	0,6	0,27
Полупустынная	0,23	0,24

Средние значения количества русловых потоков на 1000 км² территории в пределах ЕТС

Природная зона	Средние значения количества русловых потоков на 1000 км ²	
	холмистые равнины и низменности	возвышенности и увалы
Тундровая	130	145
Лесная	159	169
Лесостепная	75	91
Степная	35	40
Полупустынная	30	34

Между количеством малых рек ($L < 10$ км), приходящихся на 1000 км², и их суммарной длиной (ΣL) для условий ЕТС Р. А. Нежиховский установил зависимость (рис. 5).

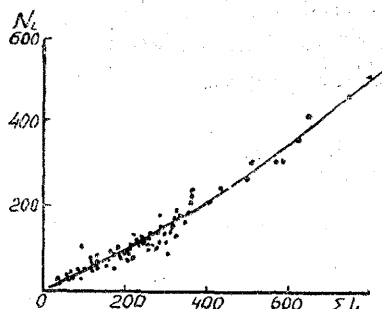


Рис. 5. Связь между количеством малых рек ($L < 10$ км), приходящихся на 1000 км², и их примерной длиной

Этот график может быть использован для определения средней длины рек $L < 10$ км по их количеству.

Густота речной сети характеризует и среднее расстояние между смежными водотоками. Действительно, если на какой-то площади F , равномерно покрытой водотоками, их число n , а длина каждого L , то к каждому водотоку длиной L будет примыкать

площадка $f = \frac{F}{n}$. Но для густоты русловой сети имеем

$$D = \frac{\Sigma L}{F}, \text{ откуда}$$

следует

$$D = \frac{\Sigma L}{F} = \frac{n \cdot L}{n \cdot f} = \frac{L}{f}; \text{ или}$$

$\frac{1}{D} = \frac{f}{L} = b$, т. е. среднее расстояние между водотоками обратно пропорционально величине густоты.

Для случая неравномерного распределения русловой сети величина $1/D$ есть среднее расстояние между водотоками, а величина $\frac{1}{2D}$ характеризует среднюю ширину склонов, с которых вода поступает в водотоки.

Учитывая, что тальвег водотока обычно начинается не от водораздела, а лишь на некотором расстоянии от него, среднюю ширину склона рекомендуется определять по соотношению $b = 1/2,25 D$.

В табл. 14 представлены средние значения густоты гидрографической сети (км/км^2) и ширины склонов (м) для различных природных зон ЕТС.

Таблица 14

Средние значения густоты гидрографической сети и ширины склонов

Природная зона	Среднее значение густоты гидрографической сети		Средняя ширина склона, м	
	Холмистые равнины и низменности	Возвышенности и увалы	Холмистые равнины и низменности	Возвышенности и увалы
Тундровая	1,25	1,77	350	250
Лесная	1,91	2,92	230	150
Лесостепная	2,37	3,64	190	120
Степная	1,76	2,72	250	160
Полупустынная	1,18	1,64	370	270

Густота речной сети закономерно изменяется в зависимости от физико-географических условий. Так, при прочих равных условиях она лучше развита в тех районах, где больше выпадает осадков, а потери на испарение невелики.

Наиболее развита речная сеть в областях с высоким поверхностным стоком — в лесной зоне и слабо развита в степной и особенно в полупустынной зоне.

Так, по данным А. П. Доманицкого, Р. Г. Дубровиной, А. И. Исаевой (Реки и озера Советского Союза. Справочные данные. Л., 1971), густота речной сети изменяется в значительных пределах — от нуля в пустынях Средней Азии до 2 км/км^2 на Кавказе и в Карпатах.

На Европейской территории Советского Союза наибольшая густота речной сети наблюдается на Кавказе и в Карпатах. В бассейне верхнего течения р. Терека она достигает наибольшей в СССР величины ($2,03 \text{ км/км}^2$), а в верховьях р. Тисы — 2 км/км^2 .

Наименьшая густота речной сети ($0,1 \text{ км/км}^2$) имеет место в наиболее засушливых районах степной части Крыма, в Прикаспийской низменности и на восточном побережье Каспийского моря.

Повышенное значение густоты речной сети характерно для зоны избыточного увлажнения.

На Азиатской территории СССР густота речной сети распределяется крайне неравномерно. Так, в Средней Азии она меняется от ничтожной величины в пустынях до $1,5\text{—}1,8 \text{ км/км}^2$ в горах Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау.

На территории Западной Сибири и Равнинного Алтая наблюдается зональное распределение густоты речной сети.

В степной зоне она изменяется от $0,1$ до $0,2 \text{ км/км}^2$, в лесной зоне составляет $0,3\text{—}0,4 \text{ км/км}^2$, а к северу от полярного круга возрастает до $0,6\text{—}0,7 \text{ км/км}^2$.

На побережье Карского моря (до устья р. Енисея) на увлажненных склонах возвышенностей густота речной сети составляет $0,9\text{—}1,0 \text{ км/км}^2$.

В Горном Алтае густота речной сети, как и в других горных районах, достигает $1,0 \text{ км/км}^2$ (верховья р. Томь).

На Чукотском полуострове, по тихоокеанскому побережью п-ва Камчатки, на склонах хребтов Колымского, Черского, Джугджур, в бассейне нижнего течения р. Амура, на Курильских островах и о-ве Сахалине густота речной сети составляет $0,8\text{—}1,0 \text{ км/км}^2$.

В среднем для всей территории СССР густота речной сети составляет $0,45 \text{ км/км}^2$.

На густоту речной сети оказывают влияние не только климатические условия, но и геологическое строение, характер почво-грунтов, слагающих поверхность бассейнов.

Б. П. Пановым [6] построены графики распределения основных гидрологических и климатических характеристик по ландшафтными зонам, а также зависимость густоты речной сети от модуля стока для бассейнов, расположенных в различных ландшафтных зонах (рис. 6, 7).

На рис. 6 нанесены годовые суммы осадков, испарения и влажности почвы, а также средние модули стока и густота речной сети. Анализ этого графика позволяет отметить следующее: *максимальное значение густоты речной сети совпадает с зоной, где наблюдается большое количество осадков, максимальное испарение с поверхности бассейна и наибольшая влажность почвы.* Это указывает на то, что именно в тех районах, где испарение с бассейнов находится в оптимальных условиях, а влажность почвы подвержена наибольшей изменчивости, речная сеть достигает наибольшего развития. Рис. 7 позволяет судить о наличии довольно тесной связи между густотой речной сети и средним модулем стока в различных ландшафтных зонах. Приведенные графики можно рас-

сма́тривать лишь как чисто иллюстративные, так как использованные значения различных характеристик взяты по случайно выбранному меридиану, однако подобная закономерность прослеживается почти везде.

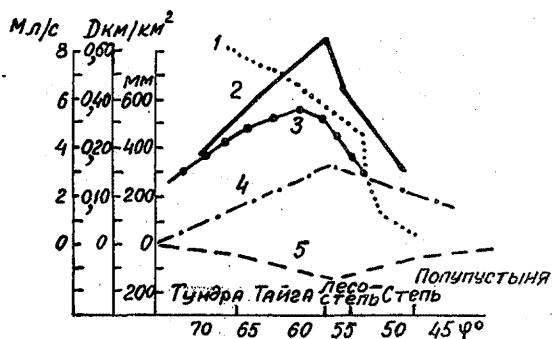


Рис. 6. Распределение основных гидрологических и климатических характеристик по ландшафтным зонам:

1—средний модуль стока; 2—густота речной сети; 3—годовые осадки; 4—годовое испарение; 5—влажность за вегетационный период. Шкала величин 3—5 дана в мм

Вопросам взаимосвязи водности речных бассейнов и густоты речной сети в своих исследованиях уделял большое внимание И. Н. Гарцман.

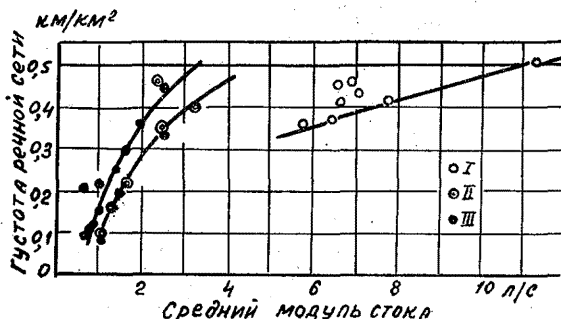


Рис. 7. Зависимость густоты речной сети от модуля стока для бассейнов, расположенных в различных ландшафтных зонах.

Зоны: I—лесная; II—лесостепная; III—степная и полустепная

В результате своих исследований он предложил новый коэффициент учета этой связи — гидроморфологический коэффициент (ГМК). Это отношение суммарной длины речной системы (Σl) к среднему многолетнему расходу воды (Q_0) в замыкающем створе

речной системы. Этот коэффициент характеризует длину речной сети, необходимую для формирования среднегогодового расхода воды в $1 \text{ м}^3/\text{с}$

$$\gamma_Q = \frac{\Sigma l}{Q_0} \text{ км/м}^3/\text{с}.$$

Рисунок речной сети в значительной мере связан с местными орографическими и геологическими условиями. Хотя речные системы весьма разнообразны по рисунку, все же можно установить некоторые закономерности в строении и распределении их рисунков. По исследованиям В. А. Троицкого, в речных системах характерными являются следующие рисунки (рис. 8):

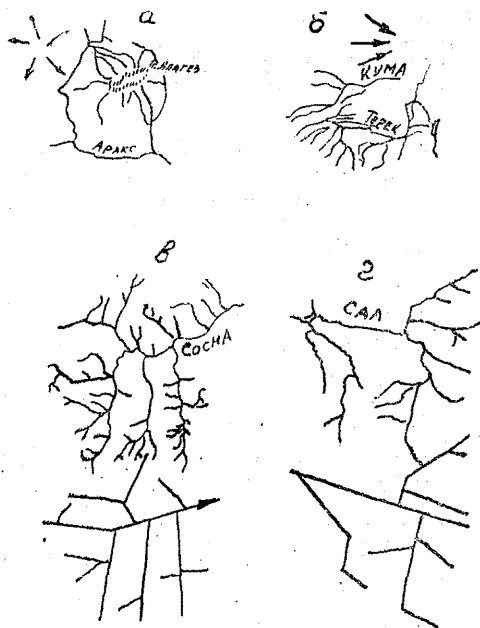


Рис. 8. Характерные рисунки речной сети:
 а — радиальный; б — центростремительный, в — древовидный;
 z — прямоугольный

а) *радиальный* — реки от истоков расходятся как бы по радиусу;

б) *центростемительный* — воды притоков направлены по радиусам к некоторому центру;

в) *древовидный* — речная сеть напоминает рисунком дерево;

г) *прямоугольный* — притоки к главной реке, а также притоки к притокам подходят под прямым углом;

д) *перистый* — рисунок напоминает перо, т. е. с обеих сторон к главной реке равномерно и параллельно подходят притоки.

Бывают и другие менее часто встречающиеся рисунки речных систем.

Собственно речная сеть любого бассейна является по своему рисунку древовидной и отличается лишь различным «причленением» к стволу подобно разветвлениям ветвей у различных пород деревьев.

По характеру расположения рек по отношению к главной реке различают *симметричные и несимметричные бассейны*.

Примером симметричного бассейна являются бассейны рек Оки, Дона, Днепра и др. Резкой асимметричностью обладают бассейны р. Кубани, Енисея.

Рисунок речной сети существенным образом влияет на режим водотока, особенно на формирование паводков и половодий, величина которых сильно зависит от распределения приточности по длине основного потока. В этом отношении следует различать *четыре основных вида бассейна*:

1) *вытянутый бассейн* характеризуется постепенным присоединением к основному стволу небольших притоков (приточность рассредоточена);

2) *округлый бассейн* характеризуется равномерно развитой речной сетью и крупными притоками, по своим размерам близким к основной реке (сосредоточенная приточность);

3) *бассейн, вытянутый в нижней части*, в нем основные притоки расположены в верхней части бассейна, а в нижней его половине число и размеры притоков уменьшаются и главный поток течет транзитом или получает незначительный приток;

4) *бассейн, вытянутый в верхней части*, в нижней половине бассейн расширяется за счет впадения крупных притоков.

Высокие паводки и половодья характерны для бассейнов второго типа, на реках первого типа они значительно слабее. На реках третьего типа паводки и половодья формируются в верховьях, в нижней части максимальные расходы трансформируются. На реках четвертого типа наблюдается обратная картина.

§ 3. ВЗАИМОСВЯЗЬ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАССЕЙНА И ВОДОТОКА

Основные морфометрические характеристики водосборов рек, как это показано рядом исследователей, находятся в довольно тесной взаимосвязи.

По исследованиям А. А. Соколова [5], а им были проанализированы данные о площадях водосборов, длинах и уклонах главного водотока, зависимость между F , L и B довольно тесная и вполне удовлетворительно описывается уравнениями вида:

для $F > 250 \text{ км}^2$

$$B = \frac{F}{L} = 0,35 F^{0,50},$$

$$L = \frac{F}{B} = 0,90 F^{0,50}.$$

Для малых бассейнов эта зависимость несколько иная:
 $F < 250 \text{ км}^2$

$$B = \frac{F}{L} = 0,65 F^{0,50},$$

$$L = \frac{F}{B} = 1,54 F^{0,50}.$$

Из этих зависимостей видно, что малые бассейны «шире», чем большие. Дело в том, что L и B — это не длина и ширина водосбора в обычном геометрическом смысле, так как L здесь является длиной весьма извилистого русла реки, значительно превышающего длину водосбора (в полтора-два раза). Именно в результате этого получается несколько неожиданное соотношение между B и L , равное $\frac{B}{L} = 0,12$ для водосборов более 250 км^2 . Получается,

что какой-то «типовой» или «средний» водосбор имеет вытянутую фигуру, у которой длина в восемь раз больше ширины. А в природе такие узкие водосборы крайне редки.

Увеличение ширины малых водосборов примерно в два раза по сравнению с большими объясняется меньшей извилистостью русел малых рек.

Существует зависимость средневзвешенного уклона главного водотока от площади и длины (рис. 9).

Чем больше бассейн, тем меньше при прочих равных условиях уклон его главного водотока и наоборот.

Для территории ЕТС эта зависимость имеет следующий вид:
 для $F > 250 \text{ км}^2$

$$J = \frac{14}{(F + 1)^{0,42}}$$

(J ‰ — средневзвешенный уклон водотока):

для $F < 250 \text{ км}^2$

$$J = \frac{28}{(F + 1)^{0,42}}.$$

Наличие связи $J = f(F)$ означает, что в природе нет маленьких бассейнов с малыми уклонами. Относительно большие уклоны малых бассейнов объясняются меньшей их извилистостью и, следовательно, меньшей длиной.

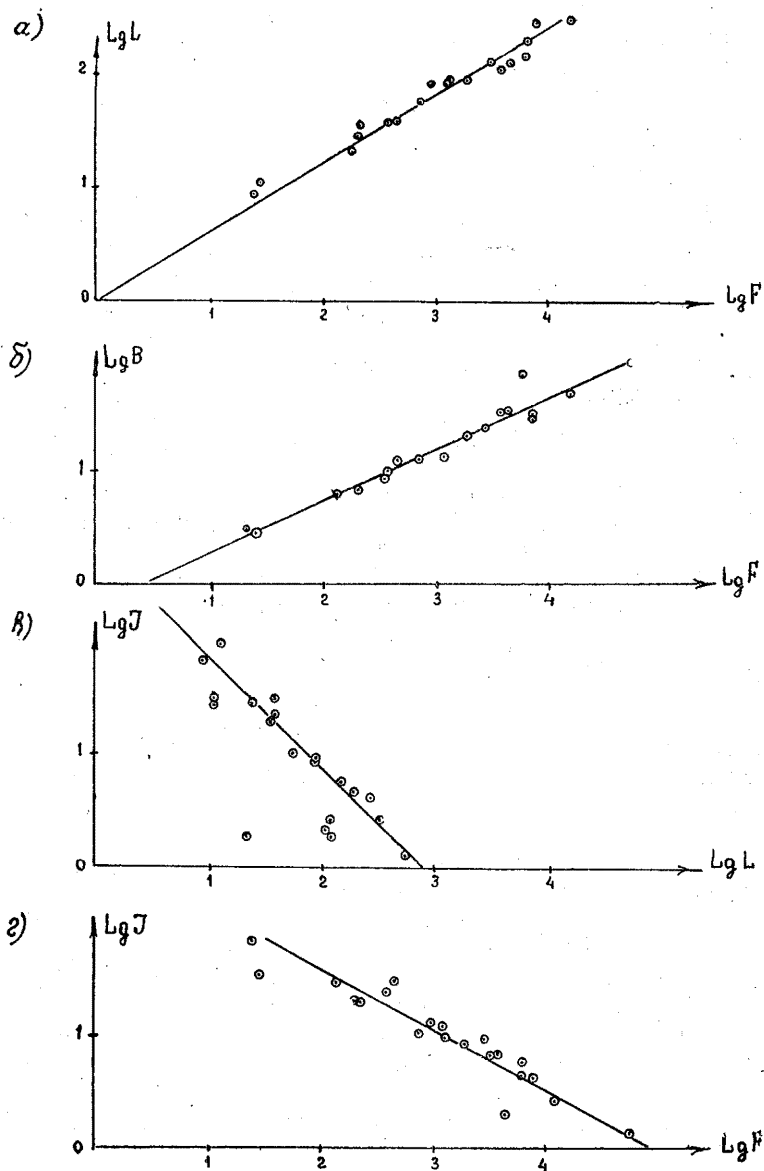


Рис. 9. Взаимосвязь морфометрических характеристик для рек бассейна Енисея:

а—связь длины водотока с площадью водосбора; б—связь средней ширины водосбора с его площадью; в—зависимость средневзвешенного уклона водотока от его длины; г—зависимость средневзвешенного уклона водотока от площади водосбора

Большой интерес представляют собой связи между морфометрическими характеристиками русел рек и их водностью. Так, для рек бассейна Верхней Волги С. И. Рыбкиным получены связи ширины, глубины русла и скорости течения с расходом воды, модульным коэффициентом расхода и уклоном следующего вида:

$$\begin{aligned} B &= 6,75 \cdot Q_0^{0,57} \cdot K^{0,13} \cdot J^{-0,07}, \\ h &= 19,05 \cdot Q_0^{0,22} \cdot K^{0,50} \cdot J^{-0,07}, \\ v &= 0,778 \cdot Q_0^{0,21} \cdot K^{0,37} \cdot J^{0,31}. \end{aligned}$$

В этих формулах Q_0 — среднееголетний годовой расход воды; B — средняя ширина реки на участке; h — средняя глубина реки на участке в рассматриваемый период; K — отношение расхода воды рассматриваемого периода (межени, половодья и т. д.) к расходу Q ; J — уклон поверхности воды исследуемого участка; v — скорость течения.

§ 4. КЛАССЫ РЕК. ЗАКОНЫ СТРОЕНИЯ РЕЧНЫХ СИСТЕМ

Совокупность рек какой-либо территории, сливающихся вместе и выносящих свои воды с этой территории в виде общего потока, называется *речной системой*.

Одна из рек системы считается главной, и она дает название всей системе, а остальные являются ее притоками.

В гидрологической литературе *структура речной сети* представляется в следующем виде.

Речная система состоит из главного ствола — главной реки и притоков, питающих ее. Притоки, впадающие непосредственно в главную реку, называются притоками 1-го порядка (класса); притокам, впадающим в притоки 1-го порядка, присваивается наименование притоков 2-го порядка (класса) и т. д. (восходящая система).

Вопрос о том, что в данной речной системе считать за *главную реку*, решается по ряду чисто формальных признаков: длине, ширине и глубине реки, орографическим и геологическим особенностям берегов, прозрачности и цвету воды и т. п. Чем больше речной бассейн, тем больше развита его сеть, тем больший порядковый номер могут получать отдельные малые притоки. Такое деление рек на классы дает представление о развитии речной сети бассейна, но имеет *большой недостаток*: реки одного и того же порядка (класса) при этом *несравнимы* между собой.

Если применить обратную (нисходящую) систему деления рек на классы, то мы исключим в какой-то степени этот недостаток и получим следующую картину:

самые малые, неразветвленные (элементарные) водотоки, принимаются за притоки 1-го порядка (класса). Притоками 2-го порядка в этом случае будут реки, принимающие притоки только 1-го порядка; притоками 3-го порядка — реки, принимающие притоки 1-го и 2-го порядка и т. д.

Таким образом появляется возможность сравнения однопорядковых рек и осреднения значений морфометрических характеристик по порядкам в определенных физико-географических условиях, что является главным преимуществом нисходящей классификации перед восходящей.

Р. Хортон принимает за длину реки каждого данного класса ее протяженность от слияния с другой рекой этого же или более высокого класса вверх до истока. В отличие от Хортон, Н. А. Ржаницын [4] определяет длину потока каждого данного класса только как отрезок между потоками смежных классов. Он считает, что два притока, сливаясь вместе, образуют третью реку, которая по своим характеристикам является совершенно новым русловым истоком и не может быть продолжением одной из старых (рис. 10).

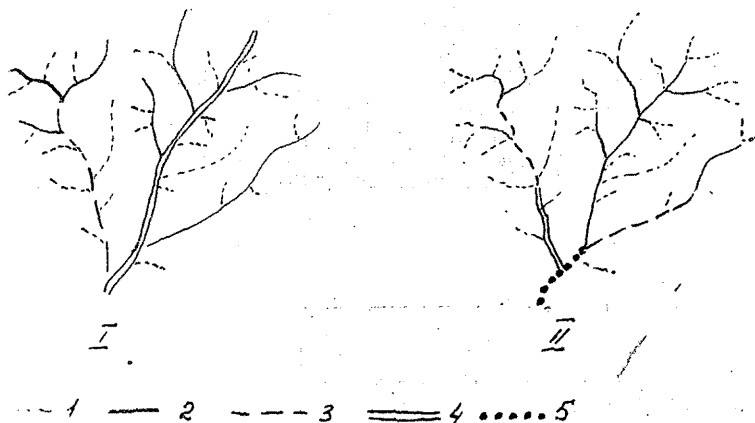


Рис. 10. Выделения порядков притоков по Хортону (I) и Ржаницыну (II):
(1, 2, 3 . . . — порядок притоков)

При том и другом методах определений оказывается, что распределение числа водотоков и распределение их средних длин, морфологических и гидрологических характеристик подчиняется определенным законам.

Так, число потоков с увеличением номера класса убывает по закону геометрической прогрессии, а средние их длины, наоборот, возрастают (рис. 11).

В соответствии со свойствами геометрической прогрессии уравнение связи числа потоков N_n данного класса в зависимости от класса может быть выражено уравнением

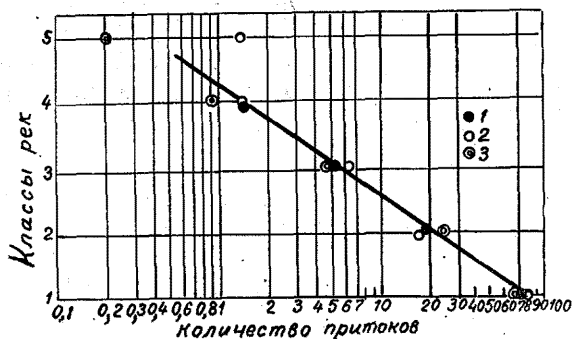
$$N_n = r_b^{S-n},$$

где N_n — число потоков данного порядка (класса) в водосборе (N_2, N_2 и т. д. — число потоков 1, 2 и n -го порядка). S — порядок

(класс) главного потока в данном водосборном бассейне; n — порядок (класс) данного потока; r_b — коэффициент бифуркации, т. е. отношение среднего числа потоков данного порядка к числу потоков следующего, более высокого порядка.

Это отношение обычно постоянно для всех порядков данного бассейна $\left(r_b = \frac{N_1}{N_2} = \frac{N_2}{N_3} = \frac{N_3}{N_4} = \dots = \frac{N_{s-1}}{N_s} \right)$.

а)



б)

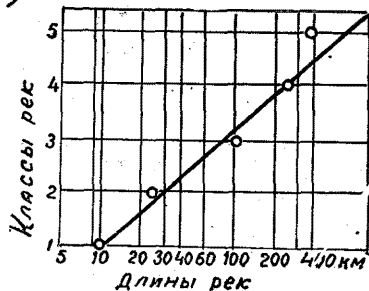


Рис. 11. Связь между количеством притоков рек (а) и средней длиной притоков (б) с классом реки:

(1—р. Тобол; 2—р. Десна; 3—р. Десна выше припяти)

Так как приведенное уравнение представляет геометрическую прогрессию, то число потоков во всех классах речной системы может быть вычислено как сумма геометрической прогрессии:

$$\sum_{i=1}^s N_i = \frac{r_b^s - 1}{r_b - 1},$$

где N_s — общее число потоков в водосборе.

Уравнение, определяющее среднюю длину потоков различных классов, имеет вид:

$$l_n = l_1 \cdot r_l^{n-1},$$

где l_n — средняя длина потоков любого порядка; l_1 — средняя длина потоков 1-го порядка; r_l — отношение средней длины потоков данного порядка к средней длине потоков следующего, более низкого порядка. Оно обычно постоянно для всех смежных порядков.

$$\left(r_l = \frac{l_2}{l_1} = \frac{l_3}{l_2} = \frac{l_4}{l_3} = \dots = \frac{l_n}{l_{n-1}} \right).$$

Общая длина потока данного класса при этом определяется по соотношению

$$L_n = l_1 \cdot r_b^{S-n} \cdot r_l^{n-1},$$

где L_n — общая длина потоков любого порядка (1, 2 и т. д.); при равенстве r_b и r_l суммы длин всех классов равны и определяются формулой

$$L_n = l_1 \cdot r_b^{S-1}.$$

Величина отношения r_l и r_b $\left(P = \frac{r_l}{r_b} \right)$ может быть названа коэффициентом развития приточности, имеет большое значение для характеристики строения речной сети и определяется гидрологическими, геоморфологическими, геологическими и другими факторами.

Уравнение длин потоков $(L_n = l_1 \cdot r_b^{S-n} \cdot r_l^{n-1})$ представляет возможность не только подсчитать длины потоков различных классов, но и оценить в какой-то степени русловые запасы воды каждого класса и всей системы.

Действительно, русла рек высоких порядков имеют большие поперечные сечения и обладают большим накоплением на единицу длины, чем русла более низкого порядка, поэтому большая длина рек высоких классов, когда отношение $\frac{r_l}{r_b} = P$ велико, определяет

русловое накопление на единицу водосборной площади большее, чем в бассейне с той же густотой речной сети, но с низким значением P .

Исходя из всего вышеизложенного, общее уравнение строения речных систем выводится следующим образом. Так как общая длина рек данного класса равна $L_n = l_1 \cdot r_b^{S-n} \cdot r_l^{n-1}$, то общая длина всех рек бассейна будет равна сумме длин потоков всех классов

$$\sum_1^S L_n = l_1 (r_b^{S-1} \cdot r_l^{1-1} + r_b^{S-2} \cdot r_l^{2-1} + \dots + r_b^{S-S} \cdot r_l^{S-1}),$$

а приняв во внимание, что $\frac{r_l}{r_b} = P$ и $r_l = P \cdot r_b$, и заменив r_l его значением, получим:

$$L_n = l_1 \cdot P^{n-1} \cdot r_b^{n-1} \cdot r_b^{s-1} = l_1 \cdot P^{n-1} \cdot r_b^{s-1}$$

и

$$\sum_1^s L_n = l_1 \cdot r_b^{s-1} (P^{1-1} + P^{2-1} + P^{3-1} + \dots + P^{s-1}).$$

Многочлен в скобках представляет сумму геометрической прогрессии, в которой первый член равен единице, а знаменатель — коэффициент развития приточности « P », он сокращенно может быть записан как $\frac{P^s - 1}{P - 1}$.

Тогда общая длина рек всего бассейна равна

$$\sum_1^s L_n = l_1 \cdot r_b^{s-1} \cdot \frac{P^s - 1}{P - 1}.$$

Отсюда густота речной сети $D = \frac{\sum l}{F}$ в бассейне равна (подставив значение $\sum_1^s L_n$)

$$D = \frac{l_1 \cdot r_b^{s-1}}{F} \cdot \frac{P^s - 1}{P - 1}.$$

Последнее уравнение объединяет в одном выражении все морфологические факторы, определяющие строение речной системы.

Подробные исследования связей между классами притоков и их гидрографическими характеристиками произвел Н. А. Ржаницын [4], который предложил ряд формул, в частности для определения средней длины притоков N -го порядка, их средней площади и др.

Полученные Н. А. Ржаницыным формулы предусматривают дифференциацию коэффициентов, входящих в них, в зависимости от ландшафтных условий, которые оказывают значительное влияние на длину и площадь потоков малых классов.

Так, *длина потока N -го порядка* может быть определена по следующей формуле (по Ржаницыну):

$$l_N = l_1 \cdot K_l^{N-1},$$

где l_N — длина потока N -го порядка, l_1 — длина потока 1-го порядка, K_l — коэффициент увеличения длины.

В результате анализа графиков связи длины потоков от их порядка Н. А. Ржаницын получил различные значения коэффициента

длины K_l в зависимости от ландшафтных условий, которые имеют следующие значения: степные бассейны — 1,83, лесистые бассейны — 1,41, заболоченные бассейны — 1,26.

Анализируя натурные данные о площадях водосборов в зависимости от порядка потока рекомендована формула для подсчета *средней площади притоков N -го порядка*.

$$f_N = f_1 \cdot K_f^{N-1},$$

где f_N — площадь бассейна притока N -го порядка; f_1 — площадь бассейна притока 1-го порядка; K_f — параметр, зависящий от характера бассейна, он равен $K_f = \frac{f_N}{f_{N-1}}$ и имеет следующие значения:

степные бассейны — 1,44, лесные бассейны — 1,27, заболоченные бассейны — 1,24.

§ 5. ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕРОВ (ПОРЯДКА) ПОТОКОВ

Еще Р. Хортон указывал на очевидность связи между классом реки и ее водоносностью, предложив использовать это для вычисления запасов воды в речной системе.

Б. П. Пановым были получены для некоторых рек СССР зависимости средней и максимальной водоносности от класса реки [6].

В дальнейшем зависимости этого типа были уточнены Л. Д. Кудрямовым и Н. А. Ржаницыным.

По Н. А. Ржаницыну изменение *средней водоносности с классом реки* описывается формулой:

$$\bar{Q}_N = \bar{Q}_1 \cdot K_{\bar{Q}}^{N-1},$$

где $K_{\bar{Q}}$ — коэффициент среднего годового расхода реки, который является постоянной величиной, равной 2,83; $\bar{Q}_1$ — средний годовой расход реки 1-го порядка (класса); N — номер класса реки.

Для расчета *среднего максимального расхода весеннего половодья* в зависимости от класса реки Ржаницын предложил следующую формулу:

$$\bar{Q}_{mN} = \bar{Q}_{m1} \cdot K_{Q_m}^{N-1},$$

где K_{Q_m} — коэффициент максимального расхода, величина его постоянна для всей речной системы и равна 2,24; $\bar{Q}_{m1}$ — средний максимальный расход весеннего половодья для потоков 1-го порядка.

Линии связей среднегодовых и максимальных расходов с классом рек в логарифмическом масштабе получились прямые и имеют различные наклоны к оси классов (рис. 12). Поскольку линия связи максимальных расходов имеет меньший угол с осью классов, чем линия среднегодовых расходов, то, следовательно, с уменьшением размера реки степень выраженности весеннего половодья возрастает с понижением номера класса. Из этого следует, что и форма паводочной волны не остается стабильной для потоков различных классов.

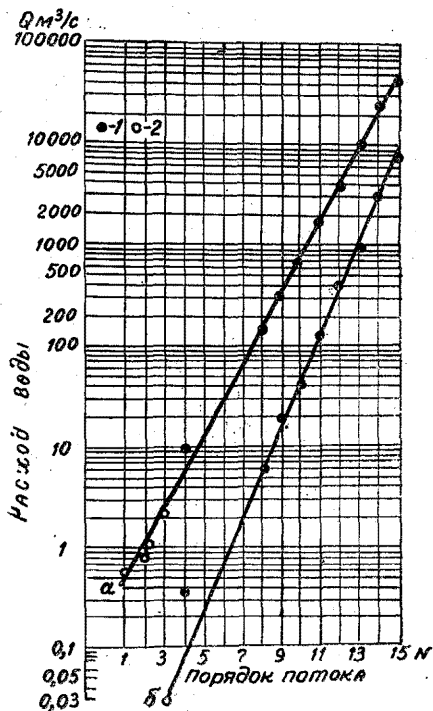


Рис. 12. Связь максимальных (а) и среднегодовых (б) расходов воды с классом потоков:

1 — естественные реки; 2 — лабораторные модели

Влияние ландшафтных факторов на величину максимального расхода рек различных классов неодинаково.

Исследуя продолжительность весеннего половодья в зависимости от порядка потоков, можно отметить их тесную связь для естественных водных потоков степной зоны (рис. 13).

Для районов, отличных по своим физико-географическим характеристикам, зависимость $T_N = f(N)$ несколько иная: продолжительность весеннего половодья больше для бассейнов, покрытых

лесом, по сравнению с продолжительностью половодья открытых бассейнов и еще более увеличивается для заболоченных бассейнов. Полученные закономерности соответствуют следующему выражению:

$$T_N = T_1 \cdot K_T^{N-1},$$

где T_N — продолжительность половодья N -го порядка; T_1 — продолжительность половодья на реках 1-го порядка; K_T — для степных (открытых) бассейнов изменяется в пределах от 10 до 1,3 (уменьшается с увеличением размера реки), для лесных бассейнов (до 6 — 7-го порядка) $K_{Tл} = 0,77 K_{Tс}$, для заболоченных бассейнов (до 5 — 6-го порядка) $K_{Tз} = 0,62 K_{Tс}$.

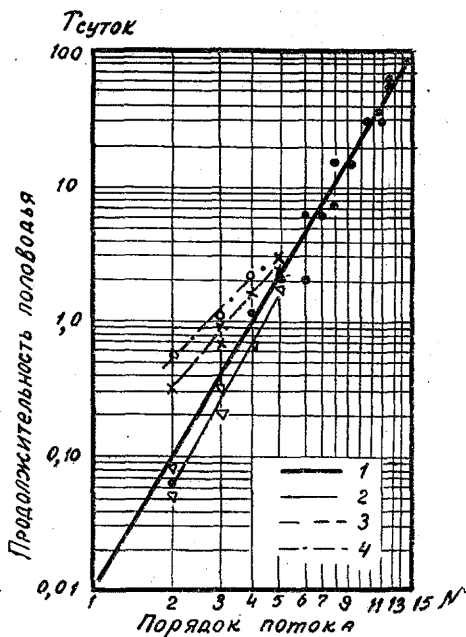


Рис. 13 Зависимость продолжительности периода половодья от порядка потока:

1 — открытые бассейны (весеннее половодье); 2 — открытые бассейны (ливневой паводок); 3 — лесные бассейны; 4 — заболоченные бассейны

Н. А. Ржаницын для рек, протекающих в однородных песчаных грунтах, вывел связи между классами рек и основными морфометрическими характеристиками русел, в частности для глубины и ширины русла на плесах и перекатах. Он установил, что с увеличением класса реки относительное значение глубины $\frac{h}{b}$ (где

h — средняя глубина, а b — средняя ширина) неизменно уменьшается, стремясь, для потоков высоких классов, к некоторой устойчивой величине. Это справедливо как для перекатных, так и для плесовых участков.

На рис. 14 представлено изменение ширины меженного русла с классом реки. Н. А. Ржаницын считает, что лесистым бассейнам соответствует речное русло несколько меньшей ширины, чем открытым, а на глубину влияет не только залесенность, сколько ширина поймы. Соотношение глубин на плесовых и перекатных участках различных классов одинаково.

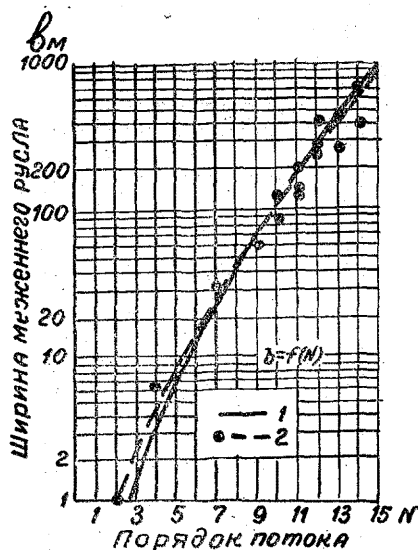


Рис. 14. Изменение ширины меженного русла в зависимости от класса реки:

1 — линия связи, полученная по расчету;
2 — точки, полученные по натурным данным

Плановые относительные размеры не изменяются по длине реки, в то время как высотные не остаются постоянными с изменением класса, особенно у потоков малых классов.

В результате исследования развития речной системы Н. А. Ржаницын пришел к следующим выводам:

1) речная сеть равнинных рек есть результат сложных процессов, развивающихся главным образом под влиянием действия русловых потоков;

2) речная сеть представляет систему, структура которой определяется физико-географическими и геологическими факторами;

3) основной закономерностью строения речной сети является скачкообразное изменение свойств речного потока в месте слияния с другим потоком того же или большего классов. В отдельных случаях может быть и плавное изменение, однако скачкообразный характер сохраняется для осредненных по классам значений характеристик;

4) большинство характеристик с увеличением номера класса притоков увеличивается, но относительная глубина и величина уклона уменьшаются;

5) с уменьшением номера класса притоков степень выраженности весеннего половодья увеличивается;

6) влияние физико-географических условий на изменение свойства речных потоков с изменением номера их класса заметно довольно отчетливо.



Глава IV. КЛАССИФИКАЦИЯ РЕК СССР

§ 1. ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЗОНЫ

Сущность *гидрологической зональности* заключается в закономерном плавном и непрерывном изменении на земной поверхности соотношения элементов водного баланса — осадков (x_0), стока (y_0) и испарения (z_0), взаимосвязанных известным уравнением

$$y_0 = x_0 - z_0.$$

Каждой географической зоне присущ свой характерный водный баланс, от которого во многом зависят различные стороны гидрологического режима.

Рассматривая соотношения осадков (x_0) и испарения с водной поверхности (z_0) в направлении с севера на юг А. А. Соколов выделяет три *гидрологических пояса*:

- 1) арктический и субарктический, где соотношение $\frac{x_0}{z_0} > 1$;
- 2) пояс недостаточного увлажнения умеренных широт с соотношением $\frac{x_0}{z_0} < 1$;
- 3) субтропический и тропический пояс, где $\frac{x_0}{z_0} \gg 1$.

В свою очередь, каждый пояс делится на гидрологические зоны.

Гидрологические зоны выделяются по принципу однородности водного режима территории, при этом учитываются воднобалансовые соотношения, от которых в конечном счете и зависят зональные черты водного режима и характер гидрографической сети.

Для равнинной территории характерна *широтная зональность*. Здесь наблюдается закономерная смена природных зон (ландшафтов) с севера на юг (тундра, лесная зона, зоны лесостепи, степей, полупустынь и пустынь).

Каждой из этих природных зон соответствует гидрологическая зона с характерным соотношением элементов водного баланса:

Гидрологическая зона		Природная зона
Очень влажная	—	тундра
Избыточно влажная	—	лесная
Переменно влажная	—	лесостепь
Полусухая	—	степная и полупустынная
Сухая	—	пустынная

Широтная зональность четко проявляется на равнинах, а в *горных районах* характерна *вертикальная зональность*. Это объясняется тем, что с высотой улучшаются условия конденсации атмосферной влаги, понижается температура воздуха, увеличиваются до определенной высоты осадки, уменьшается испарение и вообще меняется весь комплекс ландшафтных условий, а вместе с ним и условия увлажнения, соотношение между элементами водного баланса.

На режим рек это влияет следующим образом:

- 1) увеличивается доля высокогорного снегового и ледникового питания;
- 2) увеличивается относительная водность рек;
- 3) уменьшаются колебания стока;
- 4) меняется внутригодовое распределение стока;
- 5) происходит сдвиг прохождения максимума стока;
- 6) изменяется химический состав вод, уменьшается их минерализация.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ РЕК

В практической деятельности большое значение имеет классификация объектов изучения, которая помогает разобраться в сложном многообразии гидрологических явлений и процессов, особенно на такой большой территории, как СССР. *Любая классификация заключается в разделении изучаемых объектов по их различию или сходству на отдельные группы, типы по каким-то определенным признакам.*

Так, в основу классификационной схемы В. М. Родевича (1931) положен *ландшафтный признак*. В. М. Радевич выделял реки тундровые, лесные, степные и т. п.

К. К. Марков (1947) разделяет реки по принадлежности их бассейнов к различным *орографическим областям* — реки равнин, плато, плоскогорий, горные реки и т. д.

Большое внимание уделялось учеными (А. В. Огиевский, М. И. Львович, Б. Д. Зайков, Н. Н. Фаворин и др.) *классификации рек по размерам площади их водосбора*, по длине главного русла и т. д.

Первая классификация рек по *водному режиму* принадлежит А. И. Воейкову (1884), это климатическая классификация. Идея Воейкова в советское время получила развитие в ряде работ других ученых.

М. И. Львович (1938) на основе генетического расчленения гидрографа стока рек дал не только качественную, но и количественную характеристику рек по *видам питания*.

Первая попытка классифицировать реки непосредственно по *форме гидрографа* стока принадлежит Б. Д. Зайкову (1946).

В работах П. С. Кузина (1960) дано дальнейшее развитие принципов классификации рек по водному режиму.

Наряду с разработкой различного рода классификаций большое место уделялось и *гидрологическому районированию*.

Этим вопросам посвящены работы Семенова — Тянь — Шанского (1925, 1933), Рутковского (1933), которые проблему районирования решали на основе анализа физико-географического комплекса.

В. А. Троицкий (1948) впервые районирует территорию СССР по *соотношению элементов водного баланса*.

Интересный подход к проблеме гидрологического районирования применил В. С. Мезенцев (1957), который районирует территорию по *степени влаго- и теплообеспеченности*, на основе изучения водного и теплового баланса.

Вообще районирование может быть подразделено на несколько ступеней. Вначале территория разделяется на *крупные районы, однородные по какому-либо одному, общему признаку*, затем эти районы делятся на *меньшие по другим, более частным признакам*. По мере детализации гидрологическая однородность выделенных районов повышается и пределы колебаний характеристик гидрологического режима сужаются.

На первых этапах границы районов приурочиваются к границам ландшафтных зон. Дальнейшее, более детальное районирование отражает внутризональные различия характеристик стока. Границы районов в этом случае определяются резкой сменой условий стока, рельефа, растительности и др.

Охарактеризовав основные этапы и схемы в развитии гидрологических классификаций и районирования, перейдем к рассмотрению конкретных классификаций рек по различным признакам.

Предварительно вспомним определение реки: река — водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное русло.

Все реки СССР в *зависимости от характера рельефа земной поверхности*, по которой они протекают, можно разделять на два главнейших класса:

1) *равнинные реки* — реки низменностей, равнин и плато с высотами до 300—500 м:

2) *горные реки* — реки хребтов, нагорий и других горных образований с высотами более 300—500 м.

Деление рек на равнинные и горные является генетическим, так как оно сразу же показывает и объясняет глубокие и коренные различия, имеющиеся между этими классами, в типах питания, режиме и морфологии речных систем.

Равнинные реки протекают в относительно неглубоких, хорошо разработанных широких долинах с пологими склонами, в извилистых глубоких руслах, имеют малые уклоны водной поверхности. Течение спокойное и медленное. Характерно меандрирование, многочисленные плесы и перекаты. Продольный профиль — плавный и пологий. Преобладает боковая эрозия.

Горные реки, наоборот, протекают в глубоких, узких, слабо разработанных долинах с крутыми склонами. Уклоны значительны. Течение бурное и стремительное. Продольный профиль обычно ступенчатый, часты пороги и водопады. Преобладает глубинная эрозия.

Равнинные и горные реки имеют весьма существенные различия в типах питания и в характере водного режима.

Все это необходимо учитывать при выборе расчетных формул.

В связи с тем что *реки являются продуктом развития географического ландшафта* и учитывая, что главнейшие природные ландшафты существенно различаются между собой, необходимо признать, что и *реки основных географических зон также существенно различаются между собой*. Мы выделяем шесть гидрологических зон, границы которых совпадают с ландшафтными зонами, и соответственно им *реки того же названия*: реки арктической зоны, тундровой, лесной, степной, полупустынной и пустынной.

При переходе из одной географической (ландшафтной) зоны в другую одновременно происходит и изменение характера водного режима рек, что указывает на существование тесной взаимосвязи между главнейшими природными зонами и режимом рек.

В практической деятельности большой интерес представляет деление рек на большие, средние и малые. Ряд авторов рекомендует самые различные градации площадей для этих групп рек. В качестве примера можно привести таблицу существующих делений равнинных рек на группы по величине площади водосбора (табл. 15).

Таблица 15

Давление равнинных рек по величине площади водосбора

Группы рек	А. В. Огиевский (1936)	М. И. Львович (1938)	Б. Д. Зайков (1944)	Н. Н. Фаворин (1949)	П. С. Кузин (1953)
Малые	до 4 000 20 000	—	—	8 000—23 000	1 000— —2 000
Средние	до 20 000 100 000	до 200 000 300 000	до 50 000	15 000—80 000	50 000
Большие	> 100 000	> 300 000	> 50 000	> 80 000	> 50 000 100 000

В настоящее время к *малых равнинным рекам* многие гидрологи относят водосборы с площадями до 3 000 — 5 000 км² и к средним — с площадями до 30 000 — 50 000 км².

К. П. Воскресенским (1956) было предложено деление рек, которое приводится и в «Гидрологическом словаре» А. И. Чеботарева.

1. *Большая река* — протекающая в пределах нескольких географических зон. Режим ее является смешанным и зависит от климатических факторов, меняющихся не только во времени, но и по территории. Сток больших рек является транзитным в пределах отдельных географических зон и часто по величине не свойственным им.

2. *Средняя река* — протекающая в пределах одной географической зоны. Сток ее формируется в более или менее однородных физико-географических условиях. Она получает все виды питания в том характерном соотношении, которое свойственно данному физико-географическому району, и вследствие большого эрозионного вреза русла полностью дренирует подземные воды в пределах своего бассейна. Изменение стока средних рек по территории подчиняется закону географической зональности.

3. *Малая река* — имеет сток в течение всего года или временно пересыхает и промерзает, не полностью дренирует подземные воды. Сток малой реки может значительно отличаться от его зональной величины в данном районе вследствие влияния местных факторов. Он может быть как больше, так и меньше зональной величины.

Это деление учитывает *общие закономерности, но не лишено некоторых недостатков.*

Так, большая река может быть расположена в пределах одной географической зоны (р. Амур, р. Припять); закону географической зональности подчиняются не только средние, но и малые и большие реки, только проявление его на части малых и на всех больших реках происходит значительно сложнее, чем на средних реках; промерзание и пересыхание свойственны не только малым, но и средним и даже большим рекам (реки Ишим, Тобол, Яна, Индигирка и др.).

Реки могут быть подразделены по *характеру их режима*. Учитывая это, выделяют реки с зональным режимом, аazonальным и полизональным режимами.

Реки с зональным режимом — реки, режим которых отражает все наиболее типичные черты годовых и многолетних колебаний стока, свойственных данной географической зоне. Зональный, или простой, режим проявляется на средних и малых реках данной зоны независимо от того, дренирует она или не дренирует грунтовые воды.

Реки с аazonальным режимом — реки, режим которых сильно изменен местными особенностями (озерами, болотами и т. д.), по-

этому они оказываются несвойственными основной массе рек данной географической зоны.

Этот режим может проявляться как на малых, так и на средних реках.

Реки с полизональным режимом — реки, имеющие сложный режим, формирующийся, как правило, под влиянием особенностей ряда географических зон. Такой режим характерен главным образом для больших рек.

Рассмотренное деление рек не может быть одинаковым в различных географических зонах, соотношение между реками должно меняться как от одной географической зоны к другой (в меридиональном направлении), так и в пределах каждой географической зоны (в широтном направлении). Из-за разнообразия природных условий деление рек по ряду признаков (большие, малые, средние) должно производиться раздельно для равнинных и горных рек и для различных ландшафтных зон.

Кроме указанных классификаций рек большое значение имеют классификации рек по водному режиму, о которых подробно говорится в курсах гидрологии.

Напомним, что *деление рек по их водному режиму* дано в зависимости от преобладающего типа их питания и главных фаз водного режима.

Выделяют три основных типа:

I — реки с половодьем; II — реки с половодьем и паводками; III — реки с паводками. В каждом из них выделяют ряд подтипов по времени проявления главных фаз водного режима.



Глава V. ВЛИЯНИЕ АЗОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА РЕЖИМ ВОД СУШИ

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Зональное распределение климатических характеристик, элементов водного баланса по территории оказывает значительное влияние на гидрологический режим и его компоненты, которые также подчиняются зональному распределению. Кратко остановимся на некоторых закономерных изменениях элементов гидрологического режима по территории.

Сток. Среднегодовое значение стока тесно связано с осадками и испарением и всецело зависит от зонального изменения климатических факторов.

Изменение среднегодового стока по территории может быть представлено в виде изолиний, значения которых плавно уменьшаются с севера на юг от 10—12 л/с до 0,5—0,2 л/с с 1 км².

Весеннее половодье. В соответствии с общими зональными закономерностями начало весеннего половодья раньше всего (февраль — март) наблюдается в южных районах страны и постепенно продвигается на север, где оно начинается в мае — июне. Продолжительность весеннего половодья также заметно увеличивается с юга на север.

Степень минерализации речных вод связана с географической средой, с климатом, водным балансом и т. д. Здесь также отмечается четкая зональность в уменьшении минерализации вод в северных районах по сравнению с южными.

Изменяется и ионный состав речных вод. В северных районах преобладают ионы HCO_3 , а в южных SO_4 и Cl . О. А. Алекиным составлена гидрохимическая карта рек СССР, где четко показано зональное распределение речных вод по степени их минерализации и растворенным веществам.

Интенсивность *водной эрозии* характеризуется величиной мутности речных вод, которая находится в тесной зависимости от географического положения бассейна и климатических характеристик.

В распределении этой величины по территории наблюдается четкая зональность — увеличение мутности с севера на юг по зонам от 10—15 г/м³ до 500—1000 г/м³ и более.

Термический режим рек определяется балансом тепла и также подчиняется зональному распределению по территории. По соотно-

шению температуры воды и воздуха Е. М. Соколовым выделены типы рек и показано их распределение по территории.

На ледовый режим рек накладывает отпечаток зональность климатических элементов. Продолжительность ледостава уменьшается с севера на юг. Наиболее раннее замерзание рек наблюдается на севере и северо-востоке Сибири (сентябрь) и продвигается к югу и юго-западу (декабрь). Вскрытие рек происходит в обратном порядке — раньше других (февраль — март) вскрываются реки западных и юго-западных районов ЕТС и затем процесс вскрытия продвигается на север и северо-восток (май).

Говоря о зональности элементов гидрологического режима, нельзя не отметить зональность залегания грунтовых вод, которая оказывает значительное влияние на питание рек. Зональность грунтовых вод проявляется в закономерном уменьшении доли грунтового питания в направлении с севера на юг и увеличении глубины их залегания к югу.

Многие водные объекты имеют свои индивидуальные характеристики, которые в какой-то степени отличаются от средних зональных. Чем меньше река по своим размерам, тем больше ее индивидуальные особенности могут отличаться от средних значений.

Условия формирования гидрологического режима в таких бассейнах будут различны и режим их будет неодинаков.

Причины, вызывающие отклонения гидрологического режима водного объекта от характерного для данной зоны режима, заложены в его индивидуальных гидрографических особенностях и составляют группу так называемых азональных факторов. К ним относятся: размер бассейна, характер почвогрунтов, залесенность, заболоченность и многие другие факторы.

В практике гидрологических исследований наибольший интерес представляет роль карста, лесов, болот и озер, а в последнее время — агролесомелиоративные и водохозяйственные мероприятия в бассейнах рек.

§ 2. ВЛИЯНИЕ КАРСТА

Карст является одним из важных азональных географических факторов, существенным образом влияющих на водный режим рек.

Карст — комплекс своеобразных форм рельефа поверхностной и подземной гидрографической сети, образованный как результат воздействия движущейся воды на растворимые горные породы, известняки, доломиты, гипсы, соли.

В районах, сложенных этими породами, под действием воды возникают характерные формы рельефа (воронки, котловины, провалы).

В качестве показателя активности карстового процесса принимают отношение объема породы, выносимой в виде раствора

подземными водами из рассматриваемой карстовой области, к общему объему карстующихся пород в процентах.

Количественной характеристикой карстового процесса является коэффициент закарстованности, который представляет собой отношение объема карстовых пустот к объему горной породы, содержащей эти пустоты.

В карстовых районах поверхностный сток практически отсутствует, так как атмосферные осадки поглощаются карстовыми воронками и идут на питание грунтовых вод. Затем, уже за пределами распространения карста, карстовые воды выходят на поверхность в виде источников.

Чем большая площадь охвачена карстом, тем сильнее это отражается на режиме рек, в бассейнах которых он распространен.

При оценке влияния карста на водный режим учитывается следующее:

1. Реки берут начало в периферической части карстовой области, которая сама не входит в состав поверхностного водосбора этих рек. В этом случае водоносность рек в верховьях выше зональной за счет обильных выходов карстовых вод.

Внутригодовое распределение стока у таких рек более равномерное, поскольку карстовые воды обеспечивают устойчивое грунтовое питание рек в межень.

С удалением от истока влияние карста ослабевает, а водоносность и внутригодовое распределение приближается к обычным рекам. Например, р. Оредеж в верховье имеет средний годовой модуль стока 15—13 л/с км², а в нижней части бассейна 10—8 л/с).

2. Закарстованные площади находятся внутри бассейна, и поглощенные ими осадки не уходят за его пределы. Здесь под влиянием карста происходит лишь перераспределение и выравнивание стока внутри года: снижается сток паводков и половодий и увеличивается в межень. Суммарный годовой сток мало отличается от зонального. Например, реки Лодьма и Кепина; р. Кепина закарстована, $F = 1170 \text{ км}^2$, $h_{\text{за половодье}} = 79 \text{ мм}$, $h_{\text{год}} = 366 \text{ мм}$; р. Лодьма незакарстована, $F = 1400 \text{ км}^2$, $h_{\text{за половодье}} = 213 \text{ мм}$ — в 2,6 раза выше слоя стока р. Кепина, $h_{\text{год}} = 347 \text{ мм}$.

3. Карстовые воды полностью или частично отводятся за пределы бассейна. В этом варианте происходит снижение весеннего, паводочного и годового стока.

Как показали исследования, наиболее значительное влияние карст оказывает на режим малых рек с площадью водосбора до 500—1000 км². С увеличением площади водосбора режим карстовых рек приближается к зональному.

§ 3. ВЛИЯНИЕ ПЛОЩАДИ ВОДОСБОРА

Размер площади водосбора, один из важнейших а зональных факторов, от которого зависит годовой, сезонный, максимальный и минимальный сток.

Размер площади водосбора не связан с зональностью, поэтому рассматривается как азональный фактор. Зависимости же характеристик стока от площади водосбора зональны и различны для различных природных, а следовательно, и гидрологических зон.

Влияние площади на сток наиболее значительно проявляется в засушливых районах и слабее в зоне избыточного увлажнения.

Так, *годовой и весенний сток в засушливых степных и полупустынных районах существенно уменьшается с увеличением размера водосбора и, наоборот, увеличивается с его уменьшением.* Независимость его от размеров площади справедлива лишь до известного предела и пренебрегать ею можно не везде.

Зависимость *максимального и минимального стока* от площади водосбора проявляется везде. Обычно, чем больше площадь, тем меньше относительная величина (модуль) максимального стока и, наоборот, тем выше его минимальный сток в межень.

Таким образом, площадь водосбора играет роль регулятора стока.

§ 4. ВЛИЯНИЕ ОЗЕР И ВОДОХРАНИЛИЩ

Степень влияния озер и водохранилищ на годовой сток рек определяется разностью испарения с водной поверхности (z) и с поверхности суши (z_c) и степенью озерности, т. е. долей площади водосбора, занятой озерами. Чем больше разность $z - z_c$ и степень озерности, тем больше влияние озер на сток. В соответствии с этим при одной и той же озерности влияние озер на сток резко возрастает в направлении с севера на юг вместе с увеличением разности $z - z_c$.

А. А. Соколовым (1959) предложена формула для оценки снижения годового стока рек озерами и водохранилищами в различных географических условиях:

$$\Delta y = \left(\frac{x - z - y_v}{y} \right) \cdot p,$$

где Δy — снижение среднего годового стока реки под влиянием озер и водохранилищ (в процентах к стоку безозерной реки или до создания водохранилища в ее бассейне); y — средний годовой сток безозерной реки или реки до создания водохранилища (мм); x — годовые осадки на водное зеркало озера или водохранилища (мм); z — среднее годовое испарение с водной поверхности озера или водохранилища (мм); y_v — средний годовой слой стока с площади суши, занятой озером или затопленной водохранилищем (мм); p — доля площади водосбора, занятая озерами или водохранилищем (%).

Озера и водохранилища оказывают влияние на *внутригодовое распределение стока*, выравнивая его, а также снижают максимальные расходы воды и *увеличивают водность рек в межень.*

Кроме того, водохранилища влияют на окружающий комплекс физико-географических условий.

Говоря о регулирующем влиянии озер, необходимо отметить, что оно различно в зависимости от расположения озер в бассейне. Наибольшее регулирующее влияние оказывают озера, расположенные в главном русле вблизи от рассматриваемого створа. При расположении озер в верхней части бассейна и на второстепенных притоках основной реки их регулирующая роль снижается.

Создание водохранилищ вызывает изменение сроков вскрытия и замерзания рек, а следовательно, и продолжительности навигации. Изменения эти тем значительнее, чем больше площадь зеркала и объем водохранилища. В среднем период чистой воды уменьшается на 10—20 суток.

§ 5. ВЛИЯНИЕ БОЛОТ

Вопрос об оценке влияния болот на водный режим рек возник еще в XIX в. в связи с первыми крупными осушительными мероприятиями в России в бассейне р. Припяти (И. И. Жилинский).

В советское время были проведены большие исследования гидрологического режима болот (А. Д. Дубах, К. Е. Иванов, В. В. Романов, К. А. Ключева). В результате исследований роль болот может быть охарактеризована следующим образом: *болота снижают норму годового стока и, следовательно, испаряют воды больше, чем суходолы.*

Сток на заболоченных малых бассейнах Северо-Запада СССР на 25—30% ниже зональной нормы.

На внутригодовое распределение стока рек болота не оказывают заметного регулирующего влияния. Ранее считалось, что болота питают реки в межень, но в дальнейшем это не подтвердилось исследованиями. Было установлено, что болота не только не увеличивают питание рек в межень, но даже его уменьшают.

В отношении максимального стока было установлено, что болота, главным образом *низинные, снижают максимальный сток.*

§ 6. ВЛИЯНИЕ ЛЕСА

Дискуссии о влиянии леса на водоносность рек и возможных последствиях его вырубки ведутся уже несколько столетий. В ходе ее одни исследователи утверждали, что лес увеличивает сток, другие, наоборот, доказывали, что лес снижает его, вытягивая влагу из почвы и испаряя ее в атмосферу.

В советское время для решения этой проблемы проводились комплексные исследования большого коллектива ученых.

В результате различных исследований удалось получить основной вывод, который заключается в том, что *лес регулирует сток, снижает объем весеннего стока (особенно на малых бассейнах) и величину максимальных расходов воды.* Это можно объяснить

более медленным и более продолжительным снеготаянием в лесу по сравнению со снеготаянием на открытой местности, большей фильтрационной способностью и меньшей глубиной промерзания почв под пологом леса.

И. В. Иванов (1950), анализируя материалы по максимальному стоку, пришел к интересному выводу, что *наибольшее снижение максимального стока наблюдается в бассейнах со средней залесенностью (40—60%), так как при этом разновременность снеготаяния в поле и в лесу проявляется наиболее сильно.*

Влияние леса на минимальный сток непосредственно не установлено, однако несомненно, снижая половодье, увеличивая его продолжительность, лес благоприятно влияет на меженный сток в реках.

В итоге проблему влияния леса на сток нельзя считать окончательно решенной.

Выше были рассмотрены основные аazonальные факторы, оказывающие влияние на водный режим рек. Это естественные факторы, которые встречаются на речных бассейнах.

В последнее время появились новые факторы, которые надо учитывать при анализе режима стока, — влияние хозяйственной деятельности человека на процессы стока. К ним относятся агролесомелиоративные и агротехнические мероприятия в бассейнах различных рек и, конечно, интенсивная урбанизация, не принимающая во внимание которую мы уже не имеем права.

В связи с этим ведутся работы по учету влияния указанных факторов на режим рек и даже прогнозируется возможное влияние ряда мероприятий на водные ресурсы страны.

Глава VI. КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ВАЖНЕЙШИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СССР *

В Советском Союзе, в условиях развитого социализма, все большее значение приобретают вопросы комплексного и наиболее рационального использования водных ресурсов. О том, какое значение уделяется этому вопросу партией и правительством, говорилось в главе II.

В настоящее время перед нашим водным хозяйством, перед гидрологами поставлены вопросы перераспределения стока как внутри отдельных бассейнов, так и между ними, а также охраны водных ресурсов от загрязнения.

Решение их будет новым этапом в развитии нашего водного хозяйства. Но говоря о преобразовании природы, мы подразумеваем только разумное ее изменение, которое направлено на благо людей, в интересах народного хозяйства.

Когда рассматриваются и претворяются в жизнь варианты перераспределения стока в различных районах страны, вносятся изменения в естественную гидрографическую сеть — появляются новые водные объекты — водохранилища, появляются новые искусственные водные артерии — каналы. О том, какие изменения ожидают нашу природу в будущем, рассказывается в этой главе.

§ 1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА РСФСР, БЕЛОРУССИИ И РЕСПУБЛИКИ ПРИБАЛТИКИ

Северо-Запад РСФСР, республики Прибалтики и Белоруссия имеют достаточные для народного хозяйства водные ресурсы. Из потенциальных запасов гидроэнергоресурсов Северо-Запада (около 43 млрд. кВт·ч в год) в настоящее время используется около 25%. Предусматривается дальнейшее использование в области гидроэнергетики рек Кольского полуострова, Карелии и ряда северных рек, хотя на реках района и построен целый ряд гидроэлектростанций — Княжегубская, Иовская и Кумская на р. Ковде, Туломская и Верхне-Туломская на р. Туломе, три электростанции на р. Ниве, на Карельском перешейке — Светогорская, Лесогорская на р. Имандре.

* В главе использованы материалы учебного пособия Н. В. Зарубаева. «Комплексное использование и охрана водных ресурсов». Л., 1976, с. 167—205.

Для судоходства реки Северо-Запада пригодны мало и для его улучшения построены судоходные каналы (Беломорско-Балтийский канал, Сайменский). Большинство рек используется для лесосплава, а озера, являющиеся естественными регуляторами стока, имеют большое значение для рыбного хозяйства.

Гидроэнергоресурсы Прибалтики и Белоруссии не превышают 7 млрд. кВт в год, из них используется не более 20%. В перспективе возможно строительство нескольких гидроэлектростанций на реках Западная Двина, Неман, помимо действующих — Каунасской на р. Неман, Кечумской, Витебской и Плявинской ГЭС на Западной Двине, Нарвской — на р. Нарве.

В рассматриваемых районах проводятся мелиоративные работы. Намечается осуществление комплекса инженерных мероприятий по защите городов Ленинграда и Архангельска от наводнений. В перспективе будет осуществлена переброска стока некоторых северных рек (Печоры, Северной Двины, Мезени, Онеги) в южные и юго-западные районы.

§ 2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ УКРАИНЫ И МОЛДАВИИ

На территории этих республик расположены бассейны рек Днепра, Южного Буга, Днестра и Прута. Водные ресурсы по территории распределены неравномерно — на севере района их достаточно, а южная и юго-западная часть территории испытывает водный дефицит в связи с интенсивным развитием орошаемого земледелия.

Экономические гидроэнергоресурсы в бассейнах упомянутых выше рек составляют около 35 млрд. кВт в год, а используется около 20 млрд. кВт·ч. Основная доля использования гидроресурсов приходится на р. Днепр с каскадом гидроузлов. Практически интерес представляет создание каскада ГЭС в среднем течении Днестра и в верховьях Прута.

Для улучшения водоснабжения центральной части и юга Украины выполнены большие работы по строительству крупных каналов — Северский (Северный) Донец — Донбасс и Днепр — Кривой Рог, сооружается канал Днепр — Донбасс и намечается строительство канала Днепр — Ингулец — Ингул и расширение Северо-Крымского канала, что необходимо для дальнейшего развития орошения в Северном Крыму.

Водохозяйственные балансы в бассейнах рек Южный Буг и Днестр в связи с увеличением безвозвратных потерь в пять-шесть раз в последующие годы будут весьма напряженными. Поэтому необходимы мероприятия по регулированию стока гидроузлами. В первую очередь должны быть построены на р. Днестре Могилев-Подольский, Унижский и Жванчикский гидроузлы.

В перспективе в связи с увеличением орошения и ростом водопотребления увеличится ежегодный дефицит воды. Выход из соз-

давшегося положения может быть найден посредством переброски стока из бассейнов северных рек и путем использования части стока в низовьях р. Дуная.

§ 3. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ БАССЕЙНА КАСПИЙСКОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ

Рассматриваемый район является наиболее населенной частью СССР, здесь сосредоточена основная часть промышленного и сельскохозяйственного производства. Распределение же водных ресурсов внутри района характеризуется большой неравномерностью.

Основная водная артерия этой зоны — Волга со среднемноголетним стоком около 250 км^3 . По сравнению с концом прошлого века водность ее сократилась примерно на 20%, что было вызвано весьма длительной фазой маловодья, охватившей большую часть европейского континента, а также в какой-то мере потерями при орошении, водоснабжении и испарении с поверхности созданных водохранилищ. В бассейне Волги и Камы намечается эксплуатация 12 ГЭС общей мощностью свыше 12 млн. кВт. Напряженность водохозяйственного баланса Волжско-Камского бассейна вызвана рядом причин, среди которых наиболее важной является потребление больших объемов воды. Так, на орошение около 300 тыс. га расходуется примерно $2,2 \text{ км}^3$ воды в год. В перспективе площадь орошения увеличится до 2 млн. га и соответственно забор воды достигнет 15 км^3 .

Значительные объемы воды используются для водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий. Для улучшения водообеспечения создаются местные водохранилища, строятся водопроводные линии.

В целях обеспечения потребности в воде Курской магнитной аномалии проектируется перебросить туда часть стока из р. Дона при условии подпитывания его верховьев подачей воды из р. Оки.

В связи с возрастающим засолением Азовского моря рассматривается вариант дополнительной подачи воды в Дон из Волги.

Для улучшения водообеспечения северной части Прикаспийской низменности рассматривается вариант строительства канала Волга — Урал, забор воды в который намечено осуществить из Волгоградского водохранилища ($4\text{—}10 \text{ км}^3$ воды ежегодно).

Рост безвозвратных потерь в бассейне Волги увеличивает дефицит водных ресурсов, а это заставляет думать о необходимости перераспределения речного стока за счет переброски воды из северных рек в бассейны Камы и Волги.

В Уральском экономическом районе водные ресурсы распределены крайне неравномерно. Проблема дальнейшего водообеспечения населения и промышленных объектов должна решаться путем создания нескольких десятков водохранилищ.

Для улучшения водоснабжения Свердловского промышленного района необходимо осуществить переброску стока р. Уфы в р. Чузовую.

Создание водохранилищ в верхнем течении р. Уфы в значительной степени удовлетворит потребности промышленности Челябинской области.

На р. Урал создано несколько водохранилищ, которые регулируют ее сток, но для обеспечения запросов всех водопользователей этого мало, необходим еще ряд дополнительных более мелких водохранилищ.

§ 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОКА РЕК СЕВЕРНОГО КАВКАЗА И РЕСПУБЛИК ЗАКАВКАЗЬЯ

К основным рекам Северного Кавказа относятся низовья Дона, Кубани, Восточный Маныч, Кума, Терек, Сулак и Самур. Из возможных гидроресурсов (25 млрд. кВт) вырабатывается около 25%. На р. Сулак построена крупнейшая ГЭС Северного Кавказа — Чиркейская. Проектируются гидростанции на реках Терек, Аварское Кайсу, Сулак и Самур.

В низовьях Терека и Сулака много орошаемых площадей, для нужд которых расходуется около 70% среднемноголетнего стока. В дальнейшем для удовлетворения потребностей орошаемых площадей, вероятно, потребуются строительство ряда водохранилищ.

В целях улучшения водоснабжения Краснодарского и Ставропольского краев были построены каналы Кубань-Калаусский, Терско-Кумский, Донской и другие. Большинство из них предназначено для орошения и обводнения земель.

В бассейне р. Кубань почти 60% стока расходуется на нужды сельского и рыбного хозяйства.

Водообеспеченность Закавказских республик незначительна. Наиболее богата водной энергией Грузия. В республике много электростанций действует и проектируется. Это обеспечивает запросы ирригации, энергетики и водоснабжения.

На территории Армении важной водохозяйственной проблемой является стабилизация уровня воды в оз. Севан, с целью обеспечения нормальной работы Севано-Разданского каскада гидроэлектростанций и орошения в Араратской долине. Это решается путем переброски части стока из реки Арпы.

§ 5. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕСПУБЛИК СРЕДНЕЙ АЗИИ И КАЗАХСТАНА

В пределах Казахстана водные ресурсы распределены очень неравномерно, центральные и западные его районы испытывают большую потребность в воде.

Для удовлетворения нужд промышленности в центральном Казахстане построен канал Иртыш — Караганда. Обеспечение во-

дой северных районов Казахстана предполагается осуществить за счет канала Иртыш — Ишим — Тобол, общей протяженностью около 800 км.

Удовлетворение потребностей западных районов Казахстана будет решено путем переброски воды по каналу Волга — Урал. Кроме того, на р. Эмбе создается Арал-Тюбинское водохранилище. Потребности Мангышлака предполагается удовлетворить путем прокладки водопроводов и подачи воды из Амударьи, а также из Волги по водоводам, уложенным по дну Каспийского моря.

Река Иртыш, протекающая по территории Казахстана, имеет большое энергетическое значение. На ней действуют Бухтарминская и Усть-Каменогорская ГЭС, проектируются Шульбинская, Семипалатинская, Белокаменная и Известковская ГЭС. На реке Или также проектируется ряд новых гидростанций.

Вопросы водообеспечения в южной части Казахстана (орошение, водоснабжение) будут решаться регулированием местного стока (водохранилища, каналы).

В целом для центральной части Казахстана дефицит в воде может быть покрыт только при осуществлении переброски значительных объемов воды из рек Иртыша и Оби.

Основными реками среднеазиатских республик являются Сырдарья и Амударья. В бассейнах этих рек находится свыше половины всех орошаемых земель СССР. Экономические гидроэнергоресурсы рек Средней Азии велики — 146 млрд. кВт, что составляет примерно 15% ресурсов всей страны. Однако степень использования их не превышает 25 млрд. кВт в год. Для района характерна система двойного регулирования стока: в пределах горной части бассейна создают водохранилища многолетнего регулирования для нужд энергетики и орошения, при этом вода распределяется между сезонами по энергетическому графику, а в среднем и нижнем течении рек — водохранилища для целей ирригации.

В бассейне Сырдарьи наиболее крупные водохранилища Сардаринское, Кайраккумское и Токтогульское.

Самая крупная ГЭС — Токтогульская на р. Нарын. В перспективе на Нарыне может быть построен еще ряд гидростанций.

Наиболее крупными водопотребителями в пределах р. Сырдарьи являются оросительные системы в Голодной и Дальверзинской степях и в Ферганской долине. В связи с интенсивным ростом водопотребления уже сейчас наблюдается дефицит воды. Поэтому необходимо принять меры к бережному ее расходованию, детально изучить современный водный баланс, рассмотреть вопрос переброски стока сибирских рек.

Верхняя часть бассейна Амударьи с притоками Вахш и Пяндж характеризуется избытком водных ресурсов над потреблением. На р. Вахш построен самый крупный в Средней Азии гидроузел — Нурекский, обеспечивающий сезонное регулирование ни-

жерасположенных районов. Выше по течению начато строительство Рогунского гидроузла.

На реке Пяндж в перспективе предполагается строительство ряда ГЭС.

Для нужд орошаемого земледелия забирается большое количество воды. Только Каракумский канал имеет расход 300—350 м³/с. Непрерывный водозабор уменьшает годовой сток Амударьи. Поэтому здесь для решения водохозяйственных задач необходимо также рассмотреть вопрос о переброске стока из бассейнов рек Оби и Иртыша.

Весьма важной проблемой региона является проблема Аральского моря, которое ежегодно недополучает около 25 км³ воды, в дальнейшем эта цифра будет увеличиваться. Единственный выход, чтобы сохранить Арал, будет его пополнение за счет водных ресурсов сибирских рек.

§ 6. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕК ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Восточно-Сибирский район богат полезными ископаемыми и для их разработки необходимо большое количество электроэнергии. В бассейнах рек Енисея и Ангары потенциальные гидроресурсы составляют 250 млрд. кВт, а на действующих и строящихся ГЭС должно вырабатываться около 100 млрд. кВт. Причем стоимость 1 кВт по сравнению со стоимостью энергии в европейской части СССР в 2,5—4 раза дешевле из-за благоприятных условий строительства. Поэтому гидроэнергетика здесь является ведущим компонентом водохозяйственных комплексов, а затем идут водоснабжение и судоходство.

В настоящее время на р. Ангаре действуют Иркутская и Братская ГЭС, заканчивается строительство Усть-Илимской и проектируются Богучанская, Суховская и Тельминская гидроэлектростанции. На Енисее эксплуатируется самая крупная в мире Красноярская ГЭС и строится Саяно-Шушенская, могут быть построены Енисейская, Осиновская и Игарская ГЭС. Намечены створы для проектирования ГЭС на реке Подкаменная Тунгуска.

Предусмотрено строительство шлюзов и судоподъемников, чтобы обеспечить сквозное судоходство.

Водные ресурсы р. Лены с притоками используются незначительно. В основном это судоходная трасса, связывающая районы Якутии с Транссибирской железнодорожной магистралью и Северным морским путем.

Запасы гидроресурсов составляют около 240 млрд. кВт·ч, но вырабатывается только ничтожная часть Мамаканской и Вилуйской ГЭС. По схеме использования водных ресурсов Ленского бассейна предусматривается строительство ряда гидроузлов — Мухтуйской, Олекминской и Якутской ГЭС. В низовьях р. Лены возможно строительство Нижнеленской ГЭС. Существуют вариан-

ты строительства гидроузлов и на притоках р. Лены. Рассматривается возможность энергетического использования рек Колымы, Индигирки и Адычи.

Весьма актуальны водохозяйственные проблемы в бассейне р. Амур. При проектировании водохозяйственных комплексов в бассейне р. Амур основное внимание уделяется борьбе с наводнениями, а также гидроэнергетике и гидромелиорации.

После завершения строительства гидроузла на р. Зее будет полностью устранена опасность наводнений на нижерасположенных площадях и расширится энергетическая база Амурской области.

В дальнейшем будут весьма перспективны комплексные гидроузлы Дагмарский на р. Селемдже и Бурейский на р. Бурее.

Строительство комплексных гидроузлов вызовет увеличение глубин на реке в период навигации, тем самым улучшатся условия судоходства по р. Амуру и его притокам.

В целом решение вопросов водообеспечения для Амурской области не связано с какими-либо трудностями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долгополов К. В., Федорова Е. Ф. Вода — национальное достояние. М., 1973, с. 3—92.
2. Зарубаев Н. В. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. Л., 1976. 223 с.
3. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. Л., 1974, с. 22—59.
4. Ржаницын Н. А. Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. Л., 1960, с. 3—72.
5. Соколов А. А. Гидрография СССР. Л., 1964. 534 с.
6. Панов Б. П. Лекции по гидрографии СССР, ч. 1. Физическая гидрография. Л., 1971. 187 с.
7. Чеботарев А. И. Общая гидрология. Л., 1975, с. 208—533.



ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	5
Предмет гидрографии и ее задачи	5
 Глава I. Водные ресурсы СССР	 6
§ 1. Общие положения	6
§ 2. Специфические особенности водных ресурсов	9
§ 3. Краткая характеристика компонентов водных ресурсов СССР	11
 Глава II. Изучение водных ресурсов СССР	 14
§ 1. Краткая история гидрографических исследований	14
§ 2. Методы изучения водных ресурсов	18
§ 3. Обобщение материалов по водным ресурсам СССР и их публикация	20
§ 4. Преобразование и охрана водных ресурсов	22
 Глава III. Речная сеть и закономерности ее строения	 27
§ 1. Основные элементы речной сети	27
§ 2. Гидрографические характеристики речного бассейна	31
§ 3. Взаимосвязь гидрографических характеристик бассейна и водотока	39
§ 4. Классы рек. Законы строения речных систем	42
§ 5. Изменение основных гидрологических характеристик речной системы в зависимости от размеров (порядка) потоков	47
 Глава IV. Классификация рек СССР	 52
§ 1. Гидрологическая зональность. Гидрологические зоны	52
§ 2. Классификация рек	53
 Глава V. Влияние аazonальных факторов на режим вод суши	 58
§ 1. Общие положения	58
§ 2. Влияние карста	59
§ 3. Влияние площади водосбора	60
§ 4. Влияние озер и водохранилищ	61
§ 5. Влияние болот	62
§ 6. Влияние леса	62
	71

Глава VI. Комплексное использование водных ресурсов и важнейшие водохозяйственные проблемы СССР	64
§ 1. Использование водных ресурсов Северо-Запада РСФСР, Белору- ссии и республик Прибалтики	64
§ 2. Водные ресурсы Украины и Молдавии	65
§ 3. Водохозяйственные проблемы бассейна Каспийского и Азов- ского морей	66
§ 4. Использование стока рек Северного Кавказа и республик За- кавказья	67
§ 5. Водохозяйственные проблемы республик Средней Азии и Ка- захстана	67
§ 6. Перспективы использования рек Восточной Сибири и Даль- него Востока	69
Литература	70

Вадим Георгиевич Орлов

ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ГИДРОГРАФИИ

Учебное пособие

Редактор И. Н. Базилевская

Корректор Л. В. Ломакина

М-13186 Сдано в набор 21.XI. 1978 г. Подписано к печати 3.10.79.
Формат 60×90¹/₁₆. Бумага тип. Печ. л. 4,6. Уч.-изд. л. 4,8.
Темплан 1979 г. поз. 1283. Тираж 800. Цена 19 коп. Зак. 185
Издание ЛПИ имени М. И. Калинина, 195251, Ленинград, Политехническая, 29

Типография 6 ВОК ВМФ