Проверено 1939 г.

КОМИТЕТ ПО ИЗУЧЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОЗЕРА СЕВАН
ПРИ СОВЕТЕ НАРОДНЫХ КОМИССАРОВ ЗСФСР

СЕВАНСКОЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО

ПРОВЕРЕНО
1951 г.

Отдел 591481
Шифр М 34

ОБМЕН

ПРОВЕРЕНО
1960 г.

МАТЕРИАЛЫ
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ОЗЕРА СЕВАН
И ЕГО БАССЕЙНА

Под редакцией профессора В. Г. ГЛУШКОВА
и Завед. Севанским Бюро В. К. ДАВЫДОВА

БИБЛИОТЕКА
МОСКОВСКОГО
Гидро-Метеорологическ.
ИНСТИТУТА
47785

ЧАСТЬ V

И. А. Киреев

ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ОЗЕРЕ СЕВАН

БИБЛИОТЕКА
ГОС.-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА
ИНВ. № 15203

ЛЕНИНГРАД
1933

БИБЛИОТЕКА
ЛЕНИНГРАДСКОГО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

Ответственные редакторы: *В. Г. Глушков* и *В. К. Давыдов*

Технический редактор *С. Ю. Белинков*

Издание Закавказского Севанского Комитета

Сдано в набор 23/VI—33 г. Подписано к печати 5/VIII—1933 г.

Формат бум. 82 × 110 см. Объем 8 печ. л. Тип. зн. в 1 п. л. 59280

Ленгорлит № 69. Тираж 500 Заказ № 5461

Типография „Советский Печатник", Ленинград, Моховая, 40

ԱՖԽՍՀ ԺՈՂԿՈՄԽՈՐՀԻՆ ԿԻՑ
ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՅԵՎ ՈԳՏԱԳՈՐԾՄԱ՝ ԿՈՄԻՏԵ
ՍԵՎԱՆԱ ՀԻԴՐՈՄԵՏԵՈՐՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՅՈՒՐՈ

ՆՅՈՒԹԵՐ

ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ՅԵՎ ՆՐԱ ԱՎԱԶԱՆԻ ՈՒՍՈՒՄՆ ՐՈՒԹՅԱՆ

ԽՄԲԱԳՐՈՒԹՅԱՄԲ
Պրոֆ. Վ. Գ. Գլուշկովի
և Սեվանա Բյուրոյի Վարիչ
Վ. Կ. Դավիդովի

Մ. V.

Ի.Ա.ԿԻՐԵՅԵՎ
ՀԻԴՐՈԳՐԱՖԻԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆ ՍԵՎԱՆՍ ԼՃԻ ՎՐԱ

ԼԵՆԻՆԳՐԱԴ

THE COMMITTEE FOR THE INVES ON OF LAKE SEVAN
at the Council of People Commissaries ranscaucasian S. F. S. R.
THE SEVAN HYDRO-METE GICAL BUREAU

MATE LS

ON THE INVESTIGATION OF SEVAN AND ITS BASIN

. Gluškov
Edited by Prof au V. K. Davydov
and the Chief of the

Hydrographical of the Lake Sevan
b ireev

ad 1933

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Общий обзор работ 5

I. Триангуляция 8

II. Магистральные рабо

1. Высотная база 10
2. Проведение магис в 1928—29 г. 10
3. Работа 1930 г. тео том Вильда 12
4. Уравнивание нивел ки магистрали 15
5. Точность геодезич коэффициента рефр нивелирования магистрали. Определение 21

III. Определение горизонта 26

IV. Съемка берегов . . . . . овых вод в районе селения Ордаклу . . . 34

V. Промер глубин 39

1. Шлюпочный промер 42
2. Судовой промер 42
3. Составление батиметри 45

VI. Морфометрические данные карты. Особенности рельефа дна озера . 60

П р и л о ж е н и я: 65

Инструкция 1929 г. для гидр
Инструкция 1930 г. для провеских работ на озере Севан 91
Инструкция 1930 г. для съем магистрали 1″ универсалом Вильда . 114
Инструкция 1931 г. для обраб вой полосы 124
Инструкция 1930 г. для судово метрической съемки 126
Инструкция 1931 г. для обрабо ра 127
Батиметрическая карта оз. Сева ого промера 130

CON S

On the evecuted work in general . . . .

page

I. Triangulation 5
II. Work on fhe line 8
III. Determination of the ground water level 10
IV. Coastal survey . . . . . ict of village Ordaklu . . 34
V. Depth soundings 39
VI. Morphometrical data 42

A p p e n d i x: 65

Instructions for the execution of the work
Bathymetrical charts of the lake Sevan.

ОБЩИЙ ОБЗОР РАБОТ

Задачей гидрографической съемки озера Севан являлось составление топографической основы для разработки проекта использования озера в ирригационных и энергетических целях.

Ввиду сложности и сравнительной дороговизны работ по промеру глубин, первоначальным планом, составленным в 1928 г., намечалось выполнение промера в таком объеме и с такой подробностью, которые были бы достаточны для составления рабочих проектов. В значительной мере эта цель достигнута, по крайней мере в отношении морфометрических подсчетов, которые не могут сколько-нибудь существенно измениться даже в том случае, если более подробный промер обнаружит впоследствии какие-либо детали, ускользнувшие при промере 1929—31 гг. Отличительные черты подводного рельефа в той мере, в какой они должны удовлетворять требованиям проекта, также можно считать выясненными, за исключением некоторых деталей, касающихся наибольших глубин в Норадузском проливе и Большом Севане. Съемка береговой полосы, произведенная в масштабе 1:10000, потребует уточнения лишь в районе головных сооружений.

Вплоть до 1930 года в планово-хозяйственных органах не было твердой установки по вопросу об использовании оз. Севан. Это отразилось на объеме и направлении исследовательских работ Севанского Бюро, в частности на организации гидрографических работ. Только при поддержке местных органов и энергичных усилиях всего персонала съемка озера, хотя и с некоторыми сокращениями, была выполнена своевременно в следующей постепенности.

В августе 1928 г. после испытательных работ по проведению магистрали, с целью обоснования сметных и плановых соображений, начались нивелировочные работы для связывания нулей реек водомерных постов, и до наступления зимы было пронивелировано 28 *км* магистрали от сел. Ордаклу до Чубухлинской равнины. Кроме того, были начаты работы по определению горизонта грунтовых вод в районе сел. Ордаклу и, наконец, определено 7 тригонометрических пунктов. Совместно с Закавказской экспедиции Академией Наук СССР производилась съемка Мазринской равнины. Работы 1928 г. выполнялись за счет экономии кредитов в ожидании утверждения новой сметы. Естественно, что при отсутствии специальных кредитов не было достаточного техперсонала и оборудования и работы носили несколько случайный характер.

Затяжная весна 1929 г. позволила начать полевые работы лишь в июне и к концу года не удалось закочить съемку и промер Малого Севана, как это намечалось по общему плану. Триангуляция была выполнена, но магистральные, съемочные и промерные работы охватили главным образом западное побережье. Работа выполнялась 3—5 партиями при общем составе 5—8 инженеров и техников и 20—30 десят-

ников и рабочих. Выполнялись все виды работ, кроме судового промера.

В 1930 г. число полевых партий было доведено до 9 при 11 инж. и техников и 50 десятников и рабочих. Введены были некоторые сокращения и упрощения, изложенные ниже. Одновременно были приняты меры к подготовке кадров на месте, а недостававшее оборудование было получено путем довольно сложных соглашений с другими учреждениями. Осенью работа приняла ударный характер и дружными усилиями всего состава в крайне тяжелых условиях была доведена до конца. В отношении судового промера, начатого лишь в октябре, остались некоторые сомнения, которые и пришлось разрешать в 1931 году.

Обработка материалов, законченная в декабре 1931 г., производилась в Ленинграде. Твердый штат состоял всего из 3—4 лиц, а остальные сотрудники в силу необходимости были приглашены из других учреждений, главным образом для работы в вечерние часы.

При таких условиях и при большой спешности работ потребовалось крайнее напряжение от основного кадра работников.

Внутреннее содержание и количество выполненных работ видны из помещенного ниже перечня.

Триангуляция выполнялась совместно с Наркомземом ССР Армении, причем вся работа произведена триангуляционными партиями НКЗ под руководством и частью при личном участии инж. Лотоева.

Высотная база на участке Еленовка—Чубухлы обеспечена точной нивелировкой Закавказского Геодезического Управления, выполненной в 1926 г. инженером Полозовым.

Магистральные работы продолжались в общей сложности 15 месяцев. Основной ход, замкнутый вокруг всего озера и проведенный по возможности недалеко от берега, имел протяжение 231,33 *км*, отношение к длине береговой линии составило 0,88. Ход был разделен на 41 участок, из которых каждый в отдельности привязывался к тригонометрической сети; 5 тригонометрических пунктов совпало с вехами магистрали, а в остальных случаях проводились примычные хода. Общая длина примычных ходов достигла 13,76 *км*; средняя длина участка магистрали, считая с примычным ходом, составила 6,1 *км*. Сверх того проведено 4,94 *км* висячих ходов; таким образом общий периметр магистральных ходов достиг 250,03 *км*.

Установлено 647 вех магистрали, из которых 118 в виде железобетонных знаков, а остальные представляли насечки на скале. Общее число сторон магистрали 634; средняя длина стороны 400 *м*.

Съемка береговой полосы на протяжении 43 *км* произведена мензулой (площадь 38 *кв. км*); остальная часть, 221 *км*, заснята тахиметрическим способом (площадь 28 *кв. км*). Число точек геометрической сети 86; для тахиметрической съемки определено 240 точек опорной сети.

Общее число измеренных глубин — 56 609. Применялись почти все виды промера: шлюпочный по створам и засечкам, шлюпочный по створам с определением секстаном, шлюпочный с определением компасом, судовой по створам и засечкам, судовой по компасу с определением секстаном, зимний на льду по створам и квадратам.

Вычислительные работы в отношении триангуляции и прокладки магистрали в силу необходимости выполнены дважды (в связи с изменением системы Гаусса-Крюгера). При обработке промера составлено 1280 задач Потенота (на плоскости), из них 488 — для обработки судового промера.

Составлено 65 планшетов, из них:

4	планшета	в	масштабе	1 : 2 000
3	„	„	„	1 : 2 500
40	„	„	„	1 : 10 000
17	„	„	„	1 : 25 000
1	„	„	„	1 : 50 000

Судовой промер по всему озеру обработан в масштабе 1:25 000, за исключением Чубухлинского и Александровского заливов, обработанных в масштабе 1 : 10 000 и центральной части Б. Севана, для которой можно было ограничиться масштабом 1 : 50 000. На 38 планшетах масштаба 1 : 10 000 нанесен лишь шлюпочный промер.

Батиметрическая карта обзорного характера составлена в масштабе 1 : 100 000 и приложена к настоящему очерку. Так как фотографировались основные планшеты масштаба 1 : 25 000 без удаления промежуточных изобат, то при крутизне ската свыше 0°30′ изобаты слились наподобие отмывки, и карта приобрела смешанный характер, батиметрический и рельефный. Для более точных проектировочных работ имеются отпечатанные планшеты в масштабе 1 : 25 000, поэтому сочтено было излишним вычерчивать карту через 5 — 10 *м*.

Две карты гидроизогипс, отпечатанные в масштабе 1 : 5 000 составлены по планшетам масштаба 1 : 2 500.

К настоящему очерку прилагаются инструкции, по которым произведены работы, с теми изменениями и дополнениями, надобность в которых выяснилась в процессе самих работ.

Составленный отдельно технический отчет о работах содержит каталог тригонометрических пунктов, ведомость координат магистрали, сводные ведомости нивелировки и журналы промера.

Технический персонал за время работы менялся. Основное его ядро составили начальники партий: С. П. Воробьев, Г. Б. Гаспаров, А. И. Блохин и Р. Б. Сукиасов.

I. ТРИАНГУЛЯЦИЯ

Геодезическая основа, имевшаяся в районе Севана для съемки в масштабе 1 : 10000, не была достаточной ни по густоте сети, ни в отношении сохранности центров.

В 1928 г. при составлении плана гидрографических работ, был выработан план триангуляции 1-го кл. представляющий центральную систему—семиугольник с полюсом на Сары-кае и с исходной стороной Ахдаг-Гюзальдара [1]). Этим непосредственно достигалась привязка к государственной сети и весь район озера получал основу, достаточную для заполнения и сгущения сети. К сожалению, от этого плана пришлось отказаться по причинам, независящим от руководства работами.

Окончательный план триангуляции, в общих чертах изложен в „Инструкции 1929 г.". Здесь дано краткое описание работ с указанием подробностей, имеющих значение для будущих работ на Севане.

Схема триангуляции, послужившая основой для гидрографических работ, представляет замкнутую вокруг всего озера цепь геодезических четыреугольников, на южном берегу перемежающихся с центральными системами. Исходной стороной послужила сторона Кызылдаг-Кетандаг триангуляции I-го кл. ВТО 1898—99 гг. В соответствии с задачами съемки для обеспечения магистрали определено 28 дополнительных пунктов, из которых один на острове Севан, а остальные в прибрежной полосе. Общее число определенных пунктов 110, из которых 3—1-го класса, 9—2-го, 70—3-го и 28—4-го и 5-го классов. Сюда входят тригонометрические пункты Севанского Гидрометеорологического Бюро и пункты Наркомзема ССР Армении, который производил триангуляцию для землеустроительных работ и частично захватывал районы, прилегающие к озеру; естественно, что триангуляционные работы обоих учреждений были согласованы и частично объединены.

Упомянутое выше построение сети в виде ряда четыреугольников и центральных систем и явилось результатом этого согласования.

В 1928 г., как и в последующие годы, все триангуляционные работы в ССР Армении попрежнему велись на сфероиде Вальбека, принятом в основу со времен Закавказской триангуляции 1847—53 гг. В соответствии с постановлением 3-го геодезического совещания, Бюро считало необходимым перейти на сфероид Бесселя в Пулковской системе, чтобы сделать возможным применение системы Гаусса-Крюгера, о преимуществах которой говорить не приходится. Но вопрос о применении системы Гаусса-Крюгера находился еще в проекте и соответствующие таблицы вышли из печати лишь в 1930 г. Оставалось либо применить систему Зольднера, для чего пришлось бы вычислить таблицы поправочных членов, либо остановиться временно на какой-либо упрощенной системе прямоугольных координат, так как рано или поздно, при окончательной обработке, все равно предстояло перейти на систему Гаусса-Крюгера. Выход из

---

[1]) №№ 3214 и 3218 по каталогу пунктов I-го кл. ,уравненных комиссией Шарнгорста

положения был найден путем некоторого видоизменения системы Зольднера, о чем изложено в следующей главе.

В виду параллельного выполнения триангуляции и съемочных работ, съемочные и промерные партии получали рабочие координаты тригонометрических пунктов, вычисленные на сфероиде Вальбека и в прямоугольных координатах. Впоследствии оказалось, что в пределах тех небольших участков, по которым увязывалась магистраль, на 36 планшетах из 40 не произошло никакого искажения съемки, и вообще для тех заданий, которые были даны Бюро, результаты триангуляции можно считать удовлетворительными; но с чисто геодезической точки зрения можно иметь разные мнения о триангуляции, выполненной замкнутым полигоном 3-го класса длиной 250 *км* при наличии основы 1-го кл. лишь на одном краю сети. Достаточно указать на следующие факты.

а) В 1929 г. работа велась по обоим берегам Малого Севана; в 1930 г. работа продолжалась двумя партиями по обоим берегам Большого Севана, причем осенью оба ряда 3-го кл. были сомкнуты в районе оз. Гилли. Невязка при смыкании последней стороны △ Гюльвидаран—△ Схрхана по длине составила 10 *см*, т. е. 1 : 28700, но по φ и l дана соответственно 0″,279 и 0″,018 при расхождении азимутов в 36″,854. При общем числе в 145 треугольников в большинстве случаев невязки в треугольниках не превышали 10″, в 28 случаях составили от 10″ до 20″ и в трех случаях от 24″ до 35″. Последние невязки произошли именно там, где условия работы по чисто внешним причинам были совершенно ненормальными.

б) Так как ко времени составления настоящего обзора НКЗемом еще не было закончено уравновешивание триангуляционной сети после перевычисления ее на сфероиде Бесселя в Пулковской системе, то каталог пунктов тригонометрической сети, проведенной вокруг озера, не может быть напечатан, и пользование этими пунктами впредь до уравновешивания связано с известными ограничениями. Что касается работ Бюро, то вычисление триангуляции производилось уже в то время, когда происходила обработка планшетов. Линейное расхождение рабочих координат с уравненными в самом отдаленном восточном пункте сети не превышает 4,6 *м*, следовательно для карты глубин, составленной в масштабе 1 : 100 000, это расхождение не имеет никакого значения, точно так же, как и для всех планшетов масштаба 1 : 25 000 западнее меридиана 45°30′ и для планшетов масштаба 1 : 10 000 западнее меридиана 45°10′. На прочих планшетах придется лишь исправить рамки на 0,1—0,4 *мм* и внести незначительные исправления в съемке на четырех планшетах, включающих △ Гюльвидаран и смежные пункты.

Отдельно стоит вопрос о триангуляции 1-го кл., выполненной в 1930 г. на средства Бюро для привязки описанной выше триангуляции к государственной сети. В Закавказье силами ЗГУ производилась и производится государственная триангуляция 1 кл., которая должна внести известные изменения в так называемые координаты Шарнгорста; но территория ССР Армении была включена в план лишь на 1932 г., поэтому и пришлось привязаться к стороне Ахдаг-Карниярых [1]). Длина сторон была от 22 до 54 *км*. Наблюдения производились 10-ти секундным теодолитом Керна 6 приемами, а не 12, т. к. в высокогорной местности, при быстро меняющихся атмосферных условиях, целесообразнее сократить число приемов, чтобы произвести наблюдения, по возможности, в однородных условиях. Схема привязки составилась

[1]) №№ 3207 и 3214 по каталогу пунктов 1-го кл., уравненных комиссией Шарнгорста.

из 6 треугольников при 5 пунктах; невязки в треугольниках равны 0″, 1″, 2″, 3″, 9″ и 14″.

В результате этой триангуляции вновь определены координаты пунктов Кызылдаг и Кетандаг—исходной стороны всей озерной триангуляции. Расхождение с прежними данными выразилось в следующих величинах:

для Кызылдага по широте 0″,024 и по долготе 0″,041
„ Кетандага „ „ 0″,022 „ „ „ 0″,011

Очевидно, что кроме ошибок триангуляций 1898/99 гг. и 1930 г. сюда входит и некоторая доля ошибок системы уравнивания комиссией Шарнгорста.

Эта триангуляция имела целью дать основу для применения системы Гаусса-Крюгера, и вполне оправдала свое назначение. Перевычисление всей триангуляции на сфероиде Бесселя в Пулковской системе было произведено на основе переопределенных координат Кызылдага и Кетандага. Что касается предстоящего уравнивания всей озерной триангуляции, то, повидимому, целесообразнее будет отложить эту работу до окончания государственных триангуляционных работ 1-го кл. на территории всего Закавказья.

II. МАГИСТРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

1. ВЫСОТНАЯ БАЗА

Высотной базой послужили отметки точного нивелирования ЗГУ 1929 г. Партия инж. Полозова, проходя в августе через Еленовку, включила в свой ход репера и вехи магистрали, проведенной здесь еще в 1928 г. Кроме того, одним ходом были определены отметки нуля рейки Еленовского лимнграфа и нескольких вех магистрали, расположенных в стороне от основного хода нивелирования.

По данным этого нивелирования, отметка летнего уровня озера с округлением до 0,1 *м* составила 1916,5 *м*, т. е. на 8,8 *м* меньше, чем по данным ВТО 1896—97 гг., полученным на основании геодезического нивелирования Закавказской триангуляции 1848—53 гг.

В ход нивелирования 1929 г. непосредственно не включен ни один из тригонометрических пунктов, расположенных поблизости от озера в районе Еленовка—Чубухлы и принадлежащих прежним триангуляциям (до 1898—99 г.). Триангуляции Сердюка и Павлова сопровождались геодезическим нивелированием на основе данных Ходзько. Триангуляционные работы НКЗ ССРА и Бюро, выполненные в 1928—30 гг., в большинстве случаев вовсе не сопровождались геодезическим нивелированием. Таким образом для того чтобы вывести поправку для перехода от отметок, представленных на одноверстных планшетах ВТО 1896—97 гг. к отметкам 1929 г., остается применить два способа.

Первый способ заключается в сличении отметок уровня озера. Отметка 902,3 саж. на планшетах ВТО относится к летнему уровню 1897 г., который в среднем был на 0,2 *м* ниже летнего уровня 1929 г. Следовательно:

Отметка уровня 1897 г. по прежним данным	1925,1 *м*
„ „ 1929 г. „ „ „	1925,3 „
„ „ 1929 г. „ по данным ЗГУ	1916,5 „
Поправка	—8,8 *м*

Аналогичные трудности были встречены на противоположном берегу, известном под именем Гюнея, у тригонометрического пункта „Тупик", получившего свое название после того, как конечная точка магистрали уперлась в непреодолимый барьер в виде скалистого массива, вплотную нависшего над берегом. Вьючная тропа, которая от Чубухлинской равнины до Тупика и далее вьется в пределах узкой береговой платформы, использованной также и для проведения магистрали у Тупика, взбирается на высоту до 200 *м* и на протяжении этих недоступных 500 *м* береговой линии имеет длину свыше 2 *км*. Что касается нивелировки, то с помощью шлюпки, поочередно перевозившей нивелировщика и реечников от одного камня до другого, препятствие это было побеждено, благодаря чему не пришлось тратить несколько дней, которые потребовались бы для проведения магистрали по крутой тропинке. Но промер лентой был невозможен, поэтому расстояние между вехами №№ 97 и 98, было получено тригонометрическим путем.

Рис. 1. Западный берег Чубухлинского залива.

В районе Сарыкаи пришлось вторично подниматься с магистралью на высоту до 99 *м*, но здесь удалось обеспечить беспрепятственную разбивку створных линий проведением висячего хода по всей длине штранда, который тянется от Норадузских бугров до непроходимого мыса Сарыкая.

Наиболее утомительной была работа в районе между Александровкой и Айриванком. Скорость разбивки магистрали не превышала здесь 6 *км* в день (против 8—10 *км* в прочих районах), так как неоднократно приходилось возвращаться и менять распланировку вех, чтобы по возможности спрямить магистраль, поневоле извивавшуюся между лавовыми россыпями и заболоченными впадинами. Здесь же было обнаружено наибольшее число полевых промахов.

К зиме 1929 г. было проведено 80,66 *км* магистрали от Еленовки до Сарыкаи в южном направлении и от Еленовки до тригонометрического пункта „Бугор" на Гюнее (см. табл. 1).

Табл. 1

Таблица невязок полигонов магистрали, проведенных в 1928—29 гг. нивелиром, лентой и 30″ теодолитом Феннеля

№№ участков	Участок магистрали (названия тригонометрических пунктов)	Категория местности	Длина хода в *км* P	Число углов n	Угловая невязка q	q^2	$\frac{q^2}{n}$	Линейная невязка в *м* v	Относительная невязка $\frac{v}{P}$
1	Хынидар—м. Цамакаберт . .	II—IV	11,26	50	198″	3924	784	4,18	1:2693
2	М. Цамакаберт—Выс. 921,9 .	III— V	6,90	24	38	1444	60	4,97	1389
3	Выс. 921,9—Тамойдар . . .	II— V	4,19	7	31	961	137	4,31	973
4	Тамойдар—Тупик	II— V	8,08	28	4	16	1	3,76	2149
5	Тупик—Бугор	V	4,70	21	14	196	93	3,24	1451
6	Сарыкая—Харнут	II— III	6,08	14	84	7056	504	2,47	2455
7	Харнут—Хараба	II— III	3,71	9	7	49	5	1,16	3196
8	Хараба—Азат-Хараба	II—IV	5,21	10	32	1024	102	1,00	5219
9	Азат-Хараба—Агкала	IV— V	6,27	30	66	4 356	145	4,71	1330
10	Агкала—Мухан	V	9,78	51	140	19600	384	8,08	1210
11	Мухан—Зога	V	4,56	22	266	70756	3216	6,85	666
12	Зога—Кабахгюней	V	3,94	22	59	3481	159	7,49	526
13	Кабахгюней - Александровка	V	4,94	33	72	5184	157	3,61	1370
14	Александровка—Хынидар . .	IV— V	5,50	38	173	29929	788	5,40	1021
		—	85,12	—	—	—	6535	61,23	—

Средняя квадратичная ошибка измерения одного угла $m = \pm \sqrt{\frac{6535}{14}} = \pm 22''$.

Средняя относительная невязка $\Delta = [v] : [P] = 0{,}06123 : 85{,}12 = 1 : 1391$.

Из приведенной выше таблицы невязок (табл. 1) видно, что угловые невязки во всех случаях меньше допустимых. Линейные невязки в 11 полигонах составляют от 1:1000 до 1:5000, а в трех полигонах от 1:500 до 1:1000. Последние три полигона проведены в наиболее трудной местности, где, действительно, с помощью ленты без динамометра едва ли можно было получить лучшие результаты, поэтому работа на местности не повторялась.

Вычисление полигонов производилось в несколько видоизмененной системе зольднеровских координат. Составленная для этой цели инструкция приложена к отчету, так как она не потеряла еще своего значения и может пригодиться в тех случаях, когда нельзя применить систему Гаусс-Крюгера (при отсутствии геодезической основы, вычисленной в Пулковской системе), причем не имеется для данных широт таблиц Зольднера. На Севане, где текущая обработка производилась в обстановке, носившей экспедиционный характер, применение „повернутой" зольднеровской системы представило значительное облегчение.

3. РАБОТА 1930 г. ТЕОДОЛИТОМ ВИЛЬДА

В 1930 г. предстояло провести свыше 160 *км* магистрали, причем скорость работы по сравнению с нормами 1929 г. должна была уменьшиться, так как по мере продвижения полевых партий в Б. Севане связь становилась все более затруднительной и не было еще мореходного катера, который, выполняя судовой промер, вместе с тем поддерживал бы связь с отдельными полевыми партиями.

Все полевые работы подлежали окончанию к зиме 1930 г., следовательно магистраль должна была быть готова не позднее 1 ноября.

При ограниченности времени и технических средств создавались условия, при которых трудно было соблюдать все правила, установленные для производства „подробных исследований на реках и озерах", но было бы крайне досадно резко ухудшать качество работы после того, как наиболее трудные участки (в М. Севане) были уже пройдены.

Некоторые мероприятия были все же проведены в жизнь. В частности, в отношении магистральных работ, решено было широко использовать полученный в декабре 1929 г. 1″ теодолит Вильда.

Литература, касающаяся применения теодолита Вильда в высокогорной местности, крайне бедна и поныне, а в то время под руками имелась лишь краткая брошюра Вильда, по которой и пришлось знакомиться с устройством инструмента. Полученный в Бюро теодолит являлся единственным экземпляром в Закавказье.

Предварительное испытание этого инструмента, выполненное в декабре 1929 г. и в январе 1930 г. в Еленовке, сводилось к поверке уровней, определению коллимационной ошибки и к пробному нивелированию на одном пикете. Коллимации обнаружено не было, а место нуля, достигавшее 1′38″ было доведено до 6″. Нивелирование и определение расстояния были произведены на стороне магистрали, проведенной в 1928 г. лентой и нивелиром. Расстояние разошлось на 3 *см* (при длине стороны в 122,28 *м*, вычисленной по приращениям координат), а превышение — на 2,3 *мм*. Выяснилось практическое неудобство рекомендуемого Вильдом равенства $i = v$. В будущем решено было устанавливать обе рейки на постоянную величину v, близкую к средней (для данного наблюдателя) высоте инструмента i и выражаемую целым числом *см*. При этих условиях техник имеет возможность проверить установку реек в начале работы и реечник всегда будет готов к работе раньше наблюдателя.

Правда при $i \leqslant v$ существует неравенство коэффициентов рефракции на обоих концах визирной линии, но, во-первых, несколько *см* разницы в высоте несущественны, коль скоро визирная линия все равно проходит близко к поверхности почвы и, во-вторых, с переходом на следующую стоянку i меняется, следовательно наблюдения на прямом и обратном взглядах на одном и том же пикете при всяких методах производится в условиях неравенства коэффициента k (независимо от изменения k по времени).

Полученные предварительные результаты были условно учтены при составлении нового плана работ, измененного в том отношении, что вместо обычного метода проведения магистрали намечалось использование теодолита Вильда при средней норме в день в 2,5 *км*, что позволило бы закончить магистраль к 1 октября, причем получалась значительная экономия средств, сокращались заботы о снабжении втрое

Рис. 2. Проведение испытательного полигона теодолитом Вильда.

меньшего состава магистральной партии. Но результаты беглого испытания, прерванного с наступлением зимы, не могли быть приняты за основу для составления инструкции, поэтому выработанный план был принят условно, и окончательное решение вопроса ставилось в зависимость от результатов более полного испытания, которое намечалось в форме проведения замкнутого полигона длиной до 5 *км*.

Испытательный полигон был проведен ранней весной в пределах с. Еленовки, где почва уже освободилась от снегового покрова, в то время как в окрестностях еще лежал талый снег и выезд в поле был бы нецелесообразным. Работа была выполнена 7—15 апреля 1930 г. урывками, в промежутки времени между выпадением снега или дождя и большей частью при свежем ветре.

Место для испытания было выбрано удачно, так как по побережью Еленовской бухты проходил надежно пронивелированный участок магистрали с небольшой относительной невязкой. Это позволило принять

БИБЛИОТЕКА ЛЕНИНГРАДСКОГО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

магистраль за базис, привязав к нескольким вехам разветвления испытательного полигона; вместе с тем так называемая Еленовская гряда представляла довольно разнообразные формы рельефа.

Общая длина хода составила 5 *км*. Разветвлениями, идущими от узловых точек образовано было 16 участков с периметрами от 180 до 1140 *м*. Обработка наблюдений дала следующие результаты.

1. Угловые невязки составили на 14 участках от 2″ до 17″ и на двух — от 1′15″ до 2′13″.

2. Разность двух измерений расстояния дальномером не выходила за пределы 5 *м*; $m = \pm 2{,}8$ *см*.

3. Линейные невязки были непомерно велики и давали относительную невязку от 1:440 до 1:1139, но характер невязок был повсюду одинаковым: поправки к приращениям координат были с минусом, т. е. дальномер давал преувеличенные расстояния. Попровка дальномера вычислена для каждого участка по формуле:

$$p = \frac{S - S_1}{S_1}$$

где S — истинная а S_1 — полученная диагональ хода, и дала в среднем минус 0,0022. После введения этой поправки, пропорциональной измеренным расстояниям, невязки резко сократились до 1:1001—1:4815.

4. Невязка геодезического нивелирования, подсчитанная для наиболее длинного замкнутого хода в 3 *км*, составила 17 *мм* при 36 стоянках.

5. Расчеты сделанные для суждения о сравнительной скорости работы методом 1929 г. и теодолитом Вильда, дали выигрыш во времени и стоимости в пользу Вильда в размере 44% от норм 1929 г.

Результаты испытания были признаны удовлетворительными с некоторыми оговорками, касавшимися необходимости повторных исследований в более благоприятных условиях и при наличии эталона, которым Бюро не располагало. Поэтому сочтено было возможным отказаться от дальнейшего технического нивелирования магистрали.

Итоги испытания были учтены при составлении „Инструкции для проведения магистрали 1″ теодолитом Вильда“. Текст этой инструкции, составленной в мае 1930 г., приложен к настоящему отчету с теми дополнениями, надобность в которых выяснилась в процессе работ.

Полевые работы начались 25 мая. НКЗ начал триангуляцию лишь в июне и втечение 1930 г. триангуляционные работы по различным внешним причинам шли с большими перебоями. Обстоятельство это, отчасти в соединении с другими причинами, вызвало ряд последствий, как, например, повторные выезды для привязки магистрального хода к тригонометрическим пунктам, сокращение числа привязок и общая затяжка работ. Ввиду раннего выпадения снега (8 октября), окончание работ было связано с большими затруднениями.

Не лишена интереса одна из технических сторон вопроса. Висячий ход от △ Ганджа-ел до с. Загалу длиной в 28 *км* был привязан к тригонометрической сети лишь в ноябре, спустя три месяца, но для промерных партий уже в июле потребовались данные для разбивки створных линий. Пришлось довериться методам проведения магистрали теодолитом Вильда и дать разбивку на основании вычисления висячего полигона. Достаточно было одного неверного угла или одного промаха в расстояниях, чтобы створные линии расположились неправильно по отношении к общему направлению береговой линии. Впоследствии оказалось, что общие невязки этого хода (если бы он не был разбит на участки) не превысили 20″ по углам и 6 *м* по расстоянию. Подобным же образом

БИБЛИОТЕКА ... Гидро-Мет. 47785

пришлось поступить на Гюнее на участке длиной 16 *км*; здесь также не оказалось промахов. Необходимо заметить, что в обоих случаях горизонтальные углы измерялись двумя приемами, благодаря чему в первом полигоне был обнаружен промах в 10′, сделанный в первом приеме, как при круге „лево“, так и при круге „право“, и каждый раз в одну и ту же сторону.

В июне и в июле магистральная партия провела ход по южному берегу от Сарыкая до озера Гилли, в августе и в сентябре закончила работу в М. Севане, а в октябре на Гюнейском берегу Б. Севана. Замкнув ход в районе Гилли, магистральная партия занялась привязкой к недостающим тригонометрическим пунктам, наблюдениями для определения коэффициента рефракции и уже в декабре, по окончании всех работ — испытанием дальномера в г. Эривани.

Пройдено было с теодолитом 166 *км*, из которых более 100 *км* в трудной местности; инструмент неоднократно перевозился с места на место на шлюпке и на фургоне, но единственная авария произошла лишь с рейкой: стойка дала трещину и круглый уровень разбился и был заменен уровнем с теодолита. У инструмента обнаружена была впоследствии отсутствовавшая ранее коллимационная ошибка в 5″, но едва ли это много, если учесть, что труба вращалась вокруг оси не менее 9000 раз.

Что касается технической стороны, то описывать шаг за шагом картину работы — это значит говорить о том чувстве удовлетворения, которое испытывается при измерении недоступных для ленты расстояний и при спокойном нивелировании обрывов, мысленно испещряемых сетью связующих точек, которые истощили бы нивелировщика, если бы там пришлось карабкаться с нивелиром.

Суточная норма работы первоначально не превышала 2—2,5 *км*, но с течением времени, особенно когда в помощь была прислана специальная партия для разбивки магистрали, норма повысилась до 3—3,5 *км*. Однако нормальной скоростью проведения магистрали теодолитом Вильда следует признать 2,5 *км* за 8-часовой рабочий день; работа требует повышенного внимания и особой тщательности, а при более быстром темпе глаза утомляются и точность понижается. Кроме того, как показал опыт проведения магистрали на Севане, выгоднее затратить на каждой стоянке лишних 2—3 минуты на подсчет и контроль наблюдения, чем пройти лишних полкилометра.

Итоги выполненной работы показаны в таблице угловых и линейных невязок (табл. 2).

При сравнении с данными 1928/29 гг. не заметно никакой разницы в отношении точности измерения горизонтальных углов. У теодолита Вильда при измерении угла по рейке, снабженной круглым уровнем и при средней длине стороны в 464 *м* ошибка составила 17″, а у 30″ теодолита при средней длине стороны в 244 *м* и при визировании вешки, подправляемой по вертикальной нити, ошибка была лишь на 5″ больше. Сверх подробностей, которые имеются по этому вопросу в журнале „Геодезист“ (№ 12, 1930 г.), можно привести еще несколько соображений.

Бесспорно, что теодолит Вильда сам по себе обладает высокими качествами, но при магистральных работах его достоинства в значительной мере зависят от надежности круглого уровня на рейках. Не касаясь пока измерения расстояний и вертикальных углов, надо заметить, что в отношении измерения горизонтальных углов со сторонами свыше 400 *м*, как это имело место на Севане, невысокая точность (± 17″) не может быть приписана влиянию круглого уровня и скорее

всего объясняется некоторой неустойчивостью круга вследствие отсутствия у некоторых инструментов зажимного винта лимба. Повидимому, нет оснований отказываться от измерения горизонтальных углов по барабану секунд, если этот недостаток устранен.

Табл. 2

Таблица невязок полигонов магистрали, проведенных в 1930 г. теодолитом Вильда

№№ участков	Участок магистрали (названия тригонометрических пунктов)	Категория местности	Длина хода в км ρ	Число углов n	Угловая невязка q	q^2	$\frac{q^2}{n}$	Линейная невязка v	Относительная невязка $\frac{v}{\rho}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Бугор—Скала	V	5,56	33	241″	58081	1760	2,00	1:2777
2	Скала—Тохлуджа . . .	V	8,11	32	40	1600	50	2,86	2841
3	Тохлуджа—Храхра . . .	V	6,42	16	9	81	5	2,17	2955
4	Храхра—Учдаш	V	9,03	24	8	64	3	0,99	9100
5	Учдаш—Калача	V	5,81	12	6	36	3	1,19	4870
6	Калача—Глаголь . . .	V	3,31	6	30	900	150	1,04	3175
7	Глаголь—Синартапа . .	V	7,05	19	36	1296	68	2,43	2895
8	Синартапа—Баладара .	V	5,45	9	36	1296	144	3,87	1409
9	Баладара—Ташлитапа .	V	3,84	4	92	8464	2116	4,12	931
10	Ташлитапа—Тузахтапа .	V	8,91	27	131	17161	636	7,55	1182
11	Тузахтапа—Гедолан . .	V	8,20	15	56	3136	209	4,08	2021
12	Гедолан—Сатанахач . .	IV	6,83	8	24	576	72	0,94	7301
13	Сатанахач--Над обрывом	III	5,05	9	71	5041	560	1,06	4802
14	Над обрывом—У пашни	II	4,53	6	38	1444	241	1,55	2927
15	У пашни—Гилли . . .	I	3,09	5	10	100	20	0,82	3768
16	Гилли—Гюльвидаран .	I	3,56	5	0	0	0	1,98	1800
17	Гюльвидаран—М. Загалу	II	5,07	11	42	1764	71	2,79	1825
18	М. Загалу—Гедак-булаг	V	5,53	14				1,41	3920
19	Гедак-булаг—На скале	V	11,33	22	56	3136	76	2,02	5016
20	На скале—Караел . . .	III	13,72	19				2,17	6323
21	Караел—У родника . .	III	7,93	12	38	1444	120	3,37	2359
22	У родника—Ганджаел .	II	4,75	7	28	784	112	1,67	2851
23	Ганджаел—Девидар . .	IV	5,85	9	16	256	29	0,94	6204
24	Девидар—Эргендар . .	V	5,47	9	58	3364	374	3,20	1714
25	Эргендар—Долакнер . .	V	3,87	8	32	1024	128	1,25	3103
26	Долакнер—Салойванк .	V	8,49	16	39	1521	95	1,33	6376
27	Салойванк—Сарыкая .	V	6,84	17	7	49	3	3,23	2120
		—	173,60	—	—	—	7045	62,03	—

Средняя квадратичная ошибка измерения одного угла $m = \pm \sqrt{\frac{7045}{25}} = \pm 17''$.

Средняя относительная невязка $\Delta = [v] : [\rho] = 0{,}06203 : 173{,}6 = 1 : 2791$

Как видно из таблицы линейных невязок, в плановом отношении получены вдвое лучшие результаты, чем при пользовании лентой. На больших полигонах относительная невязка составляет от 1:5000 до 1:9000, на 13 полигонах — от 1:2000 до 1:4000 и на 7— от 1:1000 до 1:2000[1]). Здесь надо остановиться на одном из тех вопросов, которые остались пока под сомнением.

Коэффициент дальномера, выведенный в апреле, возбуждал сомнение как по абсолютной величине (22 *см* на 100 *м*), так и вследствие значительных колебаний в невязках полигонов при одинаковой тщательности наблюдений на всем протяжении испытательного полигона. Летом, после проведения первых двух полигонов к югу от Сарыкая, вычисление было повторено, причем поправка оказалась меньше (минус 0,0013). В декабре в Эривани, перед сдачей инструмента в НКЗ, проделано было тщательное испытание дальномера путем сравнения с эталонированной лентой НКЗ. Наблюдателем был тот же техник, который проводил магистраль. Сделано было 9 пар наведений на расстояниях от 38 до 120 *м*; в 16 случаях дальномер показал на 4—6 *см*, в двух случаях на 3 *см* и в одном случае на 8 *см* больше ленты. Кроме того 13 отсчетов сделано двумя другими наблюдателями, впервые обращавшимися с инструментом; расхождение с лентой с тем же знаком составило от 1 до 6 *см* и в двух случаях, при неправильном вращении барабана в обратную сторону, знак переменился. Из первых 18 наведений, если считать отложенные лентой расстояния абсолютно правильными, получается систематическая ошибка:

$$q = -5{,}3 \text{ см } (\pm 0{,}5 \text{ см}),$$

случайная же ошибка наведения и отсчета выражается величиной:

$$m = \pm 1{,}2 \text{ см}$$

Таким образом результат испытания показал, что коэффициент дальномера равен 100, но на каждой стоянке надо вводить систематическую поправку минус 5,3 *см*. Именно с этой поправкой и вычислены все полигоны, невязки которых и показаны в таблице. Но эти невязки на всех полигонах, кроме №№ 26 и 27 (проведенных первыми) становятся совсем ничтожными и дают относительные невязки от 1:3000 до 1:65000 (в среднем 1:8000), если не вводить никакой поправки, т. е. если не доверять результату испытания. Не было юридических оснований для того, чтобы так поступить, иначе таблица невязок имела бы вид необычайный.

При тех технических средствах, которые имелись на месте испытания в Эривани, нельзя было убедиться в том, что способ испытания достаточно надежен. Для тех целей, для которых производилась съемка, полученная точность проведения магистрали оказалась вполне достаточной, поэтому и не было надобности в производстве точных лабораторных исследований. Но если бы с теодолитом № 1789 потребовалось произвести городскую съемку, то пришлось бы обратить внимание на некоторые соображения, касающиеся приведенных выше противоречий. Быть может полезно будет на них несколько остановиться.

Наблюдения производились при горизонтальном луче зрения, следовательно выведенная поправка по своей природе отличается от систематической ошибки, свойственной дальномеру при наклонной линии

---

[1]) Эти результаты почти не изменятся и при вычислении полигонов по уравненным координатам тригонометрических пунктов, линейные ошибки которых не превышают ± 0,08 *м*.

визирования[1]); к этому же она постоянна по величине и вероятнее всего объясняется какой либо погрешностью барабана. Погрешность эта как будто склонна периодически появляться и исчезать; в апреле-июне и в декабре дальномер преувеличивал расстояния, а в июле-октябре действовал почти безукоризненно. Можно было бы искать объяснения в погрешности круглого уровня, т. е. допустить, что фирма прислала негодный экземпляр. Точности уровня соответствует случайная ошибка определения расстояния в размере $+0{,}5$ *см*, а для того, чтобы появилась систематическая ошибка в 5,3 *см*, рейка должна быть наклонена на на $1\frac{3}{4}°$. Подобная погрешность уровня была бы со стороны заметна, но никогда не наблюдалась. Правда, рейка была уронена и уровень переставлялся, но систематическая ошибка существовала и до перестановки уровня, потому что невязки испытательного полигона, перевычисленного с поправкой минус 5,3 *см*, сократились до 1 : 1600—1 : 14000.

Итак, в плановом отношении теодолит Вильда при всяких условиях при магистральных работах оказался выше ленты и в смысле скорости и в отношении точности. Несколько иначе обстоит дело в вопросе о геодезическом нивелировании.

4. УРАВНИВАНИЕ НИВЕЛИРОВКИ МАГИСТРАЛИ

В результате точного нивелирования ЗГУ, участок магистрали от Еленовки до Чубухлинской равнины, длиной 12 *км*, был обеспечен надежной высотной основой, а на протяжении остальных 219 *км* магистрали не имелось ни одной марки, и технического нивелирования вплоть до 1928 г. здесь никогда не производилось.

Из содержания инструкции видно, что для повышения качества нивелировки принимались настойчивые меры. Однако, бедность технического оборудования в 1928—1929 гг., трудные условия местности и выполнение части работ переменным неопытным персоналом имели последствием довольно неопределенные результаты. С одной стороны в северном направлении от Еленовки до тригонометрического пункта Бугор, на протяжении 31,7 *км*, по результату надежной срезки было получено всего 8 *мм* невязки; также и в южном направлении от Еленовки до Айриванка на протяжении 28,8 *км* срезки показали 2 *см* невязки. С другой стороны, на коротком участке от Айриванка до Норадузского мыса, длиной 13,2 *км*, невязка достигла 12 *см*[2]). Конечно, это было случайное явление, требовавшее повторного нивелирования, и в будущем, выполняя работу постоянным ответственным персоналом, можно было надеяться на получение удовлетворительных результатов повсеместно. Но что именно подразумевать под удовлетворительными результатами?

По формулс для технической нивелировки невязка всего хода могла достигать 20 *см* и с точки зрения нивелировщика, если бы при смыкании полигона получилась невязка в 10—20 *см*, работа которая местами выполнялась чуть ли не ползком, считалась бы успешной, но ни в какой мере она не могла бы считаться удовлетворительной для увязки нулей водомерных постов на озере.

---

[1]) Записки по Гидрографии, т. LIII, стр. 66. „Геодезист" 1931 г. №№ 11—12, стр. 34.

[2]) Характерно, что именно срезка помогла обнаружить эту невязку, первоначально достигавшую 34 *см*, из которых 22 *см*, как показала тщательная проверка полевых журналов, относились на долю арифметических промахов, а остальные 12 *см*, полученные на местности II—IV кат. остались на совести нивелировщиков.

В 1930 г., когда разбирался вопрос о замене технической нивелировки магистрали геодезическим нивелированием, одним из решающих моментов послужили соображения о надежности намечавшихся в гидрометрическом отделе Бюро выводов относительно повсеместного равенства уровней озера по средне-годовым и ничтожного расхождения по средне-месячным данным [1]). По существу этих выводов, которые уже летом 1930 г. стали окончательными, но с геодезической стороны не получили подтверждения, надо заметить следующее:

1) Технической нивелировкой магистрали установлено, что на северном берегу Цамакабертского мыса средний уровень за 55 дней (август-сентябрь 1928 г.) был на 4 *см* выше Еленовского. Это явление нагона легко объясняется влиянием преобладающих местных ветров и отнюдь не опровергает выводов гидрометрических исследований, но оно свидетельствует о том, что водомерная сеть не была достаточно густой для того чтобы были уловлены все местные аномалии, имеющие значение в тех случаях, когда говорится о контроле нивелировки срезками.

2) „Гидрометрическое нивелирование", позволившее связать нули постоянных водомерных постов, с успехом заменило прецизионную нивелировку, дало три дополнительных марки (Глаголь, Загалу, Норадуз) и вполне удовлетворительную высотную базу по всему периметру озера.

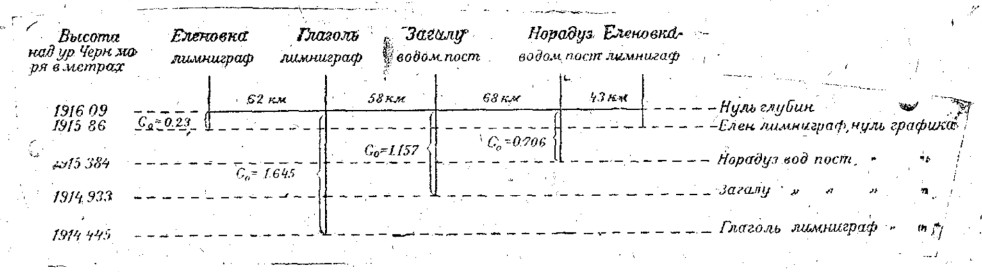

Рис. 3. Связь между нулем глубин Севанского Гидрометбюро и нулями графиков постоянной гидрометрической сети Бюро.

Связь между нулями графиков постоянных водомерных постов схематически выражена на рис. 3 с показанием расстояний между постами, расположенными на схеме по ходу часовой стрелки. Данные отнесены к нулю глубин Севанского Гидрометбюро, отметка которого над нулем графика поста (G_0) и является результатом „гидрометрического нивелирования".

При увязке нивелировки магистрали допускалось, что в районе данного поста, в расстоянии от 22 до 34 *км* в каждую сторону от него колебания уровня в каждый данный момент были одинаковыми в каждой точке. Каждый участок магистрали в отношении увязки получал наименование в зависимости от названия точек, в которых производилась контрольная срезка, причем исходная величина G_0 избиралась в зависимости от расположения данного участка относительно того или иного поста.

Порядок вычислений, связанных с контролем нивелировки срезками, общеизвестен, и здесь приводится лишь краткое изложение с упоминанием подробностей, которые вызывались местными особенностями.

Определив в какой либо момент t превышение H (рис. 4) вехи магистрали над рабочим горизонтом и зная G_0 (рис. 3), изучают ленту

[1]) Б. Д. Зайков и С. Ю. Белинков. Гидрометрические исследования в бассейне озера Севан. Материалы по исследованию оз. Севан и его бассейна, ч. I, вып. 2 Ленинград, 1932.

лимниграфа, сравнивая ее с графиком временного водомерного поста, если таковой функционировал поблизости. При отсутствии сейш определяют для данного момента t высоту рабочего горизонта над нулем глубин, т. е.

$$g = G - G_0,$$

где G — показание лимниграфа. Тогда наиболее вероятное значение для отметки вехи от нуля глубин, с ошибкой $m = \pm 2$ *см*, будет:

$$H_0 = H + g$$

Эта отметка и принималась за окончательную. Из сравнения ее с отметкой, полученной нивелировкой магистрали, выводилась невязка, которая и разбивалась на участке между данной и предыдущей срезками. Таким образом каждая надежная срезка давала исходную высотную базу для увязки следующего участка магистрали, причем вероятная ошибка каждой срезки зависела исключительно от условий выполнения срезки, расстояние же от исходного пункта нивелировки не имело зна-

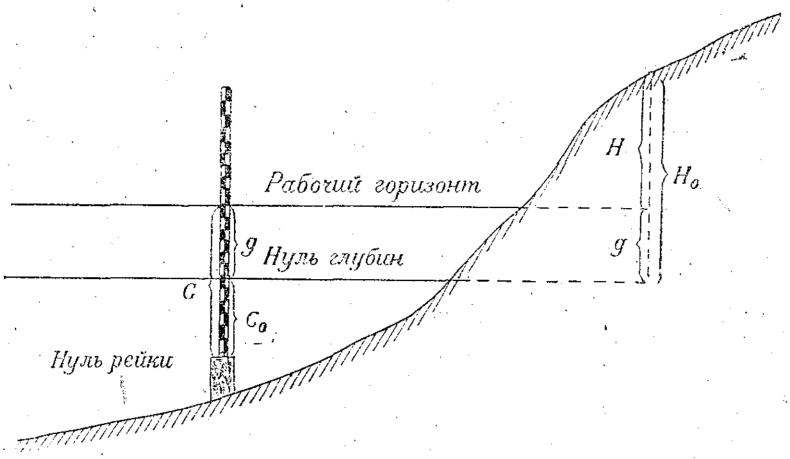

Рис. 4. Определение отметки береговой точки по высоте рабочего горизонта.

чения; но чем больше было расстояние между срезками, тем больше ошибок накапливалось в нивелировке на данном участке, поэтому чем чаще делались срезки, тем надежнее становились увязанные отметки магистрали. Пожелание это не всегда могло быть осуществлено на практике.

Действительно, при средней скорости проведения магистрали в 2,5 *км* в день, при затяжной непогоде, чередующейся с периодом сейш, работа на открытом побережьи могла продолжаться втечение 5—10 дней без всякой возможности срезки, причем обстоятельства впоследствии не всегда позволяли возвратиться в данный район для контрольной срезки; в результате ход в 10—25 *км* оставался без контроля. Но имелось еще дополнительное средство контроля — тахиметрическое нивелирование рабочего горизонта при съемке береговой полосы.

Эти тахиметрические срезки, в отличие от срезок при нивелировке магистрали, выполнялись непрерывно и при всяких условиях, следовательно не все тахиметрические срезки обладали достаточной точностью, чтобы служить контролем нивелировки магистрали. Но при съемке озера сделано свыше 5000 тахиметрических срезок; число срезок на

стоянку составляло от 3 до 16, в среднем 7. Вычисление вероятной ошибки среднего результата на одной стоянке показало, что срезка, выполненая в тихую погоду и при отсутствии резких колебаний уровня, была верна до ±3 *см* и с успехом могла быть использована для грубого контроля. На Севане обстоятельства сложились именно в такой форме, при которой конечная цель работы вполне допускала применение тахиметрического контроля наряду с более точными контрольными срезками, выполнявшимися нивелиром или теодолитом Вильда.

Табл. 3

№№ участков	Участок магистрали между двумя срезками, выполненными нивелиром Эго или 1″ теодолитом Вильда	Длина участка в *км*		Число стоянок		Невязка между двумя срезками в метрах
		Технич. нивелировка	Геодезич. нивелировка	Технич. нивелировка	Геодезич. нивелировка	
1	Еленовск. лимниграф — веха 115	31,7		467		— 0,008
2	Веха 115 — веха 175		12,9		139	+ 0,13
3	„ 175 „ 197		8,0		83	— 0,02
4	„ 197 „ 209		6,4		70	— 0,17
5	„ 209 — лимниграф в Глаголе		6,6		73	+ 0,04
6	Лимниграф в Глаголе — веха 250		17,3		180	— 0,11
7	Веха 250 — веха 296		23,2		228	— 0,19
8	„ 296 „ 301, пикет 7		4,8		48	— 0,06
9	„ 301, пикет 7 веха 305		3,3		30	— 0,07
10	„ 305 „ 308		4,5		48	— 0,00
11	„ 308 „ 309		0,9		9	+ 0,01
12	„ 309 „ 310		0,8		8	— 0,00
13	„ 310 „ 311		0,4		4	— 0,01
14	„ 311 „ 312		0,3		4	— 0,00
15	„ 312 „ 313		0,2		3	— 0,00
16	„ 313 „ 340		12,5		128	+ 0,14
17	„ 340 „ 358		14,5		231	+ 0,03
18	„ 358 „ 359		0,9		10	— 0,02
19	„ 359 „ 367		5,7		65	+ 0,17
20	„ 367 „ 373, пикет 8		5,9		50	— 0,09
21	„ 373, пикет 8 „ 386		7,8		100	— 0,11
22	„ 386 „ 406		11,3		141	— 0,08
23	„ 406 — Норадузск. водом. пост	2,6	6,9	109	87	— 0,06
24	Норадузск. водом. пост — веха 445	13,2		148		— 0,12
25	Веха 445 — Еленовск. лимниграф	28,8		1203		— 0,02
		76,3	155,1	1927	1739	

Помещенная здесь таблица невязок в отношении способа нивелирования не дает ничего нового. Несмотря на все свои достоинства теодолит Вильда не смог соперничать с нивелиром Эго, и техническая нивелировка оказалась неизмеримо точнее геодезической [1]).

Правда, здесь были привходящие обстоятельства, например, крайняя спешность, вынуждавшая работать при всяких условиях погоды; но вернее всего, что причина заключается в несомненном преимуществе горизонтального луча зрения и в наличии систематической ошибки, о чем подробнее говорится ниже.

Невязки на отдельных участках достигали 19 *см*, но независимо от срезок, выполнявшихся непосредственно при проведении магистрали, использовано 68 отметок вех, полученных тахиметрическими срезками; с меньшей, но достаточной для целей съемки точностью, эти отметки позволили проконтролировать увязку нивелировки на каждом участке в отдельности; причем расхождения между тахиметрическими отметками и отметками, полученными в результате увязки нивелировки между контрольными срезками, нигде не превысили 3 *см*.

В итоге подобного комбинированного контроля нивелировки разница между качествами технического и геодезического нивелирования в значительной мере сгладилась, и все отметки вех, пикетов, тригонометрических пунктов и реперов, общим числом 2859 по всему периметру озера можно считать верными до ± 2 *см* с уменьшением этого предела до ± 2 *мм*, в районе Еленовка—триг. пункт „Бугор".

Некоторые сомнения могла бы вызывать юго-западная часть побережья Б. Севана, где отсутствовал постоянный водомерный пост, вследствие чего участок от Норадуза до Загалу длиной 68 *км* с гидрометрической стороны был освещен недостаточно. Во время так называемых „мазринских" ветров здесь могло существовать явление нагона, а во время южных „каранлугских" ветров — обратное явление сгона; но последние ветры наблюдаются осенью и зимой, между тем магистраль в этом районе была проведена в июле, а во время „мазры", вызывающей мощный прибой, всякая возможность срезки исключается.

В заключение надо заметить, что вопрос о контролировании нивелировки срезками при производстве озерных исследований сам по себе конечно не нов. На Севане получено лишнее подтверждение целесообразности этого способа даже при наличии редкой сети постоянных озерных постов. Однако редкая сеть может дать лишь очень грубую „гидрометрическую основу". Если средне-месячные уровни в различных точках неодинаковы, то в этом случае после предварительного изучения причин, вызывающих те или иные отклонения, сеть должна соответствующим образом расширяться, иначе уравнение, которым выражается связь между нулями графиков, может иметь неопределенное решение. Впрочем, даже при наличии густой сети задача кажется трудно разрешимой, если на озере нет двух далеко отстоящих одна от другой точек, в которых средне-месячные уровни одинаковы; поэтому не приходится возражать против правила, согласно которого на мелководных озерах с резко выраженными явлениями сгона и нагона, вместо густой сети

---

[1] За исключением упомянутого участка № 24 у мыса Нарадуз, техническая нивелировка повсюду отличалась высокой точностью. Допускаемые невязки на уч. №№ 1 и 25 были соответственно 3,3 и 3,1 *см*. Чтобы не загромождать таблицу, в ней не показаны результаты 17 срезок на участках №№ 1 и 25: наибольшее отклонение от данных гидрометрического отдела составило $+4$ *см*, но оно вызывалось явлением нагона.

постоянных водомерных постов, целесообразнее произвести прецизионное нивелирование вокруг озера с тем, чтобы в каждой точке магистрали имелась точная высотная база для привязки временного водомерного поста, устанавливаемого на период промера.

5. ТОЧНОСТЬ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ МАГИСТРАЛИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РЕФРАКЦИИ

Известно, что горизонтальная установка рейки при работе теодолитом Вильда устраняет ошибку в определении расстояния, происходящую вследствие неравенства коэффициентов рефракции в точках встречи лучей зрения с поверхностью вертикальной рейки, а что касается определения превышений, то влияние рефракции должно быть так или иначе устранено способом наблюдений.

С этой точки зрения нивелирование магистрали теодолитом Вильда производилось в условиях, имеющих лишь отдаленное сходство с обычным представлением о геодезическом нивелировании. Луч зрения в большинстве случаев проходил в слое воздуха, лежавшем на высоте 1—2 *м* над поверхностью почвы и работа, в силу необходимости, производилась во всякое время дня. Меры, которые в подобных условиях принимаются для повышения точности работы (например, выбор небольших превышений, сокращение продолжительности стоянки), соблюдались лишь постолько, поскольку позволяли местные условия и технические задания.

Перед началом работы, когда было известно, что предстоит сделать до 2000 стоянок, существовало намерение так или иначе использовать результаты наблюдений для вывода коэффициента рефракции. Предполагалось снабдить магистральную партию термометрами с тем, чтобы на каждой стоянке определялась температура воздуха на соответствующей высоте i и v. В дальнейшем, имея в виду краткость стоянок, что позволяло считать наблюдения двухсторонними одновременными, предполагалось произвести все камеральные исследования, какие представится возможным. Но, поскольку в этой работе не было крайней надобности для целей съемки, от нее пришлось отказаться и сделать лишь некоторую часть исследований, результат которых показал, что при том способе, каким выполнялось геодезическое нивелирование магистрали, возможность вывода коэффициента рефракции остается под большим сомнением.

Основная причина этого заключения сама собой понятна — слишком малы были расстояния, поэтому слишком часто должны были получаться несообразные величины k.

Всего было сделано 1794 стоянки; расстояния в огромном большинстве случаев колебались в пределах от 85 до 110 *м*, поэтому, хотя поправка на кривизну земли и рефракцию:

$$r = \frac{1-k}{2R} \cdot d^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(a)}$$

пропорциональна квадрату расстояния, для первого приближения можно допустить, что в указанных небольших пределах существовала линейная зависимость, следовательно поправку r можно отнести к среднему расстоянию, составляющему 95,8 *м*.

Превышения h и h_1 для прямого и обратного взглядов при обработке нивелирования вычислялись каждое в отдельности. Допускалось, что существует равенство $k = k_1$, поэтому средний результат h_0 счи-

тался свободным от влияния кривизны земли и рефракции. На каждом пикете должно было существовать равенство:

$$h + h_1 + 2r \pm \Delta_1 \pm \Delta_2 = 0$$

Здесь $\Delta_1 = \Delta 2r$ случайная ошибка, вызываемая неодновременностью взаимных наблюдений и измерением больших превышений, т. е. причинами, по которым равенство $k = k_1$ является лишь условным; величиной Δ_1 можно пренебречь, так как по малости расстояний d, она всегда была $< \pm 0{,}1$ *мм*. Величина Δ_2 — сумма случайных ошибок наведения и отсчета на обоих взглядах. В идеальном случае, если бы Δ_2 было равно нулю или составляло лишь незначительную долю от величины $2r$, существовало бы равенство:

$$h + h_1 + 2r = 0,$$

откуда

$$r = -\frac{h + h_1}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(b)}$$

Но, как известно, на малых расстояниях случайная ошибка Δ_2 даже при измерении углов с точностью до $1''$, по абсолютной величине может превысить величину $2r$, поэтому формула (b) и не могла служить для определения r при среднем расстоянии 95,8 *м*.

Действительно, величина $2r$ при всех возможных значениях не должна была выходить за пределы 1,2—1,8 *мм*, между тем абсолютная величина расхождений между взглядами $(h - h_1)$ в большинстве случаев колебалась в пределах от 0 до 6 *мм*; иногда она возрастала до 10—15 *мм* и в 14 случаях (из 1794) достигла 20—35 *мм*; в среднем арифметическом, подсчитанном для 300 стоянок, расхождение составило 3,8 *мм*.

Но при большом числе наблюдений n можно допустить, что

$$[h] + [h_1] + 2r \cdot n = 0,$$

откуда

$$r = -\frac{[h] + [h_1]}{2n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(c)}$$

Попытка, сделанная для вычисления r по формуле (c) на участке № 6 при $n = 180$, дала несообразную величину $k = 1{,}119$. Столь же неопределенные результаты получены были и на нескольких участках по южному берегу при $n = 170$.

Оставалось применить другой способ исследования, использовав данные, полученные специальными наблюдениями для определения коэффициента рефракции k.

Не принято доверять результатам определения k при луче зрения, проходящем близко к земной поверхности, но все же подобные наблюдения решено было произвести. Конечно, при выполнении этой работы были по мере возможности соблюдены требования относительно выбора точек на достаточном расстоянии и при небольшом превышении, инструмент был выверен и наблюдения производились с большой тщательностью.

По причинам, связанным с общим ходом работ, для определения коэффициента рефракции удалось произвести всего четыре серии наблюдений, выполненных 27 ноября 1930 г. на Чубухлинской равнине между вехами магистрали №№ 73 и 69 и 28 ноября над поверхностью озера в районе от м. Цамакаберт до полуострова к югу от Еленовки, между вехами магистрали №№ 46 и 9.

Наблюдения производились тем же техником, который выполнил всю работу по проведению магистрали теодолитом Вильда. Таким образом, не исключая субъективных качеств наблюдателя, все условия определения k были весьма сходны с условиями нивелирования магистрали, так как наблюдения производились в прибрежной полосе и при луче зрения, проходящем на высоте 1—3 метров от поверхности земли. Часть наблюдений была произведена над поверхностью озера, так как в некоторых случаях при проведении магистрали, линия визирования проектировалась на зеркале озера.

Табл. 4

№№ наблюдений	Дата	Часы, минуты	Стоянка на вехе	Визирование на веху	Расстояние между вехами в м d	Абсолютная отметка стоянки в м	$v - i$ в метрах	α	Колебание места нуля	k
1	27 XI 30	12.05	73	69	3831,20	1920,4114	+ 0,0495	—0°02′28″	+ 6″	— 0,092
2		12.10						28	+ 1	— 0,092
3		12.15						35	+ 2	— 0.205
4		12.20						35	— 6	— 0,205
5		12.25						34	— 3	— 0,188
6	„	13.04	69	73	3831,20	1918,8726	+ 0,0035	+0°00′24″	— 3	+ 0,050
7		13.08						24	— 3	+ 0,050
8		13.12						18	+ 3	— 0,047
9		13.16						21	0	+ 0,001
10		13.20						17	+ 3	— 0,063
11	28 XI 30	11.50	46	9	4339,55	1918,5761	+ 0,0740	+0°02′57″	0	— 0,243
12		11.53						52	+ 1	— 0,314
13		11.56						54	— 1	— 0,285
14		11.59						54	— 2	— 0,285
15		12.02						49	+ 2	— 0.356
16		12.05						51	0	— 0,328
17	„	12.55	9	46	4339,55	1924,0651	+ 0,0045	—0°05′42″	+ 2	— 0,156
18		12.58						35	— 5	— 0,056
19		13.01						31	+ 2	— 0,056
20		13.04						37	+ 1	0,000
21		13.07						39	— 1	— 0,085
22		13.10						35	+ 1	— 0,113

По окончании первой серии наблюдений партия для скорости перевозилась на шлюпке на другую веху, служившую перед тем точкой визирования, и наблюдения второй серии производились в обратном направлении. Подобным же образом выполнены 3-я и 4-я серии наблюдений; промежуток времени между сериями в первый день составил 35 мин., во второй — 50 мин., поэтому наблюдения явились двухсторонними разновременными при известном h, следовательно формула зенитных расстояний была в данном случае неприменимой

и вычисления произведены по формуле одностороннего нивелирования при известном h, т. е.

$$1 - k = (h_0 - d\operatorname{tg}\alpha + v - i)\frac{2R}{d^2} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(d)}$$

Превышения h_0 были известны по результату технической нивелировки 1928 г. Таким образом, поскольку расстояния d (3,8 и 4,3 *км*) были не слишком малыми, результат определения k зависел исключительно от тщательности измерения вертикального угла α.

Для суждения о степени надежности наблюдений, результаты которых показаны выше в таблице 4, служит следующая таблица ошибок m и M.

№№ наблюдений	α		М. О	
	m	M	m	M
1— 5	±3,″7	±1,″7	±4″,5	±2″,2
6—10	3, 3	1, 5	3, 0	1, 5
11—16	2, 8	1, 1	1, 4	0, 7
17—22	3, 8	1, 6	2, 7	1, 2

Наблюдения умышленно производились в условиях близости визирного луча к поверхности почвы, поэтому колебания являлись прямым последствием неизбежных в подобных условиях колебаний k. Промежуток времени между двумя определениями α был в каждой серии в 2—3 раза больше промежутка времени между двумя полуприемами, следовательно с большей долей вероятия можно считать, что колебания места нуля являются более надежным показателем степени точности наблюдений. В данном случае кривые значений m и M по ходу одинаковы и для α и для М. О, поэтому, беря для оценки наиболее невыгодное положение, т. е. допуская постоянство k и относя колебания α полностью за счет случайных ошибок наведения и отсчета, соответствующим дифференцированием формулы (d), можно определить, что показанные ниже средние значения коэффициента k получены с точностью от ±0,014 до ±0,024. В применении к условиям нивелировки магистрали, по малости d в формуле (а), по которой вычислена таблица, подобная точность более чем достаточна.

Для вывода средних значений k, наблюдения сведены по группам, как показано ниже в таблице, с отнесением их к средним моментам.

Группа	№№ наблюдений	k ср.	Примечание
1	1— 5	— 0,156	Над сушей, 12 ч. 15 м., солн. день
2	6—10	— 0,002	„ „ 13 ч. 12 м. „ „
3	11—16	— 0,301	„ озером 11 ч. 58 м., пасм. день
4	17—22	— 0,078	„ „ 13 ч. 03 м. „ „
5	1—10	— 0,079	„ сушей, 12 — 13 ч., солн. день
6	11—22	— 0,190	„ озером, 12—13 ч., пасмурн. день
7	1—22	— 0,134	Средн. из всех условий, 12—13 ч.
8	1— 5, 11—16	— 0,228	Около полудня, в смешанн. условиях
9	6—10, 17—22	— 0,040	Около 13 часов, „

Наблюдения были слишком малочисленны и охватывали далеко не весь рабочий день, а лишь короткий близполуденный промежуток, поэтому не представляется возможным установить сколько-нибудь твердую зависимость между колебаниями k и метеорологическими элементами. Можно ограничиться лишь несколькими замечаниями, поскольку они непосредственно вытекают из данных, помещенных в таблице метеорологических наблюдений (табл. 5). Сюда, помимо данных Еленовской метстанции, вошли наблюдения, специально производившиеся в связи с определением k. Давление во всех случаях определялось по барометру, который был установлен в доме наблюдателя Еленовской метстанции, М. Фарисеева; абсолютная отметка нуля барометра по нивелировке 27 октября 1930 г., составляла 1931, 42 *м*[1]).

Табл. 5

Дата	Часы, мин.	Место наблюдений	$t°$	Давление b	Влажность		Направление и скорость ветра	Облачность
					абс. *мм*	отн. в проц.		
27 XI 1930	12 ч. 08 м.	Еленовка, в 5 *м* от берега, на высоте вехи № 69	— 0°,2	606,2	2,9	66	W 3м/с	$\frac{6}{1}$ Ci; Ci—St St—Cu
„	13 ч. 00 м.	Еленовск. метстанция, абс. отм. 1924 *м*	— 0°,3	606,3	3,0	66	„	„
„	13 ч. 20 м.	Пристань Бюро, над водой, абс. отм. около 1917 *м*			4,0	78		
„	13 ч. 45 м.	Там же, где и в 12 ч. 08 м.	+ 0°,7	606,4	3,0	62	WNW 2 м/с	$\frac{4}{1}$ Ci; A—St; St—Cu
28 XI 1930	11 ч. 30 м.	Еленовка, 5 *м* от берега, на высоте вехи № 46	+ 0°,7	608,4	3,4	71	NE 1 м/с	$\frac{10}{10}$ St; St—Cu
„	12 ч. 30 м.	Там же	+ 0°,8	608,1	3,6	74	штиль	„
„	13 ч. 00 м.	Еленовская метстанция	+ 0°,2	608,1	3,5	73	N 2 м/с	$\frac{10}{6}$ A—St; St; St—Cu
„	13 ч. 20 м.	Там же, где в 13 ч. 20 м. 27 XI			4,0	83		

[1]) Этой же нивелировкой определена абсолютная отметка нуля того же барометра в том положении, в каком он был установлен в здании Бюро до перестановки в дом Фарисеева; она составляла 1932, 11 *м*, а не 1925 *м*, как ошибочно указано в ч. III вып. I „Материалов по исследованию озера Севан и его бассейна".

Выводы, в общем не противоречащие законам колебания k, сводятся к следующему:

а) в солнечный день 27 XI коэффициент k резко колебался, переходя от плюса к минусу, увеличиваясь с возрастанием температуры, давления и влажности;

б) в пасмурный и относительно более влажный день 28 XI колебания k носили более спокойный характер, причем увеличение температуры и влажности оказало на увеличение k более существенное влияние, чем уменьшение давления (с 11 ч. 30 м. до 12 ч. 30 м. на 0,3 *мм*), которое должно было вызвать обратное явление;

в) выводы справедливы лишь в том случае, если возрастание абсолютной величины отрицательного преломления принимать за уменьшение преломления, а не наоборот.

По существу наблюдений, связанных с определением k, надо добавить, что изображения во всех случаях были сравнительно спокойными, а что касается надежности полученных результатов, то отрицательное значение k находит себе прямое подтверждение в условиях наблюдений 29 XI с вехи 9, когда основание вехи 46-й, находившееся на высоте около 2,3 *м* над уровнем озера, почти касалось горизонта, хотя поправка на кривизну земли составляла всего 1,5 *м*, причем веха 9 была выше вехи 46-ой.

Понижение предметов под влиянием отрицательного преломления наблюдалось и в иных случаях, особенно во время судового промера в декабре 1930 г. С другой стороны, из немногочисленных наблюдений, связанных с геодезическим нивелированием тригонометрических пунктов во время триангуляции 2—3 кл. 1929—30 гг. и 1 кл. 1930 г., с несомненностью выяснилось, что при значительном удалении луча зрения от земной поверхности коэффициент k достигает весьма больших положительных значений порядка 0,30 и выше.

Возвращаясь к вопросу о влиянии рефракции на величину расхождений $(h - h_1)$ надо заметить, что работа редко производилась в ранние утренние и в вечерние часы, поэтому с большей долей вероятия можно допустить, что условия работы были довольно близки к условиям определения k 27 и 28 ноября. Очевидно, что возмущение и перемешивание близпочвенных слоев усиливалось уже с 8—9 часов и затихло не ранее 16—17 ч., следовательно втечение всего рабочего дня имели место динамические причины, вызывающие ненормальное соотношение между плотностями близпочвенных и вышележащих слоев, вследствие чего и коэффициент k должен был иметь чаще отрицательное, а не положительное значение.

Все же едва ли можно принять за основу среднее значение $k = -0{,}134$, выведенное выше для 7-й группы, так как половина наблюдений была сделана непосредственно над поверхностью озера, тогда как в действительности подобные случаи бывали исключениями. Величина $k = -0{,}079$, выведенная для 5-группы, повидимому, должна быть ближе к среднему значению k во время нивелирования магистрали. В помещенной ниже таблице поправка на кривизну земли и рефракцию вычислена для $k = -0{,}08$ и $\lg R = 6{,}80356$ (табл. 6).

В дальнейшем было поступлено следующим образом.

На упомянутом выше участке магистрали № 6 (при $n = 180$) в 360 превышений, по таблице № 6 была введена поправка на кривизну земли и на рефракцию, после чего было произведено исследование по способу определения ошибки двойных измерений. При этом была обнаружена систематическая ошибка $q = -1{,}6$ *мм*, которая при выводе сред-

них превышений должна была понизить отметки магистрали на 0,8 *мм*. Общая невязка участка должна была составить —14,4 *см*; в действительности по срезкам получена близкая величина —11 *см* ($\pm 2{,}8$). Случайная ошибка выразилась величиной $m = \pm 6{,}6$ *мм*, что соответствует для среднего расстояния (на участке № 6) в 97,4 *м* точности измерения вертикального угла $\pm 14''$. Последнее обстоятельство говорит, что наблюдения по всей вероятности можно было производить тщательнее, а что касается систематической ошибки, то надо заметить, что понижение отметок обнаружено по всему восточному берегу и на большинстве участков южного берега, если знаки невязок расставить по ходу работы [1]).

Табл. 6

$$r = \frac{1-k}{2R} d^2$$

d	r	d	r
30 *м*	0,0001 *м*	150 *м*	0,00019 *м*
40 „	0,0001 „	200 „	0,00034 „
50 „	0,0002 „	300 „	0,00076 „
60 „	0,0003 „	400 „	0,00136 „
70 „	0,0004 „	500 „	0,00212 „
80 „	0,0005 „	600 „	0,00306 „
90 „	0,0007 „	700 „	0,00416 „
100 „	0,0008 „	800 „	0,05943 „
110 „	0,0010 „	600 „	0,00688 „
120 „	0,0012 „	1000 „	0,00849 „
130 „	0,0014 „	1500 „	0,11910 „
140 „	0,0017 „	2000 „	0,33395 „

Причина появления систематической ошибки осталась невыясненной. Возможно, что это явление находилось в связи с погрешностью барабана, вызвавшей систематическую ошибку в определении расстояния, но, быть может, объяснение надо искать в системе обозначения пикетов колышками; тяжелая остроконечная стойка вдавливалась в дерево и могли происходить явления, аналогичные смещению башмаков в точном нивелировании. Правда, в обоих случаях ошибки должны были бы устраняться в процессе работы, но ведь не всегда устраняются ошибки от смещения башмаков.

Очевидно, что если причина появления систематической ошибки будет найдена и устранена, то геодезическое нивелирование теодолитом Вильда № 1789 будет отличаться еще большей точностью, чем было достигнуто в 1930 г. на Севане.

Для характеристики условий, в которых выполнялась работа, ниже приводятся данные, подсчитанные для 300 стоянок и близкие к данным для всего района работы.

---

[1]) В таблице невязок (табл. 3) участки расположены по ходу часовой стрелки. На участке № 2 магистральная партия двигалась от вехи 175 на веху 115; на участке № 16 от вехи 340 на веху 313 и т. д., следовательно знак невязки меняется на минус.

Вертикальн. угол α	Число стоянок	Вертикальн. угол α	Число стоянок
Менее 0,°5	85	9°—10°	8
0,°5—1°	40	10—11	5
1°—2°	39	11—12	6
2—3	18	12—13	8
3—4	16	13—14	2
4—5	14	14—15	4
5—6	12	15—16	2
6—7	12	16—17	3
7—8	15	17—18	1
8—9	9	20—21	1

В среднем вертикальный угол составлял 4°.

В конечном итоге, под совокупным влиянием систематических и случайных ошибок, получены следующие характеристики [1]):

№№ участков магистрали	$x = \frac{\Delta}{\sqrt{l}}$	№№ участков магистрали	$x = \frac{\Delta}{\sqrt{l}}$
2	0,036	13	0,016
3	0,007	14	0,000
4	0,068	15	0,000
5	0,016	16	0,040
6	0,027	17	0,080
7	0,040	18	0,021
8	0,028	19	0,074
9	0,039	20	0,038
10	0,000	21	0,040
11	0,011	22	0,024
12	0,000	23	0,023

В среднем точность геодезического нивелирования магистрали 1'' теодолитом Вильда при средних значениях $d \cong 100$ *м* и $\alpha \cong 4°$ выразилась величиной:

$$\Delta = 0{,}032 \sqrt{l}$$

Эта точность в 5—10 раз меньше точности технического нивелирования, в $1^1/_2$ — 3 раза ниже точности тахиметрического нивелирования транзитом при горизонтальном луче зрения и в 5 раз выше точности тахиметрического нивелирования при наклонном луче зрения [2]).

Повидимому, тщательно испытывая инструмент и применяя костыли, точность работы можно в 2—3 раза повысить. Наконец нивелирование можно вести двойным ходом; качество нивелирования повысится, а скорость работы в мало-мальски гористой местности все же будет больше, чем при технической нивелировке. Результаты повторного хода будут особенно ценными: нет надобности вторично измерять расстояния, следовательно продолжительность стоянки сократится и наблюдения приблизятся к одновременным.

---

[1]) В помещенной здесь таблице номера участков соответствуют номерам, указанным в табл. 3

[2]) Курс геодезии проф. Красовского, ч. 1, стр. 582, 597.

III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТА ГРУНТОВЫХ ВОД В РАЙОНЕ СЕЛЕНИЯ ОРДАКЛУ

В связи с изучением явления просачивания воды из озера, силами гидрохимического и гидрографического отделов Севанского Бюро была проделана работа по определению горизонта грунтовых вод в районе селения Ордаклу.

Цель была достигнута без особых затрат, потому что в пределах селения почти в каждом доме имелся колодец, представлявший готовый шурф. Оставалось нанести колодец на план и пронивелировать.

Особой точности не требовавшая плановая съемка была произведена буссолью и лентой. Основные съемочные ходы, охватившие все селение, были привязаны к вехам магистрали, проходившей по побережью, а в дальнейшем селение было покрыто густой сетью промежуточных ходов, которые увязывались между полученными опорными точками. Место каждого колодца определялось буссолью и лентой, а контуры домов в большинстве случаев наносились глазомерно. В связи с этой работой шлюпочный промер в Ордаклинской бухте был учащен; галсы разбивались через 50 *м*, что и позволило составить детальный планшет в масштабе 1:2500 с нанесением изобат через 0,5 *м* и с показанием изолит по определению грунтов „на удар".

Съемка непосредственно сопровождалась технической нивелировкой, выполненной здесь со всей тщательностью. Всего было пройдено с нивелиром 18,2 *км*, и ни в одном участке невязка не превысила 1 *см*, поэтому в высотном отношении все полученные данные заслуживают полного доверия. В плановом же отношении некоторые ходы, проведенные по извилистым закоулкам, нельзя считать удачными, и места некоторых колодцев, преимущественно в центральной части селения, определены с точностью до 5—8 *м*; практически для поставленной цели это не имело значения и не помешало провести гидроизогипсы через 5 *см*.

Ход всей работы заслуживает некоторого внимания, потому что он лишний раз подтверждает, что при недостаточной густоте точек легко можно составить себе ложное впечатление о направлении потока. Действительно, в октябре 1928 года, когда были пронивелированы родник, находящийся на юго-восточной окраине селения[1]), и несколько колодцев в различных частях селения, создалась ясная картина депрессии; горизонт грунтовых вод был ниже уровня озера, и, по мере удаления от берега, отрицательные отметки увеличивались, т. е. горизонт все более понижался. Естественно возникла мысль о просачивании воды из озера по общему направлению на NW. Для проверки этого предположения Бюро заложило 3 шурфа, приблизительно на продолжении этой воображаемой оси потока, в расстоянии 1, 2 и 3 *км* от берега. Нивелировка шурфов в сопоставлении с данными, полученными в районе Ордаклу, дала следующие результаты:

Наименование точки	Приближенное расстояние от берега	Горизонт грунтовых вод относительно уровня озера
Колодезь № 6 на сев.-зап. окраине сел. Ордаклу . .	160 *м*	— 1,26 *м*
Шурф I	1 *км*	— 2,13 „
„ II	2 „	— 2,88 „
„ III	3 „	— 8,00 „ Воды не обнаруж.

[1]) На картах гидроизогипс обозначен литерой „Р".

На основании этих данных, оставляя в стороне вопрос о химизме, с чисто топографической точки зрения можно было утверждать, что первоначальное предположение о направлении потока справедливо.

Совершенно иная картина выяснилась после того, как в ноябре 1928 г. и в июне 1929 г. была охвачена нивелировкой вся сеть колодцев, изображенных на картах гидроизогипс [1]) (см. прилож.) Здесь видно, что ось потока направлена сперва на юго-юго-запад, причем подземные воды стекают в общее русло как от озера на запад, так и с запада к селению. Если на карте 1928 г. и могут возникнуть сомнения относительно крайней западной гидроизогипсы 1,25 *м*, проведенной предположительно, то на карте 1929 г. для проведения характерной гидроизогипсы 1,30 *м* имелись твердые основания, так как у ряда колодцев (№№ 187, 6, 190, 183 и т.. д.) отметки грунтовых вод были меньше 1,30 *м*. На основании этой картины совершенно нельзя сказать, имеются ли основания для того, чтобы связывать колодцы и шурфы I—II в общую систему; другими словами, нет никаких данных для того, чтобы отрицать возможность местных горизонтов в районе шурфов I—II.

При составлении карт гидроизогипс, возник вопрос о том, к какому уровню приводить отметки грунтовых вод и как приводить отметки к одному моменту. Втечение одного рабочего дня удавалось пронивелировать не более 22—25 колодцев, поэтому гидролог Бюро А. П. Соколов, руководивший работой, периодически, через каждые 2—3 дня, производил наблюдения в постоянных точках (родник, колодцы №№ 3, 31, 7, 12, А); кроме того, в процессе продолжавшейся съемки, в июне 1929 г. были вторично пронивелированы 47 колодцев, захваченных нивелировкой 1928 г., и вообще при каждом удобном случае нивелировались родник и колодцы, расположенные в различных характерных участках исследуемого района. Таким образом многие точки наблюдались по несколько раз, и полученные материалы позволили с ошибкой не более 1—2 *см* (включая ошибки нивелирования) установить ход колебания горизонта подземных вод по времени и по месту. Выяснилась следующая картина:

1) колебания горизонта подземных вод в общем соответствуют колебаниям уровня озера; весной и летом, с подъемом воды в озере, абсолютная отметка горизонта подземных вод увеличивается, а осенью и зимой с понижением уровня озера абсолютная отметка их уменьшается;

2) колебания по месту происходят неравномерно, а именно: в северной части селения подъем воды в озере сопровождается почти одинаковым подъемом горизонта подземных вод, с отставанием всего на 3 *см*; далее к югу подъем горизонта вод все более отстает от подъема уровня озера; отставание достигает максимума в 10 *см* в южной половине

---

[1]) На картах не поместились следующие колодцы:

№№ колодца	Место колодца	Горизонт грунтовых вод относительно уровня озера в *м*.	
		13/X 1928 г. 14 ч. 24 м	19/VI 1929 г. 16 ч.
1	40,5 *м* от колодца № 2 по азим. 5½°	—1,23	—1,26
189	58 „ „ „ „ „ „ 40¼°	—1,25	—1,28
98	71 „ „ „ 95 „ „ 183°	—1,25	—1,33

селения, а затем, на юго-восточной окраине селения, разница сглаживается и у родника вновь сокращается до 3 *см*; изолинии отставания горизонта грунтовых вод от уровня озера в период с октября 1928 г. до июня 1929 г. (рис. 5) дают представление об абсолютных колебаниях за тот же период; чтобы получить величину абсолютного колебания, надо из разности уровней озера (26 *см*) вычесть величину отставания.

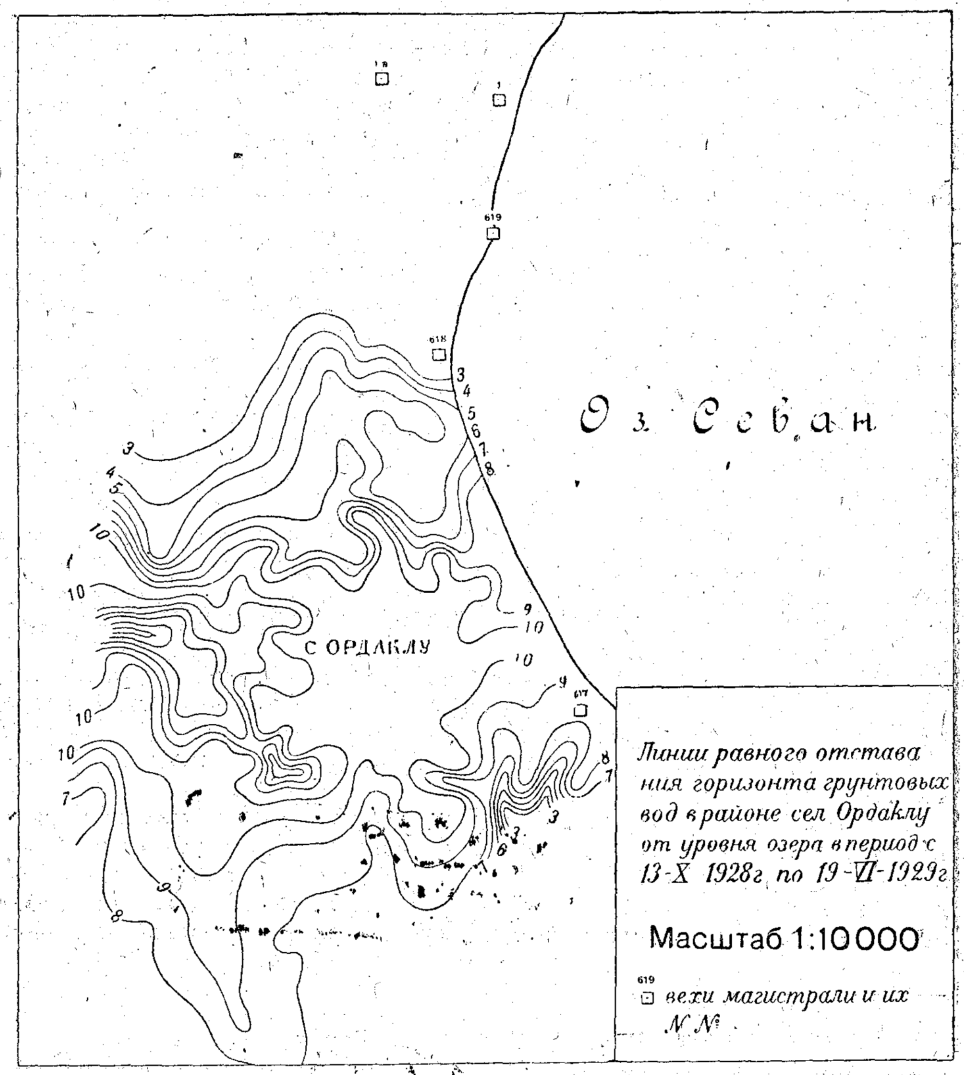

Рис. 5.

Выведенные таким образом поправки для приведения горизонтов к одному моменту и позволили составить две карты гидроизогипс. Первая карта характеризует осенний период, и все изолинии на ней отнесены к моменту, когда уровень озера был на 24 *см* выше нуля глубин Севанского Бюро и случайно совпал со средним уровнем озера за 1928—30 гг. (1916,33 *м*); вторая карта относится к летнему периоду (19 июня 1929 г.), когда уровень озера был на 26 *см* выше, чем 13 октября

1928 г., и все изолинии на ней соответствующим образом передвинуты. Конечно, можно было упростить работу, составив обе карты на общей высотной основе, но это была бы картина абсолютных колебаний горизонта грунтовых вод, между тем, поскольку все явление в целом связывают с явлением фильтрации, предпочтительнее было дать наглядную картину колебаний относительно рабочего горизонта озера.

С технической стороны вся работа интересна в том отношении, что на небольшом участке площадью около 0,54 *км*² получено 245 точек, на которых произведено в общей сложности 360 наблюдений, при этом применялись довольно оригинальные методы. Большинство колодцев находилось не на дворе, а в темных сараях и в таких закоулках, в которых немыслимо было установить нивелир. В подобных условиях поперек каменного сруба колодца клалась доска, от которой и измерялась стальной рулеткой глубина колодца, иногда достгавшая 10—12 *м*. Нивелировочная рейка для установки на доске пропускалась сверху через отверстие, которое почти всегда имелось в крыше над колодцем и которое являлось единственным источником дневного света в сарае; при отсутствии отверстия оно без труда просверливалось в земляной крыше. Нивелировщик располагался на ближайшей крыше, с которой удобно было пронивелировать несколько колодцев. Случалось, что он без особых, правда, последствий проваливался на этих крышах, примитивное устройство которых заставляло очень внимательно выбирать место, чтобы обеспечить инструменту устойчивость.

В северной части селения ряд колодцев (38—40 и 44—46) в октябре 1928 г. показал аномалии; при расстоянии на плане в несколько метров разность горизонтов достигала 12—18 *см*. Нивелировка колодцев 44—46 была два раза повторена и каждый раз с теми же результатами, поэтому аномалия и показана на карте; нивелировку колодцев 38—40 повторить не удалось, и сочтено было излишним испещрять карту сомнительными изолиниями.

Существовало намерение так или иначе определить положение нулевой гидроизогипсы. В прибрежной полосе, между колоцами 212 и 71, в расстоянии от 5 до 10 *м* от берега, где экстраполированием намечалась депрессия от 0,10 до 0,15 *м*, неоднократно нивелировался горизонт воды в специально вырытых ямах, но в песчаном влажном грунте горизонт воды неизменно оказывался выше уровня озера на 10 *см*; при этом одинаковые результаты получались как в дождливый период, так и после 5—10-ти дневной засухи, и в южной части против колодца 71, и в северной части против колодца 238. Создалось впечатление местного горизонта не без влияния органической жизни в скученных кварталах селения. За отсутствием времени дальнейшие попытки были прекращены; в будущем полезно повторить эти опыты, начав непосредственно от колодца 31 и передвигаясь к озеру через 2—3 *м*, с удалением слоя рыхлого грунта и с каптированием поверхностного горизонта.

Что касается практических результатов этой работы, то полученные топографические данные в соединении с химическими анализами воды в роднике и в ряде колодцев послужили А. П. Соколову подтверждением предположения о наличии фильтрации воды из озера. Гидрометрические данные, касающиеся родников в районе Рандамала, укрепляют это мнение и являются наиболее надежным доводом. Повидимому, и С. С. Кузнецов, который всегда учитывал трудность просачивания в условиях геологического строения района Ордаклу — Рандамал, только в самое последнее время, после рассмотрения этих

гидрометрических данных, согласился признать наличие просачивания. Но вместе с тем он подтверждает невыясненность путей просачивания. По мнению С. С. Кузнецова, существенные результаты могут дать химические и механические анализы некоторых вулканогенных пород Ахманганского плато и водные вытяжки их, так как в результате этих анализов химический состав воды в Ордаклинских колодцах может оказаться в такой же степени родственным составу озерной воды, как и химизму инфильтрационной воды, присутствие которой в недрах Ахманганского плато считается доказанным.

Так или иначе, с различными оговорками допускается, что в районе Еленовка — Ордаклу андезито-базальты до глубины 5—8 *м* от поверхности озера пропускают воду, которая неизвестными путями проходит на запад и в 18 *км* от озера выступает на дневную поверхность у с. Рандамал в количестве 2,3 $м^3/сек.$ (1930 г.). Многочисленные противоречия и разногласия в мнениях нельзя считать полностью устраненными и весь вопрос о гидрогеологическом режиме в рассматриваемом районе нельзя считать окончательно выясненным. Существенные результаты могут дать химические анализы воды в колодцах, расположенных на юго-восточной окраине селения (№№ 30, 70, 239 и др.).

Анализы воды этих колодцев в Бюро не производились. Если окажется, что химизм их родственен составу воды в роднике (Р), то будут некоторые основания допускать здесь существование местного горизонта инфильтрационного происхождения, о чем подробнее сказано в конце главы.

В какой мере полезны для устранения существующих разногласий те топографические данные, которые изображены на картах гидроизогипс?

Наименьшая депрессия, от—0,30 до—0,55 *м*, установлена в прибрежной песчаной зоне между колодцами 71 и 31. В следующей зоне, между колодцами 238 и 212, где к берегу прилегает полоса илистого грунта, депрессия увеличивается и составляет от—0,55 до—1,00 *м*; создается впечатление, что нулевая гидроизогипса в первой зоне совпадает с береговой линией, а во второй зоне должна была бы проходить восточнее уреза воды, т. е. просачивание начинается уже на некоторой глубине от поверхности озера (не более 55—100 *см*). В третьей зоне, к северу от колодца 212, в расстоянии всего 12—20 *м* от озера, депрессия достигает 1—1,25 *м*, но здесь берег окаймлен плотной водоупорной плитой (конгломератом), местами выступающей над урезом воды и уходящей в озеро на 100—700 *м* до глубины 4—12 *м*; если бы вся береговая линия была прикрыта плитой до глубины в 4 *м*, то и горизонт грунтовых вод был бы не выше—4 *м*, но колодцы 3, 53, 34 и др. дают депрессию около—1,25 *м*, следовательно вода просачивается в третью зону либо из второй зоны на север, либо из того каменистого участка, который выступает из плиты в расстоянии около 25 *м* от берега на глубине 1—1,2 *м*, соответствующей депрессии в упомянутых колодцах 3, 53 и др. Соответствующей экстраполяцией гидроизогипс на этом участке легко можно наглядным путем подтвердить высказанное предположение.

Если грунтовая вода в трех прибрежных зонах не озерного, а инфильтрационного происхождения, то каков же путь инфильтрации, и, при наличии столь ясной и наглядно выраженной связи между строением берегов и размерами депрессии, можно ли говорить об отсутствии просачивания воды из озера? Очевидно, что в трех упомянутых прибрежных зонах условия просачивания нельзя считать трудными, и отри-

цать наличие здесь просачивания не приходится. Относительно же подземных вод, стекающих в общее русло откуда то с запада, с геодезической точки зрения нельзя строить твердых предположений, так как западнее линии колодцев 187—167 нет ни одной точки. Остается еще проследить зависимость между рельефом местности и направлением потока. Прежде всего видно, что направление подземного потока прямо противоположно падению горизонталей на поверхности. Едва ли это говорит в пользу инфильтрации метеорных вод; но учитывая наличие западного потока, следующего поверхностному уклону, можно лишь высказать предположение о смешанном происхождении подземных вод в этом районе.

Обратим еще внимание на юго-восточную часть селения. Гидроизогипсы здесь как будто ложатся поперек горизонталей, но в районе родника расположение гидроизогипс находится в явной зависимости от рельефа и подземный сток направлен по падению горизонталей. Вода в роднике по концентрации солей считается „разбавленной озерной", но почему при этих условиях не признать ее просто инфильтрационной?

Изолинии отставания (рис. 5) как будто не противоречат выводам, согласно которым именно в северной зоне, сложенной сильно трещиноватой породой, абсолютные колебания горизонта подземных вод должны в наименьшей степени отставать от колебаний уровня озера; но здесь необходимо прервать изложение, так как данные о составе и мощности водоносного горизонта, а также о скоростях потока, принадлежат к числу элементов, которые лишь в самой незначительной степени были затронуты произведенными здесь исследованиями.

Таким образом анализ геодезических данных позволяет сделать следующие выводы, подтверждающие основное заключение Севанского Бюро по этому вопросу:

1) происхождение подземных вод в прибрежной зоне в районе с. Ордаклу с большой долей вероятия можно отнести на счет просачивания из озера,

2) весь поток в целом скорее смешанного, а не однородного происхождения, при чем метеорное питание поступает и с запада и с юго-востока.

IV. СЪЕМКА БЕРЕГОВ

По характеру всех исследовательских работ на озере Севан, в переводе на гидрографическую терминологию, их следовало назвать систематической описью, которая сопровождается мензульной съемкой береговой полосы шириной 5 миль с выражением рельефа в горизонталях. Но в данном случае речь шла не о морской гидрографии, учитывающей удобства мореплавания и другие соображения, а об озерной съемке, выполняемой главным образом для морфометрических подсчетов. С этой точки зрения подробность съемки должна была соответствовать подробности подсчетов; объемы сливных призм следовало вычислить через 1 *м* и следовательно горизонтали должны были проводиться также через 1 *м*, что соответствовало масштабу не мельче 1 : 5000. Но сроки и средства не позволили остановиться на этом масштабе, наиболее употребительном при всякого рода исследованиях на реках и озерах. Первоначальный план пришлось составлять для съемки в масштабе 1 : 20000 и только с весны 1929 г. удалось настоять на принятии масштаба 1 : 10000, причем на помощь пришло распространенное на работы вод-

хозов постановление об отмене 1 : 20 000 масштаба, вернее о принятии международной системы разграфки планшетов.

По имевшимся данным амплитуда колебаний уровня озера достигала за 40 лет 2,5 *м*, причем в 1929 г. уровень был примерно на середине этой амплитуды; были и иные указания, говорившие в пользу возможности поднятия уровня.

Лишь впоследствии, когда была произведена детальная съемка истока Занги, были получены материалы, которые давали повод высказать предположение о том, что со времени Ахманганских извержений уровень озера не поднимался выше 2,5 *м* над нулем глубин Севанского Бюро [1]). Довольно наглядным, но не неоспоримым доказательством этого тезиса являлось расположение береговых валов, которые в различных частях побережья не удаляются от берега более чем 10—50 *м* и имеют наибольшую высоту 3,2 *м* от нуля глубин. Поэтому детальной съемкой оказалось достаточным охватить прибрежную полосу до отметки в 5 *м* над уровнем озера.

Конечно, поскольку позволяли условия, желательно было расширить пределы съемки, чтобы с одной стороны дополнить картину в тех случаях, когда обрывистый берег в принятом масштабе выражался слишком узкой полоской, а с другой стороны нанести на план точки, способствующие изучению района в гидрологическом отношении (истоки родников, колодцы).

Практически в 1929 г. удалось произвести мензульную съемку до отметки в 20 *м*, причем в пределах от 5 до 20 *м* горизонтали проводились через 5 *м*. В 1930 г. за недостатком времени съемка в большинстве случаев выполнялась лишь до отметки в 5 *м*, а более высокий рельеф захватывался лишь случайно и впоследствии, при обработке, выражался обрывками горизонталей. В равнинных местностях, где 5-метровая отметка проходила в расстоянии от 1 до 4 *км* от берега, обстоятельства не позволили выдержать 5 метровый предел и съемка доводилась до отметки в 3—4 метра. Эти ограничения, не имевшие невыгодных последствий для целей съемки, оказались как нельзя более уместными, так как в 1930 г. съемка была закончена буквально в последний момент, когда дальнейшее пребывание в палатках без достаточного зимнего оборудования становилось невозможным.

В 1930 г. ряд причин заставил отказаться от мензульной съемки и перейти к съемке тахиметрическим способом. Вопрос заключался в том, чтобы по возможности устранить все невыгодные стороны этого рода съемки, требующей в поле меньше времени, чем мензульная съемка, но отнимающей много времени на камеральную обработку и не позволяющей проводить горизонтали в поле.

Для тахиметрической съемки, по сравнению с требованиями, предъявляемыми к мензулисту, можно довольствоваться пониженной квалификацией техперсонала. В декабре 1929 г. и в январе 1930 г. в районе Еленовки производилась специальная тахиметрическая съемка в масштабе 1 : 2 000; в процессе выполнения этой съемки и был подготовлен кадр для предстоявшей в 1930 г. тахиметрической съемки побережья.

---

[1]) Топографические данные как будто подтверждают мнение Дюбуа, Нешеля и Соколова об искусственности истока Занги; во всяком случае они свидетельствуют о том, что если бы уровень озера долгое время был выше современного на величину более 2,5 *м*, то Занга нашла бы себе путь южнее современного места истока и следы этого пути должны были бы сохраниться на местности. Против версии об искусственном характере современного истока Занги приводит веские доказательства С. С. Кузнецов, поэтому наиболее вероятным представляется предположение Маркова о смешанном происхождении истока, расширенного и углубленного руками человека.

Одной из существенных причин, по которой не принято особенно доверять тахиметрической съемке, является возможность частых промахов в измерении расстояний, направлений и вертикальных углов. Непосредственный графический контроль, который имеется налицо при выполнении мензульной съемки, в данном случае отсутствует и даже очень тщательный абрис, при наличии крупных промахов, не спасет при обработке план от искажения. С подобным широко распространенным мнением можно согласиться лишь в том случае, если тахиметрическая съемка производится с соблюдением лишь тех основных требований, которые вытекают из самой сущности этой съемки, т. е. когда на первое место ставится скорость полевой работы, представляющая главное достоинство этой съемки. Если основным требованием считается скорость, то для соблюдения установленных урочных норм, все наблюдения производят с однократным отсчетом; но ведь известно, что все то, что в геодезии делается однократно, либо заранее обрекается на неуспех, либо не может удовлетворить строгим требованиям и дает лишь схематический материал. Заменяя мензульную съемку тахиметрической, отнюдь не следовало понижать качество работы и в этом направлении были приняты простейшие меры, которые на первый взгляд, в отношении скорости, ставили тахиметрическую съемку ниже мензульной, но в действительности, когда техники достаточно напрактиковались, нисколько не помешали не только выполнению урочных норм, но и перевыполнению их на 50—60%. Вместо положенных в день 250 точек, нередко бралось свыше 400, причем по качеству они уступали реечным точкам мензульной съемки лишь в виде редких исключений. Из общего числа 27 615 точек, что дает в среднем 184 точки на 1 *км* береговой линии, при обработке было признано негодными 70 точек т. е. ¼% ; это значит, что в среднем на каждые 2 *км* береговой линии приходилась одна неверная точка. Но разве при мензульной съемке все реечные точки непогрешимы?

Сущность полевого котроля, способствовавшего повышению качества тахиметрической съемки, подробно изложена в прилагаемой инструкции. Здесь можно сделать лишь несколько дополнительных замечаний.

Успех контроля в значительной мере зависел от внимательности и исполнительности помощника съемщика—десятника, который записывал отсчеты и вел абрис. Именно помощник должен был заметить промах съемщика, так как последний, особенно к концу дня, работает как автомат и ему труднее заметить свой промах: он воспринимает предыдущий отсчет по памяти, тогда как у помощника десятника, имеющего перед глазами запись, действует зрительное ощущение.

Форма полевого журнала соответствовала требованиям контроля, т. е. для расстояний, направлений и вертикальных углов оставлялось по две графы. Отсчеты делались по двум верньерам, но не так, как принято в триангуляции, а с обязательным отсчетом и записью не только минут (и секунд при работе 30″ теодолитом), но и градусов, потому что если в течение дня приходилось делать свыше 1 000 всякого рода отсчетов, то легко можно было промахнуться и в градусах. В то время, когда съемщик наводил трубу для нового наблюдения, у помощника было достаточно времени для того, чтобы проверить оба отсчета (прибавлением 180°) и по положению точки на абрисе установить промах в нумерации верньеров. Контролирование расстояний производилось простым помножением первого отсчета, взятого от нижней нити до средней, на 2; результат с точностью до 1 *м*, должен был соответствовать второму отсчету, сделанному между крайними нитями.

Не полагаясь исключительно на помощника, съемщику следовало бы перед переходом на новую стоянку проверить все записи, но практически это не выполнялось, чем и объясняется наличие нескольких десятков негодных точек; чаще всего здесь попадались промахи в градусах горизонтальных направлений и в минутах вертикальных углов, промахов в расстояниях пропущено всего 4. Но многочисленные исправления, сделанные в полевых журналах обеих съемочных партий свидетельствуют о том, что меры контроля отнюдь не являлись излишними.

При съемке обрывистых скалистых берегов тахиметрическая съемка естественно оказалась жизненнее мензульной. Но независимо от характера рельефа, тахиметрическая съемка имела одно несомненное преимущество перед мензульной, которая не может быть изображена в более крупном масштабе чем тот, в котором она произведена на местности, тогда как подробность тахиметрической съемки, при заданном сечении рельефа через 1 *м*, позволяла обрабатывать ее не только в основном 1 : 10 000 масштабе, но и в более крупных масштабах, вплоть до 1 : 2000. Обстоятельство это имело существенное значение в тех случаях, когда обрабатывалась съемка очень отлогих берегов (напр. у Еленовских островов) или наоборот, очень крутых (остров Севан). В подобных условиях выгоднее и удобнее было обрабатывать съемку в крупном масштабе с последующим уменьшением до основного масштаба.

Что касается, в частности, острова Севан, то для съемки его берегов, местами отвесно падающих в озеро, необходимо было разбивать опорную сеть в наиболее возвышенных частях острова; другими словами к берегу приходилось подбираться сверху. При этих условиях нецелесообразно было ограничиваться съемкой до отметки в 5 *м* и опорная сеть была использована для полной съемки всего острова.

Опорная сеть, которая при тахиметрической съемке играла роль геометрической сети при мензульной съемке, в общем оправдала свое назначение. Но надо заметить, что только крайняя спешность работы потребовала ограничиваться измерением углов одним приемом. При обработке в двух треугольниках обнаружены были недопустимые невязки и, как правило, подобная работа должна выполняться двумя приемами.

При съемке селений неоднократно и с большим успехом применялся метод косых линий. Этим способом заснято в масштабе 1 : 2000 все селение Еленовка.

V. ПРОМЕР ГЛУБИН

1. ШЛЮПОЧНЫЙ ПРОМЕР

Систематический шлюпочный промер, выполненный в 1929 и 1930 гг., продолжался в общей сложности 9 1/2 месяцев.

Шлюпка, идущая по створу, засекалась двумя теодолитами; как известно, это наиболее точный способ определения места измеренной глубины. Технические подробности этого способа в том виде, в каком он применялся на Севане, изложены в инструкции. Существенной особенностью являлось выполнение промера на каждом галсе двумя приемами: промер наметкой производился при движении шлюпки к берегу, а при промере в озере шлюпка шла от берега в озеро. Преимущества подобного метода очевидны: 1) если начинать промер от берега, то в первые 15—20 сек. после пуска мотора скорость хода неравномерна, следовательно при обработке рельеф искажается; 2) промер можно до-

вести до самого берега, тогда как, становясь кормой к берегу, шлюпка может поломать винт, поэтому осторожность заставляет начинать промер лишь в некотором расстоянии от берега, причем это расстояние может оказаться больше установленной подробности промера. Именно благодаря применению этого способа и удалось выяснить подробности, касающиеся протяжения и ширины береговой платформы, подводных валов и других особенностей рельефа.

В 1929 г. промер производился одной шлюпкой „Киры" размерами $7 \times 2 \times 0{,}7$ *м* с бензиновым двигателем в 7 сил. Скорость хода нормально, не превышавшая 9 *км*, во время промера регулировалась коробкой скоростей и составляла от 40 до 50 *м* в минуту, что и соответствовало принятой подробности промера лотлинем при равномерном уклоне дна. Если замечались местные неровности, то глубины измерялись лотлинем через $^1/_2$ минуты, т. е. через 20—25 *м*. Подробность промера наметкой составляла от 15 до 25 *м*.

Шлюпка „Киры" работала без перебоя, и не дала ни одного случая простоя из-за неисправности двигателя, но в свежую погоду шлюпка не выгребала против волны, поэтому в 1930 г. на ней был установлен автомобильный двигатель в 12 сил, и скорость хода повысилась до 13 *км*. Обстоятельство это было существенно, так как в 1930 г. большинство работ выполнялось в Большом Севане, и много времени тратилось на периодические возвращения в базу, которая в течение всего периода работ находилась в Еленовке.

В июне 1930 г. был доставлен в Еленовку из Батума катер „Канакиргэс", после чего работа выполнялась двумя шлюпочными партиями. Катер размерами $7{,}75 \times 2 \times 0{,}8$ *м* с автомобильным двигателем в 14 сил развивал скорость в 14 *км* и обладал хорошими мореходными качествами, не раз испытанными во время осенних непогод. Во время промера для уменьшения скорости хода применялось буксирование парусинового плавучего якоря диаметром в 1 *м*, благодаря чему, в соединении с регулировкой газом, скорость хода не превышала 45—48 *м* в минуту.

Галсы располагались через 200 *м*, но в устьях рек Балык-чай, Кявар-чай и Гилльского протока учащались до 100 *м*. Ордаклинская бухта промерена частью перекрещивающимися галсами через 50 *м*, Арданышский залив — перекрещивающимися галсами через 100 *м* и Еленовская бухта — через 50 *м*. В западной части Еленовской бухты в январе 1929 г. произведен зимний промер на льду по квадратам через 25—50 *м*. В каждой лунке измерялась толщина льда, колебавшаяся в пределах от 31 до 44 *см* и в среднем составлявшая 37 *см*. Всего на площади 0,65 *км*^{2} взято 345 глубин, что составляет 530 глубин на 1 *км*^{2}. В районе Эраноса, на глубинах менее 6 *м*, сделано 70 дополнительных галсов наметкой с целью выяснить расположение подводных валов. В некоторых случаях галсы, располагавшиеся через 200 *м* и принадлежавшие соседним промерным галсам, перекрещивались, что также способствовало детализации промера. Мели, расположенные у входа в Еленовскую бухту, зона Еленовских островов и ряд глубоко вдающихся бухт близ Александровки, Норашена, Мухана, Агзибира, Агкалы и Айриванка промерены в 1930 г. третьей шлюпочной промерной партией с 4-метровой шлюпки, работавшей под веслами. Промер этот производился лотлинем и сопровождался полуинструментальной съемкой мелких островов, но, несмотря на его подробность, которая местами позволила бы составить детальные планы в любом масштабе, в большинстве случаев он оказался в качественном отношении ниже промера по засечкам.

Нельзя сказать, что и промер по засечкам во всех случаях был безукоризненным. Лучшие результаты получены в 1929 г., а из промера

1930 г. пришлось вычеркнуть несколько галсов (всего 305 глубин), на которых были обнаружены промахи десятников, стоявших у теодолитов и специально обученных перед началом работ в связи с общей нехваткой техперсонала. Были промахи и иного порядка: в погоне за скоростью работы начальники партий, также подготовленные в бюро, неправильно назначали стоянки для теодолитов, вследствие чего засечки на некоторых участках (на Гюнейском берегу Б. Севана) пересекались под углом более 150°. Несколько галсов как по этой причине, так и вследствие промахов десятников, были обработаны частью по створу и одной засечке, частью по счислению. Именно в подобных случаях, всегда возможных на практике, и сказывается преимущество способа засечек двумя, а не одним теодолитом; вместе с тем существенную пользу приносит знание средней скорости хода при промере, которая у шлюпок бюро колебалась в ничтожных пределах.

Один пробел в шлюпочном промере представляет досадное упущение: в одном из участков близ Норадузского маяка не были разбиты галсы по звездной системе, вследствие чего промер в довольно интересном месте аккумуляции Кяварчайских выносов обработан по недостаточно подробным данным судового промера. При взгляде на карту видно, что изобаты здесь, по всей вероятности, несколько извилистее, чем их пришлось изобразить по имевшимся материалам.

Временные водомерные посты устанавливались в тех случаях, когда промер производился в расстоянии более 10 *км* от постоянных гидрометрических постов. Всего было установлено 22 временных поста. В 1930 г. обе шлюпки, выполнявшие промер по засечкам, работали совместно и временный пост, установленный поблизости от общего лагеря, обслуживал обе партии.

Для сокращения времени, которое приходилось затрачивать на выезды в поле и возвращения в базу, весь состав партий в числе 20 техников и рабочих согласился работать непрерывно в течение 24 дней, после чего шлюпки возвращались в Еленовку на 6-ти дневный отдых, во время которого производился ремонт двигателей. Благодаря этим мероприятиям, в летние месяцы число рабочих дней, за вычетом простоев, вследствие непогоды, неисправности двигателя и перебоев в снабжении бензином, в среднем достигло 17, причем работа во всех партиях выполнялась и сверхурочно.

14 ноября 1930 г. был сделан последний галс у Гилльского протока, и шлюпки, возвращаясь в Еленовку, совершили последний переход через все озеро.

Шлюпочным промером, произведенным до глубины 20—25 *м*, захвачено 15% площади озера. Общее число глубин составляет 52 909, из которых 46 088 измерено на 1 186 галсах по засечкам, а остальные 6 821 — 3-й шлюпочной партией, работавшей $2^1/_2$ месяца в бухтах и по съемке островов и сделавшей 349 галсов. В зависимости от сложности рельефа число глубин на 1 $км^2$ составляло от 125 до 500, а в Ордаклинской бухте достигло 860; в среднем на 1 $км^2$ приходилось 360 глубин, причем подробность промера наметкой на глубине до 5 *м* в среднем была втрое больше, чем при промере лотлинем на глубине свыше 5—6 *м*. Длина галсов колебалась от 200 *м* до 4 *км*.

Полученные результаты одинаково пригодны как для точных морфометрических подсчетов, так и для навигационных целей, но в отношении последних надо заметить, что если побережье усеяно подводными камнями, то, как известно, даже самый подробный шлюпочный промер не дает для мореплавания полной гарантии, достигаемой лишь путем траления; в данном случае некоторые неожиданности могут быть встре-

чены вдоль риасового побережья, особенно, в районе Норашена, где существующие подводные скалы и камни далеко не все обнаружены.

Грунты определялись „на удар". В прибрежной зоне, промерявшейся наметкой, это определение давало наиболее верные результаты. Что касается промера лотлинем, то очевидно, что более или менее верное ощущение создавалось лишь в отношении степени твердости грунта; таким образом на глубине свыше 6—8 *м*, когда дно переставало просвечивать, нельзя было с уверенностью отличить скалистый грунт от плиты, и те данные, которые касаются наличия плиты на глубинах свыше 6—8 *м*, нельзя считать надежными. Но ил легко отличался от песчанного грунта, и здесь происходил своего рода „механический анализ", который довольно верно улавливал условную границу, существующую между понятиями об „илистом песке" и „песчаном иле". Взятие образцов не входило в задачу промерных партий, так как исследование грунтов было включено в программу работ гидрохимического отдела Бюро. С упомянутой выше оговоркой, касающейся конгломерата, данные, полученные при шлюпочном промере, в общем заслуживают доверия и дают довольно полную и подробную картину распределения грунтов в прибрежной полосе. В основном они сходятся с материалами, полученными Севанской озерной станцией [1]), но местами дают резкие отклонения, которые объясняются прежде всего степенью подробности работы: исследования озерной станции охватывали характерные участки, причем признаками служил состав пород, слагающих побережье; промерные же работы Бюро выполнялись систематическим передвижением по всему периметру озера, и естественно, что при этом улавливались те детали, которые могли ускользнуть при рекогносцировочных исследованиях озерной станции. Существенным отличием надо признать следующие факты:

1) илы в прибойной и нижне-прибойной зонах (по терминологии Л. В. Арнольди) встречаются не только в закрытых бухтах, но и во многих открытых местах вдоль „риасового" побережья, где только замечается малейшая неровность дна;

2) Гюнейский берег М. Севана на значительном протяжении окаймлен песчаной полосой, которая на глубине 5—8 *м* сменяет собой каменистую прибрежную зону и уходит до глубины свыше 20 *м*; кроме того, более глубокое залегание песка, чем указывает Л. В. Арнольди, замечается и на западном берегу Б. Севана; в обоих случаях это распределение грунтов вполне соответствует характеру берегов и уклонам дна; илы встречаются здесь сравнительно редко [2]).

2. СУДОВОЙ ПРОМЕР

Задания 1928—29 гг. исходили из поставленной Бюро задачи — произвести точные морфометрические подсчеты до глубины в 20 *м*, так как все существовавшие в то время предположения об использовании озера были в той или иной мере не обоснованы и не касались глубин свыше 20—25 *м*. При таком положении вещей всякого рода планы, касавшиеся судового промера и зародившиеся в Бюро еще в 1928 г.,

[1]) Л. В. Арнольди. Материалы по изучению донной продуктивности озера Севан. Труды Севанской озерной станции.

[2]) По техническим условиям обработки материалов исследований автор настоящего очерка не мог использовать основные данные Севанского Бюро о грунтах оз. Севан. Приводимые ниже замечания автора о схеме распространения грунтов Л. В. Арнольди находят подтверждение на карте грунтов, составленной С. Я. Лятти („Материалы" ч. IV в. 4). *Прим. ред.*

не могли встретить должной поддержки со стороны учреждений, которые еще не были в то время в них заинтересованы; в результате — смета Бюро подверглась в Водной секции Госплана сокращению как в 1928|29 гг., так и при наступлении последнего года полевых работ, 1930 г. Лишь благодаря поддержке ВСНХ ССР Армении в марте 1930 г. удалось получить ассигнования на производство судового промера.

Совершенно иначе повернулось дело летом 1930 г., когда, на основании предварительных итогов исследований, выяснилась необходимость понижения уровня озера до глубины около 50 *м* и от Бюро потребовалось составление батиметрической карты всего озера. Но время было уже в значительной мере упущено.

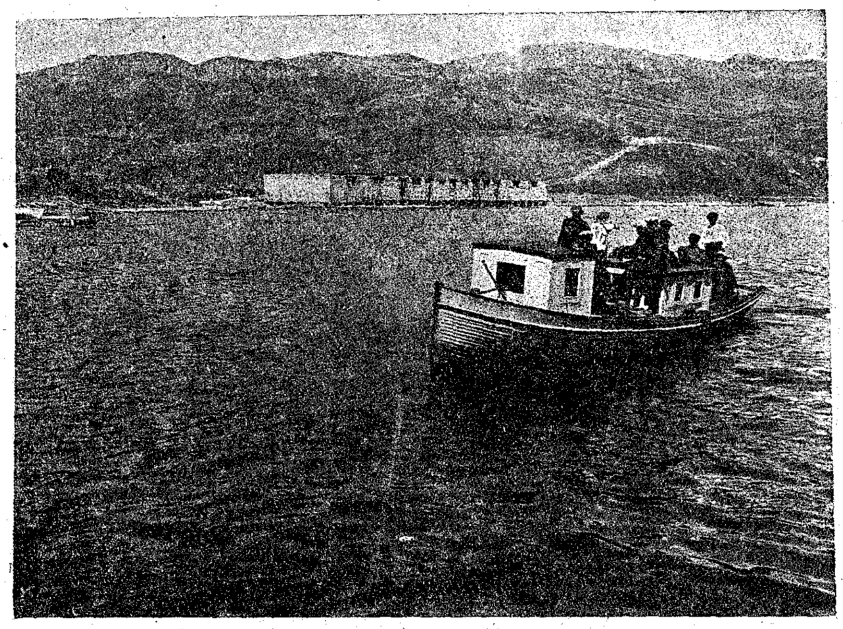

Рис. 6. Испытание катера „Севан" в Цамакабертской бухте.

Приобретенный в Батуме катер „Севан" прибыл в Еленовку с опозданием на несколько месяцев. Поэтому в конце 1930 года промер пришлось спешно заканчивать на одном из судов Севанского Госречсудоходства, так как катер не был пригоден для работы в тяжелых условиях зимы. Все эти ненормальности в ходе работ сказались на полноте судового промера.

Катер „Севан" размерами $10{,}27 \times 2{,}47 \times 0{,}84$ *м* с установленным на нем 40-сильным бензиновым двигателем развивал скорость в 16 *км* и имел радиус действия в 850 *км*. Благодаря этим качествам, осенью 1930 г. он оказал неоценимые услуги по снабжению и поддержанию связи с различными полевыми партиями, работавшими вдали от Еленовки; но в отношении судового промера, ввиду отсутствия коробки скоростей, вредности регулировки газом и частых остановок для измерения глубин на стопе и необходимости использовать остававшийся краткий двухмесячный промежуток времени для производства промера по всему озеру, — пришлось выработать особые технические приемы, которые позволили работать на ходу. Сущность этих приемов выразилась в следующем.

1) Испытанное средство — буксирование пловучего якоря — сократило скорость хода в среднем до 1,6 *м/сек.*; колебания, в зависимости от скорости и направления ветра и случайных течений, достигали $\pm 0{,}4$ *м/сек* и учитывались по результату прокладки.

2) Глубины измерялись на ходу, через каждые 2 минуты, причем поправка на искривление лотлиня была выведена экспериментальным путем; в соответствии со скоростью хода, подробность промера составляла в среднем 200 *м*. При этом способе удалось в течение $2^1|_2$ месяцев измерить 3355 глубин.

Способ измерения глубин на ходу не вызвал бы никаких сомнений, если бы он применялся в открытом море, где не требуется такой точности, или если бы применялся какой либо усовершенствованный лот, не требующий определения поправки на искривление лотлиня. Как известно, к такого рода лотам, допускающим измерение глубин на ходу, относятся эхо-лоты, глубомеры, действующие на принципе гидростатического давления, и лот-рыба.

Но ни один из этого рода лотов, за краткостью организационного периода, не мог оказаться на Севане, и каждому из них свойственны недостатки, вызывающие ошибки в измерении глубин от 2 до 5 *м*, в зависимости от рода лота и от глубины; при этом у эхо-лота (Соммервилля) ошибки имеют более или менее систематический характер и могут быть учтены путем тарировки, а у всякого рода трубок и пружинных глубомеров преимущественное значение имеют случайные ошибки. Что касается лота-рыбы, то он испытан для очень малых скоростей хода и для глубин менее 50 *м*, а формулы, выведенные для определения поправки инж. гидрографом Куртье [1]), дают не только приближенное, но и неверное по существу решение.

Для установки на катере „Севан" имелся лишь лот Томсона устаревшего типа, без стопорящих дисков. Кроме того в периоды, когда не производилось гидрологических наблюдений в озере, можно было пользоваться счетчиком Наумана. В обоих случаях глубины измерялись на ходу по счетчику с точностью до половины его деления, т. е. до 0,9 *м* у Томсона и 0,5 *м* у Наумана.

Для определения поправки на искривление лотлиня, на каждом галсе, независимо от измерения на стопе начальной и конечной точек галса, делались две или три остановки, и производилось измерение контрольной глубины на стопе; из двух отсчетов соседних глубин, измеренных на ходу до и после измерения глубины на стопе, выводился средний, который и относился к моменту измерения глубины на стопе; таким образом получалась поправка на искривление лотлиня для данного лота, для данной измеренной глубины и для данной скорости хода.

Степень доверия к выведенной таким образом поправкам зависела главным образом от рельефа дна и от степени точности определения скорости хода. Чем ровнее было дно, тем с большим основанием можно было принимать средний отсчет за ту величину, которая была бы получена, если бы измерение было произведено на ходу в том месте, где была измерена контрольная глубина на стопе. Влияние ошибок в определении скорости хода, как выяснилось в результате обработки всех наблюдений, в худшем случае могло дать погрешность в определении поправки не более 0,8 *м*, практически же не превышало 0,2—0,3 *м*. Неровности дна могли иметь более существенное значение, поэтому из

[1]) Annales Hydrographiques, vol. VII, 1925—26. M. A. Courtier, ingénieur hydrographe en chef. Note sur la courbure de la ligne et la correction d'inclinaison dans les sondages au plomb—poisson. В сокращенном русском переводе статья П. В. Мессера в т. LIII Записок по Гидрографии, 1927.

числа глубин, измеренных на стопе, было использовано лишь 74 точки, находившихся в тех районах, где глубина на протяжении 300—400 *м* менялась не более, чем на 3—4 *м*; в 10 случаях отсчеты глубин, измеренных на ходу до и после измерения контрольной глубины, были одинаковыми или отличались не более, чем на 1 *м*.

На основании этих наблюдений, произведенных при различных скоростях хода, на различных глубинах, была выяснена зависимость

$$Z = F(S)$$

истинной глубины Z от измеренной S. Оказалось, что при измеренной глубине S более 30 *м* эта зависимость весьма близка к линейной и практически была принята за линейную. Другими словами

$$Z = \alpha S \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(а)}$$

где α — коэффициент, зависящий для данного лота лишь от скорости хода. По формуле (а) для всех трех применявшихся лотов (Томпсона, Наумана и Воронкова) были вычислены таблицы истинных глубин, в зависимости от измерений глубины и от скорости хода.

Зависимость, выраженная формулой (а), постоянна для данной скорости хода и не зависит от глубины.

При обработке промера в этом отношении возникли сомнения, особенно в Б. Севане, где глубины от 30 до 50 *м* получались примерно на 1 *м* больше, чем следовало ожидать по результату измерения контрольных глубин и по имевшимся данным Бюро, полученным при взятии проб грунта, когда глубины определялись со стопа счетчиком Наумана с точностью до 0,5 *м* [1]). Сущность этого расхождения выяснилась при обработке нескольких контрольных галсов, сделанных по разным причинам в М. Севане, причем часть этих галсов перекрещивалась и была сделана разными лотами, на различных скоростях хода и при различных условиях погоды, что давало ценный материал для контроля всей таблицы поправок. Тщательное изучение этих материалов показало что:

1) в тихую погоду или при выполнении промера в одинаковых условиях погоды никаких расхождений не замечается; так, напр., ряд точек контрольного галса, сделанного к северу от Агзибира „Коммунистом" с лотом Томсона при скорости 2,8 *м/сек.*, почти совпал (по месту) с глубинами, измеренными „Севаном" счетчиком Наумана при скорости от 1,6 до 1,8 *м/сек*; расхождение в глубинах составило от 0,1 до 0,3 *м*;

2) при волнении зависимость, выраженная формулой (а), нарушается вследствие ударов волн и изменений в сопротивлении воды лотлиню в поверхностном слое, возмущенном волнением; на попутной волне сопротивление уменьшается, вследствие чего коэффициэнт α увеличивается; на противной волне происходит обратное явление. С особенной ясностью это явление сказалось на контрольном галсе, сделанном на восток от острова Севан при свежем попутном ветре, когда все исправленные по таблицам глубины оказались на 1—2 *м* меньше глубин, измеренных в нормальных условиях.

---

[1]) По поводу этих измерений надо заметить, что для поставленной задачи составления обзорной карты грунтов не требовалось особой точности в определении местоположения. Тем не менее эти работы выполнены с большой тщательностью, которая позволила бы нанести на точную карту большинство точек, определенных секстаном или по счислению, если бы обработка наблюдений производилась установленным в гидрографических работах методом, т. е. вычислением, а не графически. Четыре галса, сделанных С. Я. Лятти в М. и Б. Севане, удалось использовать при составлении батиметрической карты отчасти для контроля, отчасти для дополнения промера.

На основании полученных выводов была вторично произведена обработка галсов, сделанных в свежую погоду, причем исчезли многие сомнения, оставшиеся в результате первой обработки. Произведенное таким образом уравнивание показало, что при волнении в 3—4 балла поправка к основной таблице составляет около 1%. Упомянутые выше галсы в Б. Севане, на которых впервые обнаружено было расхождение, сделаны были при встречной волне, когда коэффициент α должен был иметь меньшее значение; после введения поправки расхождения не выходили за пределы $\pm 0{,}5$ *м*.

Один из недостатков промера на ходу заключается в том, что в показание счетчика входит ошибка „на запаздывание", т. е. отсчет делается не в тот момент, когда груз коснулся дна, а когда прекратилось размывание лотлиня, вследствие чего измеренная глубина всегда бывает больше того отсчета, который был бы получен, если бы вьюшка стопорилась автоматически в момент падения груза на дно. Последнее поло-

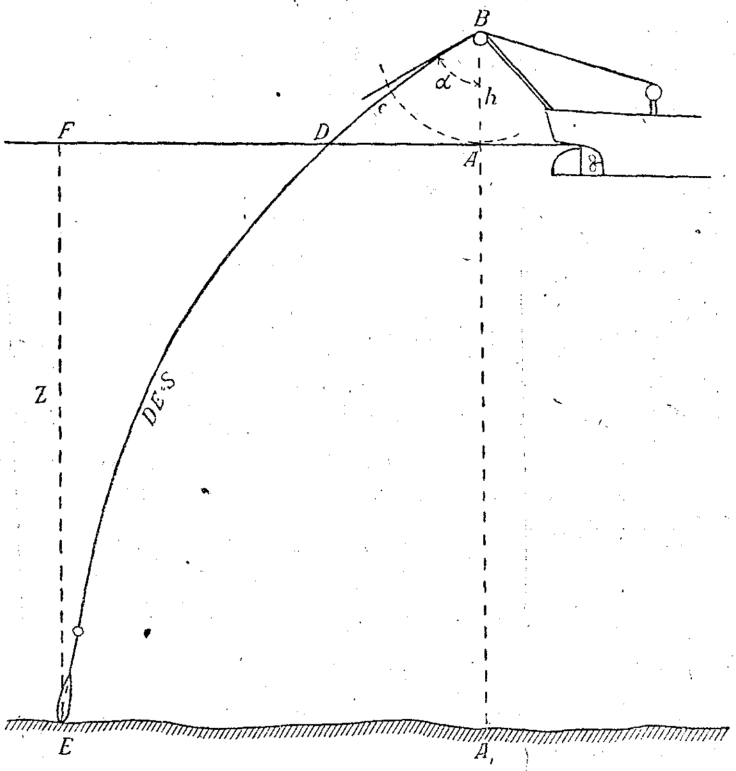

Рис. 7. Перемещение места нуля (М. О) при измерении глубин на ходу

жение дало бы наиболее ценные материалы для аналитических исследований, поэтому кривая поправок, которая строилась по контрольным глубинам, составлялась для отсчетов, исправленных на запаздывание. Поправка эта многократно определялась при самых разнообразных условиях; выяснилось, что вьюшка с помощью специально установленного ножного стопора останавливалась через такой короткий промежуток времени, который ни разу не удалось уловить по секундомеру, поэтому поправка на запаздывание выразилась величиной, соответствующей времени реакции на зрительное ощущение т. е. 0,19 *сек.* $\times w$, где w — скорость разматывания лотлиня; в свежую погоду труднее уловить момент прико-

сновения груза к дну, поэтому допускалось, что при неблагоприятных условиях время реакц и

$$r = \sqrt{2 \cdot 0{,}19^2} = 0{,}27 \text{ сек.}$$

Кроме поправки на запаздывание вводилась поправка на место нуля (М.О), сущность которой показана на рис. 7. Перед измерением глубины счетчик ставится на нуль, когда груз касается поверхности воды в точке A, и, при измерении глубины со стопа, истинная глубина

$$Z = AA_1 = l,$$

где l — показание счетчика. При измерении глубины на ходу лотлинь в момент падения груза на дно отклоняется на угол α и место нуля перемещается в точку C; при этом CD — поправка на место нуля—выражается величиной

$$\text{М.О} = h\ (\sec\alpha - 1),$$

где $h = AB$ есть высота шкива от поверхности воды. Истинная глубина $Z = FE$ находится по вышеназванным вычислительным таблицам по

$$S = l - \text{М. О},$$

где $l = CE$ есть показание счетчика, исправленное на величину запаздывания. Конечно, вместо зависимости

$$Z = F(S)$$

выраженной формулой (а), можно было бы, не вводя поправку на место нуля, вывести непосредственную зависимость

$$Z = F(l),$$

но в таком случае таблицы стали бы крайне громоздкими, т. к. пришлось бы ввести добавочный аргумент h; впрочем, для вывода этой зависимости числа контрольных глубин, измеренных на стопе при различных значениях h, было бы недостаточно. В декабре лот Томпсона был переставлен на баркас „Коммунист", арендованный у Севгосречсудоходства, причем величина h значительно изменилась; но для исправления глубин, измеренных с „Коммуниста" достаточно было вычислить М. О, а основные таблицы остались без изменения; в этом и заключается преимущество функции

$$Z = F\ (S) = F\ (l - \text{М.О})$$

Угол α, который приблизительно находится в линейной зависимости от длины вытравленного лотлиня и который, для вычисления М. О достаточно знать с точностью до 5°, без труда определяется на практике. Для характеристики величин, с которыми приходилось иметь дело, достаточно сказать, что для лота Томсона угол α при l от 70 до 125 *м*, в зависимости от скорости хода, составлял от 20° до 58°, а для счетчика Наумана был на 15—20% больше этих пределов.

В 1931 г. во время обработки материалов в Ленинграде предполагалось произвести в опытном бассейне Морведа ряд опытов с целью получить абсолютные величины некоторых коэффициентов, знание которых необходимо для вычисления поправки на искривление лотлиня аналитическим путем. Осуществить это намерение ко времени составления настоящего отчета не удалось, поэтому не представляется возможным дать точные окончательные выводы, которые могли бы принести пользу в тех случаях, когда обстоятельства вынуждают пользоваться механическим лотом для промера на ходу по счетчику. По отношению

к Севанским работам аналитическое решение представляет лишь теоретический интерес, т. к. поправка на искривление лотлиня выведена экспериментальным путем с ошибкой не более $\pm 0{,}5$ *м*, и, конечно, только благодаря полной уверенности в том, что эта поправка может быть выведена экспериментальным путем, и применялся способ промера на ходу, иначе все глубины измерялись бы со стопа (причем карта глубин была бы готова на год позже). Но не всегда и не везде экспериментальный метод может дать удовлетворительные результаты, особенно если дно того или иного водоема представляет слишком неровную поверхность; в подобных условиях аналитический метод может оказаться точнее экспериментального.

Ряд вычислений, производившихся в процессе обработки и начатых еще в 1930 г. в Еленовке, показал, что точное аналитическое решение в чистом виде невозможно, но, в соединении с лабораторными опытами определения K (коэффициента в формуле сопротивления воды для груза при продольном и поперечном перемещении), оно может дать удовлетворительные результаты и позволит применять механический лот на ходу для измерения глубин от 30 *м* и выше при скорости хода до 6 узлов. Ограниченный срок обработки материалов не позволил поместить в настоящем отчете результаты предварительных вычислений.

Здесь же приводится лишь окончательный результат в виде предварительной формулы, выведенной на основании чисто экспериментальных данных. Формула эта позволяет определить истинную глубину Z, если известны:

1) измеренная глубина

$$S = l - \text{M} \cdot 0,$$

где l — отсчет по счетчику, исправленный на запаздывание,

2) скорость хода судна v (в *м*/сек.) и

3) средняя скорость разматывания лотлиня

$$w = \frac{S}{t}$$

где t — промежуток времени в секундах от момента начала измерения до момента падения лота на дно.

В результате довольно сложных вычислений получена следующая зависимость:

$$Z = 1{,}0284 \cdot S - \frac{\beta \cdot v}{w^p} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (b)$$

Значения β и p в зависимости от S даны в таблице 7.

Формула (b), поскольку она выведена из полевых данных, ограниченных известными пределами, пригодна для лота любой системы, но лишь для глубин (S) от 30 до 125 *м* и для скоростей (v) от 1,3 до 2,2 *м*/сек. Если исключить влияние ошибки в отсчете (различной для каждой системы счетчиков), то истинная глубина Z получается по формуле (b) с точностью от $\pm 0{,}2$ *м* до $\pm 0{,}6$ *м*, причем точность повышается с увеличением измеренной глубины и уменьшается с увеличением скорости хода. Наиболее достоверные наблюдения, послужившие для вывода формулы, относятся скоростям хода от 1,5 до 1,8 *м/сек.* и к глубинам S свыше 50 *м*. На этом основании можно полагать, что формула (b) вполне пригодна для $S > 125$ *м*, поэтому в таблице 7 дана экстраполированная зависимость для вычисления β и p при измеренных глубинах от 125 до 300 *м*. Что касается скорости хода, то хотя и нет оснований считать

формулу непригодной для $v > 3{,}2$ *м/сек.*, все же не следует работать на ходу более 3,2 *м/сек.*, если желательно определить Z с ошибкой не более 1 *м*.

При скорости $v < 1{,}3$ *м/сек.* коэффициент при S сперва не меняется, но при v от 1,1 до 0,9 *м/сек.* быстро падает и при некотором значении $v > 0$ доходит до единицы; однако зависимость эта не могла быть точно установлена, поэтому формула (b) при $v < 1{,}3$ *м/сек.* может дать лишь приближенную величину Z с ошибкой до 2 *м*.

Табл. 7

S	β	p	S	β	p	S	β	p	S	β	p
30	7,12	0,663	54	12,24	0,509	78	16,95	0,446	102	21,91	0,422
31	7,35	0,654	55	12,43	0,505	79	17,16	0,445	103	22,11	0,421
32	7,58	0,646	56	12,62	0,500	80	17,36	0,444	104	22,31	0,420
33	7,82	0,638	57	12,81	0,496	81	17,57	0,443	105	22,51	0,420
34	8,05	0,630	58	13,00	0,493	82	17,77	0,441	106	22,71	0,419
35	8,28	0,623	59	13,19	0,489	83	17,98	0,440	107	22,91	0,418
36	8,51	0,615	60	13,39	0,486	84	18,19	0,439	108	23,11	0,417
37	8,74	0,608	61	13,58	0,482	85	18,40	0,438	109	23,31	0,416
38	8,96	0,602	62	13,78	0,480	86	18,60	0,437	110	23,51	0,415
39	9,18	0,595	63	13,98	0,477	87	18,81	0,436	111	23,71	0,414
40	9,40	0,588	64	14,17	0,474	88	19,02	0,435	112	23,91	0,413
41	9,62	0,581	65	14,37	0,471	89	19,23	0,434	113	24,11	0,413
42	9,84	0,575	66	14,56	0,469	90	19,43	0,433	114	24,31	0,412
43	10,05	0,568	67	14,76	0,466	91	19,64	0,432	115	24,51	0,411
44	10,26	0,562	68	14,95	0,464	92	19,85	0,431	116	24,71	0,41(
45	10,46	0,556	69	15,15	0,462	93	20,06	0,430	117	24,91	0,41(
46	10,67	0,550	70	15,34	0,460	94	20,27	0,429	118	25,11	0,40(
47	10,88	0,544	71	15,54	0,458	95	20,48	0,428	119	25,31	0,40
48	11,08	0,538	72	15,74	0.456	96	20,69	0,427	120	25,51	0,40
49	11,28	0,533	73	15,94	0,454	97	20,90	0,426	121	25,71	0,40
50	11,47	0,528	74	16,14	0,452	98	21,10	0,425	122	25,91	0,40
51	11,66	0,523	75	16,34	0,451	99	21,20	0,424	123	26,11	0,40
52	11,85	0,518	76	16,54	0,450	100	21,51	0,424	124	26,31	0,40
53	12,04	0,513	77	16,74	0,448	101	21,71	0,423	125	26,51	0,40

Примечание. Если вес вытравленного лотлиня не превышает 75% от вес груза, то измерение глубин на ходу допускается и при $S > 125$ *м*, но на ходу не бол 3 *м/сек.* В этом случае вероятные значения β и ρ вычисляются по формулам:

$$\beta = 26{,}51 + 0{,}2\ (S - 125)$$

$$p = 0{,}403 - 0\,00084\ (S - 125)$$

Наконец, по отношению к измерению глубин менее 30 *м* на заметить, что весь метод определения поправки экспериментальны путем основан на точном знании средней скорости разматывани лотлиня

$$w = \frac{S}{t}$$

ясно, что, при пользовании секундомером, ошибки в определении w быстро возрастают с уменьшением глубины, поэтому все экспериментальные данные, по которым вычислялась для лотов трех систем зависимость

$$w = F(S),$$

при $S < 30$ *м* дали заметные уклонения от кривой и при окончательном вычислении были отброшены. Вместе с тем и система измерения контрольных глубин для вывода зависимости

$$Z = F(S)$$

в условиях работы на Севане на глубинах < 30 *м* не могла дать удовлетворительные результаты, т. к. небольшие уклоны, благоприятствующие этому простейшему эксперимтальному методу, встречались на малых глубинах лишь в виде редкого исключения. Наконец, по чисто техническим причинам разматывание лотлиня в первые секунды измерения не отличается особой закономерностью; во всяком случае оно происходит замедленным темпом, вследствие чего зависимость

$$Z = F(S),$$

имеет на малых глубинах параболический характер, который может быть установлен скорее всего путем аналитических исследований. Таким образом промер на ходу дает надежные результаты лишь при отсчетах свыше 30 *м* (т. е. при истинных глубинах примерно 25 *м*); но на меньших глубинах применяется система шлюпочного промера, следовательно и нет прямой необходимости в выводе поправки.

Чтобы покончить с вопросом о технике промера на ходу, надо остановиться на некоторых подробностях, касающихся достигнутой точности измерения глубин оз. Севан.

Для вывода средней ошибки одного измерения надо рассматривать условия промера на каждом галсе в отдельности. Начальная и конечная точки каждого галса определялись секстаном с измерением глубины на стопе, причем промер начинался и заканчивался в полосе, захваченной шлюпочным промером; это обстоятельство дало ценный материал для суждения о средней точности определения места секстаном, т. к. метод засечек в несколько раз точнее секстанных определений, следовательно расхождение между вычисленной секстанной точкой и данными шлюпочного промера во многих случаях позволяло вывести линейную невязку, которую и можно считать абсолютной ошибкой данного определения секстаном. Всего было сделано на ходу 58 галсов, из которых 4—методом засечек, а на 54 галсах производились секстанные определения; некоторые галсы не пересекали все озеро, поэтому невязки, показанные в таблице, и выведены лишь для 79 точек.

Невязка в метрах	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Число точек	12	3	36	11	10	1	4	—	—	1	1

Отсюда получается средняя квадратичная ошибка $m = \pm 15$ *м*, характеризующая точность определения места секстаном на стопе в условиях, которые имели место на Севане. Вывод ошибки определения места на ходу несколько сложнее.

Сверх начальной и конечной точек на каждом галсе в среднем определялось 8 секстанных точек, и для каждого участка в отдельности вычислялась скорость хода в *м/сек*. За отсутствием иного критерия,

судить о точности этих данных можно было лишь по средней невязке начальной и конечной точек данного галса и по колебаниям в скорости хода между двумя промежуточными секстанными определениями; при этом совершенно исключались ошибки в нанесении точек на план, т. к. все секстанные точки вычислялись по задаче Потенота, а не накладывались протрактором. Исследование показало, что применявшийся способ определения скорости хода давал среднюю ошибку от $\pm 0{,}01$ до $\pm 0{,}11$ *м/сек.*, что соответствовало средней ошибке измерения глубимы, от $\pm 0{,}1$ до $\pm 0{,}8$ *м*, причем большинство ошибок не выходило за пределы 0,2 — 0,3 *м*, а ошибки свыше 0,5 *м* были в двух галсах (из 39) в М. Севане в районе Норашен — триг. пункт Скала и четырех галсах (из 10) в Б. Севане. Отсюда следует, что ошибки промера, происходившие вследствие ошибок в определении скорости хода, в среднем были меньше точности счетчика Томсона и почти соответствовали точности счетчика Наумана.

Тонкий лотлинь, присланный вместе с вьюшкой Томсона, лопнул, не выдержав первого же испытания, и был заменен стальным тросом диаметром [1]), 3,4 *мм* и длиною 230 *м* вследствие чего один оборот вьюшки, обозначаемый одним делением счетчика, не соответствовал фактической длине вытравленного лотлиня, причем это несоответствие достигало наибольшего предела при небольших отсчетах, чаще всего встречавшихся на практике. На основании тарировки, проделанной три раза, выведена была таблица для перевода отсчетов в саженях в „длину фактически вытравленного лотлиня" в метрах. Исследование результатов тарировок показало, что ошибки принятого метода не выходят за пределы $\pm 0{,}4$ *м*, что давало для глубин, измеренных на ходу, ошибку не более $\pm 0{,}3$ *м*. Но это справедливо лишь для октябрьского и ноябрьского промера, выполненного в М. Севане, а по отношению к последним дням промера в Б. Севане остается некоторое сомнение, потому что в конце работы, ввиду спешной ликвидации имущества, тарировка не была повторена, между тем можно предполагать, что по мере того, как лотлинь постепенно вытягивался, и неровности его сглаживались, шлаги при выбирании лота ложились на вьюшке несколько плотнее, чем в ноябре, когда производилась последняя тарировка. Таким образом глубины, измеренные в Б. Севане, могли быть на 0,5 — 1 *м* меньше, чем показывала переводная таблица, но прямых подтверждений этого предположения не было, поэтому при обработке промера в Б. Севане были приняты данные ноябрьской тарировки.

Влияние ошибки в определении поправки на запаздывание можно представить себе в виде разности между предельным наибольшим „временем реакции" и средней его величиной [2]). Тогда

$$\Delta r \text{ в благоприятных условиях} = 0{,}225 - 0{,}19 = 0{,}035 \text{ сек.}$$
$$\Delta r \text{ в свежую погоду} = 0{,}049 \text{ сек.}$$

Отсюда получается вероятная ошибка в определении истинной глубины от 0,1 до 0,2 *м*, причем вернее всего, что ошибка в большинстве слу

---

[1]) Это одна из причин, по которой поправка на искривление лотлиня, возрастающая с увеличением диаметра лотлиня, была в среднем на 35% больше, чем показали опыты Оливера, касающиеся лота Томсона типа IV. См. Instructions for lord Kelvin' nev sounding machine patented (1906).

Фактически, при измерении больших глубин в М. Севане на ходу около 6 узлов наибольшая длина вытравленного лотлиня составляла 140 *м*, но если бы действительно были обнаружены глубины в 130 — 170 *м*, о которых трактовали Ивановский и др., то 230-метровая длина лотлиня не оказалась бы излишней.

[2]) Техническая энциклопедия. Справочник физ. хим. техн. величин. Т. I.

чаев была с плюсом, т. е. имела систематический характер, и глубины получались на 0,1 — 0,2 *м* больше истинных; на этом основании соответствующая поправка была введена при обработке. Для вывода случайной ошибки, данных, заслуживающих доверия, было недостаточно, но по всей вероятности случайные ошибки были ничтожны, т. к. весь промер на ходу выполнен при участии одного и того же старшего лотового, стопорившего вьюшку, и после короткого навыка приучившегося действовать с автоматической точностью.

Влияние ошибок в определении М. О, поскольку оно зависело от ошибок в определении скорости хода, было ничтожно и могло иметь практическое значение лишь при качке вследствие колебаний величины h; в подобных условиях ошибка в определении угла отклонения лотлиня от вертикали также не имела значения, потому что угол α гораздо точнее, чем требовалось для вычисления М. О, был получен в результате упомянутых выше аналитических исследований.

Совершенно иной характер имела ошибка, происходящая от неточного определения момента прикосновения груза к дну. У лота Томсона, благодаря тяжелому грузу, эту ошибку можно было считать равной нулю, в имело место лишь „запаздывание", о котором уже достаточно говорилось. Таким образом лот Томсона с технической стороны вполне удорлетворял требованиям, которые вызываются условиями промера по счетчику на ходу. Но у лота Наумана, которым пришлось пользоваться в октябре [1]), вес груза, подобранный по диаметру лотлиня, составлял всего 4,8 *кг*, поэтому на 9 галсах было получено 14 сомнительных глубин, и только на 7 галсах, на всем их протяжении, отклонения от идеальной кривой, построенной по точкам профиля, не выходили за пределы 1 — 2 *м* и с успехом могли быть объяснены соответствующими неровностями дна. Места сомнительных глубин, обнаруженных лотом Наумана, подробно описаны в техническом отчете, в журнале судового промера. Для проверки этих глубин сделано было в 1930 и в 1931 гг. несколько галсов, окончательно не устранивших все сомнения, но в основном подтверждавших ненадежность лота Наумана для промера на ходу. Ненадежность эта проявлялась лишь изредка и в самой неожиданной форме и выражалась в резких скачках измеренных глубин (на 30—40 *м*). Объяснение надо искать в интерференции вибрации лотлиня, вызванной вихрями и водоротами, с соскакиванием шлагов неровно намотаннного лотлиня; на короткое мгновение натяжение ослабевало, угол отклонения лотлиня уменьшался, и в первые дни, когда лотовый еще не привык к этим явлениям, он прннимал их за прикосновения груза к дну; отсюда — появление ложных отсчетов 30—40 *м* среди ряда отсчетов в 70—80 *м*. Скачки в большую сторону, полученные в двух случаях (105 *м* среди ряда в 89 — 90 *м* и 98 *м* среди ряда в 90 *м*) произошли опять таки в первые дни, когда лотовый был еще неопытен и мог упустить момент падения груза на дно. Упомянутые выше 7 безукоризненных галсов по порядку были последними. Таким образом здесь речь идет не об ошибках, а о явлениях, которые именуются промахами, а что касается ошибок в определении момента падения груза на дно, то для лота Наумана они были выведены по сличению с данными, полученными на контрольных галсах 1930—31 гг. Повидимому, эта ошибка имела систематический характер, под влиянием которой все глубины, измеренные

---

1) Первые галсы, сделанные с лотом Томсона, показали, что без специального ножного тормаза этот лот на ходу будет действовать неудовлетворительно (образование колышек в момент падения груза на дно и чрезмерное „запаздывание"). Переустройство лота Томсона заняло 10 дней, в течение которых было сделано 16 галсов с лотом Наумана

лотом Наумана, оказались на 0,5 — 1 *м* больше истинных. Но данных было недостаточно, поэтому никаких поправок введено не было, а случайная, ошибка как и для лота Томсона, была принята равной нулю.

В окончательном виде точность измерения одной глубины характеризуется величиной

$$m = \pm\sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2},$$

где a — средняя ошибка отсчета по счетчику, b — средняя ошибка в измерении глубины вследствие ошибок в определении скорости хода, c — та же ошибка под влиянием неточности переводной таблицы и d — влияние ошибок в определении М. О при волнении.

В помещенной здесь таблице даны значения m в метрах, в зависимости от условий промера, причем для ошибки b взято два наибольших предела.

	Лот Томсона				Лот Наумана			
	Благопр. погода		Свежая погода		Благопр. погода		Свежая погода	
b	±0,3 *м*	±0,8 *м*	±0,3 *м*	±0,8 *м*	±0,3 *м*	±0,8 *м*	±0,3 *м*	±0,8 *м*
m	±1,0	±1,2	±1,0	±1,3	±0,6	±0,9	±0,7	±1,0

Если сгруппировать эти данные по районам, приняв за единицу веса число глубин, измеренных при различных условиях, то получится следующая таблица значений m, характеризующая степень точности измерения одной глубины по счетчику на ходу в каждом районе в отдельности.

Район, промеренный на ходу по счетчику с определением точек секстаном	Число измеренных на ходу глубин	m
Средняя часть Мал. Севана между линиями о. Севан — триг. п. Тупик и с. Айриванк—с. Тохлуджа	1223	± 0,8 *м*
Юго-восточная часть Мал. Севана между линиями Айриванк—Тохлуджа и Норадузский маяк—Учдаш	428	± 1,0 *м*
Пролив между мысом Нóрадуз и п.-о. Адатапа	99	± 1,0 *м*
Б. Севан	598	± 1,1 *м*
	2348	

Наибольшей величины ошибка достигла в Б. Севане, что вполне согласуется с условиями промера, выполненного зимой (с 3 по 18 декабря), в свежую погоду и при плохой видимости.

Средняя ошибка измерения одной глубины на ходу по счетчику с определением точек секстаном для всего озера, за исключением Чубухлинского и Александровского заливов, составила $\pm$ 0,9 *м*. По существу этого вывода надо сделать следующие замечания:

1) влияние этой ошибки на точность конечных выводов, т. е. морфометрических подсчетов, изложено в главе VI;

2) абсолютная величина ошибки в действительности была несколько ниже $\pm$0,9, так как ошибка отсчета (a), оказывающая максимум влияния на истинную глубину Z лишь при измерении глубины на стопе, уменьшалась с увеличением угла отклонения лотлиня от вертикали, т. е. с увеличением глубины; другими словами величина

$$dZ = da \cdot \cos \alpha$$

всегда была меньше, чем было принято при вычислении показанных выше значений m; так, напр., при измерении лотом Томсона глубин от 70 до 80 *м*, $dZ = 0{,}6$ *м*, следовательно для этих глубин, вместо показанных в таблице четырех значений m имели место ошибки $\pm$0,7, $\pm$1,0 $\pm$0,8 и $\pm$1,1 *м*; таким образом в конечном виде средняя ошибка измерения глубины для всего озера едва ли превышает $\pm$0,8 *м* [1]);

3) достигнутая точность не является прямой характеристикой способа промера на ходу, так как ошибка в значительной мере (на 30—60%) зависела от точности отсчета a, т. е. от имевшихся в распоряжении технических средств; таким образом, если бы счетчик позволял делать отсчеты с точностью до 0,1 *м*, то и результаты промера на ходу были бы в 2—3 раза точнее.

В заключение надо заметить, что в перечисленных выше четырех районах сверх 2348 глубин, измеренных на ходу, в 1930 г. взято 179 глубин на стопе с средней точностью $m = \pm 0{,}7$ *м*, исчисленной лишь исходя из точности отсчета (a), но в свежую погоду могло иметь значение колебание h. Отсюда видно, что глубины свыше 70 *м* измерялись лотом Томсона на ходу точнее, чем на стопе, а в среднем выводе преимущество измерения на стопе выражалось величиной не более 0,1*м*, которая совершенно стушевывается при сравнении с достигнутой скоростью и полнотой промера. Но, независимо от экономических соображений, существовало еще два обстоятельства, которые представляли несомненное преимущество промера на ходу, а именно:

1) Известно, что при измерении глубин на стопе появляются затруднения, когда промерное судно дрейфует; если в момент падения груза на дно лотлинь отклонился от вертикали, то обычно стараются ходом исправить эту погрешность с тем, чтобы выбрать слабину и произвести отсчет при вертикальном положении туго натянутого лотлиня. Некоторые рекомендуют измерять угол отклонения лотлиня и дают поправки, вычисленные по правилам плоской тригонометрии, между тем вычисленная таким образом поправка всегда будет больше истинной, т. к. угол отклонения лотлиня в точке приклепления его к грузу близок к нулю, а на поверхности может достигать 10—15°. При неумелом пользовании подобными поправками весь промер будет искажен, а маневрирование для приведения лотлиня в вертикальное положение связано с известной потерей времени. При промере на ходу элементы дрейфа, вызванного ветром или течением, автоматически исключаются из расчетов, т. к. счисление ведется между двумя точками, определенными секстаном, сле-

[1]) Вычисления m в зависимости от добавочного аргумета измеренной глубины отняли бы несколько дней работы; сочтена была излишней подобная детализация, имеющая лишь научный интерес, так как конечный вывод изменился бы в пределах 1—2 *дм*. Достаточно сказать, что средняя ошибка $\pm$ 0,9 *м* отнюдь не преуменьшена.

довательно для каждого участка известна истинная скорость хода, от которой и зависит поправка на исправление лотлиня; влияние же элементов дрейфа на величину поправки без труда может быть выведено не только на опыте, но и путем обработки полевых материалов; к тому же при промере на стопе имеет значение самый незначительный дрейф, тогда как при промере на ходу, насколько можно судить по имеющимся материалам, заметные отклонения от таблицы поправок наступают лишь при волнении от 3 баллов.

2) Места глубин, которые наносятся на план по счислению, при измерении на ходу всегда будут получены точнее, чем при измерении на стопе, потому что продолжительность остановок неодинакова, следовательно судно под влиянием дрейфа идет по ломаной линии, принимаемой за прямую; при отсутствии дрейфа эта погрешность отпадает, но при счислении промежутков времени, протекших от одной остановки до другой, вводятся случайные ошибки (забирание хода, движение по инерции и пр.). На ходу счисление при желании может быть верным до 1 сек., если сделано достаточно наблюдений для определения скорости разматывания лотлиня в зависимости от глубины.

Все сказанное о технике промера на ходу касается условий, которые существовали на Севане и которые характеризуются следующими основными положениями: 1) скорость хода не превышала 2 *м/сек* с лотом Наумана и 3,2 *м/сек.* с лотом Томсона; 2) местные условия, особенно в М. Севане, позволили надлежащим образом распланировать сеть опорных точек, что и дало возможность с большой точностью определяться секстаном; 3) глубины не превышали 100 *м*, и 4) скорость случайных течений, впрочем мало изученных, редко достигала 1 *км* и во всяком случае не превышала 1,5 *км*. Последнее обстоятельство существенно в том отношении, что поправка на искривление лотлиня при течении колеблется и с трудом поддается учету, но не потому, что ее нельзя определить; существуют аналитические методы, позволяющие вычертить форму лотлиня при любом соотношении между скоростями течения на поверхности и на любой глубине; но эти данные надо знать с такой точностью, которая на практике недостижима и нет ни одного гидролога, который поручился бы за абсолютную правильность тех скоростей, которые он определил для глубинных течений.

Остается привести несколько подробностей, касающихся оперативной стороны промера.

Чубухлинский и Александровский заливы были промерены методом шлюпочного промера с той разницей, что в Чубухлинскон заливе, где по проекту намечалось головное сооружение, все 10 галсов, разбитых через полкилометра, были промерены катером „Канакиргэс“ со стопа. В Александровском заливе, а также между Цамакабертом и островом Севан, сделано в общей сложности 10 галсов частью „Канакиргэсом“, частью „Севаном“; в последнем случае глубины измерялись на ходу.

В Чубухлинском и Александровском заливах вся работа выполнена лотом Наумана с применением почти на всех галсах груза системы Воронкова и со взятием образцов грунта на каждой точке. Данные эти позволили составить довольно подробную литологическую карту, на которой в районе Чубухлинского залива и к востоку от Цамакаберта видны широкие отложения кальцита, залегающего на глубинах от 28 до 61 *м* и занимающего в общей сложности площадь около 2,5 *км*^{2}; наибольшая длина этих отложений достигает 2 *км* при ширине от 50 до 400 *м*.

Кратчайшее расстояние от берега до 50-метровой глубины в Чубухлинском заливе составляет в юго-западном районе 390 *м*.

Катер „Севан“ не был приспособлен для ночевки команды в холодное время и не обладал вполне надежными мореходными качествами для борьбы с крутыми волнами, которые в зимнее время могут стать опасными и обычно развиваются в несколько минут, превращая озеро в кипящий котел; поэтому в конце ноября он был заменен железным судном „Коммунист“ Севанского Пароходства, водоизмещением около 20 тонн с двумя машинами, которые приводились в действие нефтяными двигателями. Для уменьшения скорости хода, после безуспешной попытки достигнуть равномерной скорости путем регулировки, пришлось ограничиться выключением одной машины; при этих условиях скорость хода в среднем составляла 2,8 *м/сек.* с колебаниями от 2,5 до 3,2 *м/сек.* в зависимости от силы и направления ветра и волнения. Обстоятельство это было невыгодно для качества промера, т. к., за невозможностью ускорить процесс измерения глубины, подробность промера уменьшилась; расстояние между глубинами увеличилось в среднем до 336 *м* вместо 192 *м* у „Севана“; кроме того потребовались добавочные наблюдения для соответствующего дополнения таблицы поправок, а выбирание лотлиня на большом ходу вызывало быстрое утомление лотовых, которым приходилось сменяться каждый час.

На „Коммунисте“ были промерены южная часть М. Севана и весь Б. Севан, включая пролив между Норадузом и Адатапинским полуостровом; кроме того было сделано три контрольных галса в средней части М. Севана. За время с 3 по 18 декабря, когда „Коммунист“ находился в распоряжении Бюро, он заходил в Еленовку только для возобновления запасов, а в остальные дни ночевал на якоре в различных частях Б. Севана. Таким образом непроизводительная затрата времени была сокращена до минимума, но все же не хватило 2—3 дней для того, чтобы произвести промер Б. Севана с той степенью подробности, которая устранила бы некоторые сомнения, создавшиеся в результате промера десятью галсами, из которых некоторые отстояли на 5 *км* один от другого; в частности не удалось сделать контрольный галс, который был намечен поперек основных галсов по линии Загалу-Адатапа в районе наибольших глубин. Кроме того слишком беден был промер в Арданышском заливе и в одном из наиболее интересных мест—в проливе, на линии Норадуз-Учдаш.

В то время, когда „Коммунист“ работал в Б. Севане, Еленовская бухта уже замерзла и флотилию Бюро („Севан“, „Канакиргэс“, „Киры“ моторный бот „Зангу“ и мелкую шлюпку) пришлось поднять на берег, поэтому не удалось детализировать промер в некоторых районах М. Севана (в частности предполагалось промерить по створам и засечкам район наибольших глубин). Под самый конец своей работы катер „Севан“, у которого льдом прорезало обшивку, затонул у самого берега, но был поднят и починен. Лишь благодаря счастливой случайности авария не повлекла за собой человеческих жертв.

Обработка судового промера в грубых чертах, в порядке общего контроля, производилась еще в Еленовке, и в январе 1931 года была составлена схематическая карта, которая давала общее впечатление о выполненном промере. Детальная обработка была закончена в Ленинграде в июле, попутно с обработкой шлюпочного промера, и только тогда могли выясниться все пробелы, которые еще не поздно было устранить без всякой задержки в ходе обработки. Но дополнительный промер был произведен силами местных организаций лишь в начале октября, и при том в значительно сокращенном объеме; белое пятно площадью около 1 *км*^{2} к югу от триг. п. Тупик в М. Севане осталось непромеренным, и контрольные галсы в Б. Севане не были сделаны.

Все же этот дополнительный промер дал ряд интересных подробностей как по части подводного рельефа, так и в отношении методов работы 1930 г., а именно:

1) все глубины (общее их число 105) измерялись на стопе лотом Томсона с пропусканием лотлиня через счетчик Наумана и с отсчетом по обоим счетчикам, т. е. с соблюдением всех мер предосторожности; два длинных галса, сделанных к югу от тригонометрического пункта Бугор (в районе центральной впадины М. Севана) не дали никакого расхождения с данными промера 1930 г., выполненного на ходу;

2) лот Наумана способен давать ложные глубины не только на ходу, но и на стопе;

3) распространенное мнение о спокойствии рельефа на больших глубинах (начиная с 40—50 *м*), поколебленное еще в результате основных работ 1930 г., окончательно опровергнуто промером 1931 г., выполненным на линии Учдаш-Норадуз, где обнаружены провалы с 35 *м* до 59 *м* с уклонами порядка 1:20.

В конечном итоге все материалы Бюро, полученные для составления батиметрической карты на глубинах свыше 20—25 *м*, выразились в числе около 3400 глубин. Подробнее всего промерены Чубухлинский и Александровский заливы, где на 1 *км*^{2} приходится соответственно 17 и 12 глубин; в остальной части Малого Севана на 1 *км*^{2} измерено в среднем 9 глубин, а в Б. Севане — лишь 1 глубина на 1 *км*^{2}. Образцы грунта брались лишь при измерении глубин на стопе; сверх упомянутого выше подробного материала в заливах, в остальных районах взято всего 30 образцов и в 48 точках в журнале глубин проставлен „камень", т. е. лот, вследствие твердости грунта, не достал образца. При этом не обнаружено никаких отклонений от данных гидрохимического отдела Бюро и Севанской озерной станции; в Б. Севане не удалось обнаружить отложений кальцита, которые встречаются там крайне редко.

3. СОСТАВЛЕНИЕ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ КАРТЫ. ОСОБЕННОСТИ РЕЛЬЕФА ДНА ОЗЕРА

Севанское озеро в отношении полноты и тщательности шлюпочного промера стоит на одном из первых мест, чего нельзя сказать про судовой промер, обработка которого порой вызывала затруднения, являвшиеся естественным последствием неполноты промера в том или ином районе.

В Малом Севане эти затруднения сказались на проведении изобат в четырех местах, а именно:

1) В расстоянии около 1 *км* от тригоном. пункта Бугор, рядом с наибольшей глубиной 98,7 и на полкилометра западнее, счетчик Наумана показал на стопе глубины 62 и 64 *м* среди окружающих 90-метровых глубин, что заставляло предполагать наличие узкого крутого отрога, прорезывающего район наибольших глубин и вытянутого почти параллельно берегу. Дополнительным промером 1931 г. подобных глубин обнаружено не было, и неровность эта на карте отсутствует; но морфологически она не невероятна; поэтому в связи с недостаточной подробностью контрольного промера все сомнения нельзя считать полностью устраненными.

2) и 3) В пунктах φ 40°31′,5, l 45°3′,7 и φ 40°33′ l 45°3,5, в районе 70-метровых глубин, счетчик Наумана показал на ходу в первом случае 3 сомнительных глубины в 30, 39,5 и 50,6 *м*, а во втором случае 4 сомнительных глубины в 45,4, 34,8, 34 и 59,7 *м*. Трудно допустить

существование этих двух банок. При контрольном промере, произведенном в ноябре и в декабре 1930 г., подобных глубин в первом районе обнаружено не было. На этом основании при обработке обе банки были удалены с карты, хотя при контрольном галсе, сделанном в 1930 г. в районе второй банки, катер прошел несколько в стороне от сомнительного района [1]).

4) В районе к югу от тригонометрического пункта Тупик, находящегося в 6 *км* к 27°W от острова Севан, (отметка 10,2 *м*) изобаты на глубинах свыше 70 *м* на протяжении около 1,5 *км* проведены без достаточных оснований.

В Большом Севане уже по характеру изобат видно, что в некоторых районах, напр., к востоку от Сарыкаи и близ подводного выступа посреди южного побережья, около устья р. Гезельдары, они могли бы отличаться несколько большей выразительностью, чем показано на карте.

Относительно Норадузского пролива, соединяющего Б. и М. Севан, надо сказать следующее.

1) По данным Маркова глубина в проливе на линии Учдаш-Норадузский мыс не превышает 36 *м*. Неоднократно на этой линии с литологической и биологической целями делались разрезы гидрохимическим отделом Бюро и Севанской озерной станцией; во всех случаях наибольшая глубина не превышала 36—37 *м*. При промере гидрографического отдела Бюро, выполненном в декабре 1930 г., один галс (XXXVII) был сделан от Норадуза на полкилометра западнее Учдаша (т. е. так называемых „трех шишек"), а другой (XXXVIII) на полкилометра восточнее Учдаша; результат этого промера показал, что узкая седловина, шириной около 200 *м*, разделяющая Большой и Малый Севан, имеет глубину 38,5 *м*, но к востоку от линии Норадуз-Учдаш имеется впадина с глубинами от 42 до 47 *м*. Дополнительный промер 1931 г. подтвердил это обстоятельство и уточнил его в том отношении, что наибольшая глубина в этой впадине, общие очертания которой остались без изменения, оказалась равной 58,7 *м*.

2) Существование стрелки, составляющей продолжение западного берега Адатапинского полуострова, который у Учдаша образует входящий угол не вызывает особых сомнений; но слишком правильные ее очертания свидетельствуют о том, что стрелка нанесена на карту до некоторой степени предположительно. И действительно, здесь пришлось довериться другим источникам, в частности работам гидрохимического отдела Бюро, т. к. промер гидрографического отдела был в этом районе слишком неполным; необходимо сделать несколько параллельных галсов, пересекающих стрелку по направлению NW—SE, чтобы устранить некоторые сомнения; при этом глубины следует измерять через 50—100 *м*.

3) В восточной части Норадузского пролива, до линии Сарыкаинский мыс — южная оконечность Адатапинского полуострова, сделано всего два галса, причем глубины измерались через 330—335 *м*. Если на карте нанести ось извилистой центральной впадины Б. Севана, то

[1]) Полезно затратить еще один день для контрольного промера, чтобы устранить все сомнения. В конце концов может оказаться, что нарекания на счетчик Наумана не вполне справедливы. Одна из сомнительных банок находится у оконечности подводного отрога Памбакского хребта и представляет подобие острова, существование к оторого также вероятно, как и явное существование острова Севан. Другая сомнительная банка отделяется лишь узким проливом от одного из подводных отрогов лавового потока, который вдается в озеро почти на 3 *км* и на поверхности которого заметны следы лавовых бугров, столь характерных для прилегающего района на суше.

в расстоянии около 3 *км* на юго-восток от Учдаша эта линия пройдет по глубинам около 43,5 *м*, тогда как и западу от этого района глубины увеличиваются почти до 59 *м*, а к востоку и после поворота на юг ось проходит на значительном протяжении на глубине 48—49 *м* и местами опускается до 50—51 *м*. Таким образом упомянутый выше барьер, образованный глубинами в 43—44 *м*, представит дополнительное затруднение при спуске озера до 50 *м*. Возможно, что в действительности это препятствие отсутствует, и что обе впадины с глубинами свыше 50 *м*, расположенные на юго-запад и на юго-восток от оконечностей Адатапинского полуострова, соединяются более глубоким протоком. Для проверки этого довольно сомнительного предположения необходимо сделать несколько галсов от Адатапинского берега на SW длиною до 5 *км*, измеряя глубины не реже, чем через 100 *м*, потому что если соединять в одно целое ось центральной впадины и отождествлять ее с некогда существовавшим здесь руслом реки, впадавшей в котловину М. Севана, то придется допустить, что это русло, которое не должно было быть слишком широким, случайно оказалось в промежутке между двумя глубинами, измеренными на упомянутых выше двух галсах. Данных для этого мало. Интенсивные дислокационные процессы, столь ясно выраженные сдвигами и складками в районе Норадуз—Адатапа, и не менее интенсивное отложение Кяварчайских наносов, под которыми, повидимому, погребена третья ступень сброса [1]), оба эти фактора легко могли внести соответствующие изменения в рельеф впадины независимо от ее происхождения.

Рельеф дна озера, в значительной мере сглаженный мощными отложениями, на первый взгляд не проливает много света на вопрос о происхождении озера. Геологи выскажут свое мнение, а до тех пор остается лишь указать на несколько характерных черт, которые помогут разобраться в некоторых явлениях, относящихся к тому или иному периоду жизни озера; делается это главным образом по той причине, что многие детали, ясно выраженные на основных планшетах масштаба 1:10000 и 1:25000, не так легко могут быть уловлены на батиметрической карте, имеющей обзорный характер.

Прежде всего нельзя не остановиться на одном обстоятельстве, которое до сих пор, как будто, никем не было отмечено, очевидно ввиду отсутствия детального промера прибрежной полосы. Трудно согласиться с мнением Маркова, называющего ясно выраженную береговую платформу „узкой намывной береговой полосой“. Во многих местах, особенно на Гюнейском берегу, 1-метровая изобата нередко отодвинута от берега на 30—40 *м* и представляет подводное продолжение штранда, усеянное обломками скал и окатанной галькой. Конечно, галечные и песчаные плотины образованы намывной деятельностью волн и течения, но им не на чем было бы удержаться, если бы тысячелетиями не продолжалась абразионная деятельность. Если стать на эту точку зрения, то надо признать, что уровень озера втечение нескольких тысячелетий не претерпевал изменений, выходящих за пределы 2—3 *м*.

Что касается нижнего предела, то с одной стороны о нем свидетельствует повсеместное увеличение крутизны ската, начиная с 1-метровой изобаты, там, где, более или менее ясно выражена береговая платформа; с другой стороны, не менее убедительным признаком являются подводные валы, окаймляющие юго-западное побережье Б. Севана

---

[1]) С. С. Кузнецов. Геология северо-западного побережья озера Гокча. Труды Закавказской комиссии ВАН. Т I, стр. 90.

на протяжении 12 *км*. Они сложены из песка и вытянуты в 1—3 ряда параллельно береговой линии, местами прерываются, оставляя свободный проход к берегу, а в других местах, где два ряда валов сливаются в один, образуются запутанные лабиринты, из которых не так легко выбраться шлюпке, если ее осадка близка к предельной в этом предательском районе, при подходе с озера ничем не обнаруживающем скрытое препятствие.

Ширина подводных валов крайне разнообразна. Иногда они представляют очень узкую борозду не шире 10—15 *м*, но чаще ширина колеблется в пределах от 20 до 60 *м*. Наоборот, высота валов от подошвы до гребня отличается известным постоянством, позволяющим подразделить валы на две категории: низкие валы имеют высоту от 10 до 20 *см*, а более высокие—от 40 до 60 *см*; лишь изредка, обычно на оконечности вала, встречаются промежуточные значения; в трех случаях обнаружена высота в 70—80 *см*.

В соответствии с высотой валов и глубина в точках, расположенных на гребне вала, в общем довольно однообразна и колеблется от 0,3 до 1,1 *м*. Большинство валов находится в пределах между нулевой и 2-метровой изобатами; несколько коротких валов обнаружено между 2-ой и 3-ей изобатами, ближе к 2-метровой, и глубина на гребне, достигающая здесь почти 2 *м*, становится безопасной для всех шлюпок и судов Севанской флотилии; эти последние валы находятся в расстоянии около 500 *м* от берега, тогда как главный пояс не удаляется более, чем на 250 *м*. В свежую погоду волнение разбивается об это подводное препятствие и заметно стихает в лагунной части. Близ Эраноса имеется удобный проход в эту природную гавань.

Намывной характер подводных валов не вызывает сомнений, и с большой долей вероятия можно допустить, что средняя зона распространения валов (на глубине 1—1,5 *м*) весьма близка к нижнему пределу колебаний уровня в течение устойчивого периода.

В остальных районах, очевидно, вследствие относительной твердости пород, слагающих побережье, подводные валы в ясно выраженной форме встречаются лишь в двух местах: в 7 *км* южнее устья р. Сатанахач и к югу от Норадузской пристани. В первом случае два вала длиной в 200 и 350 *м*, расположенные между 1-ой и 2-ой изобатами, имеют высоту не более 20—30 *см*, а во втором случае один сплошной вал находящийся на уровне 1-метровой изобаты, имеет длину 500 *м* и высоту 60—80 *см*.

Незначительный по высоте (до 30 *см*) и по протяжению (200 *м*) бар находится в расстоянии 60 *м* от устья Балык-чая между 1-метровой и 2-метровой изобатами. Влияние Балыкчайских наносов на изменение коренного рельефа Чубухлинского залива отчетливо сказывается до 35-метровой изобаты.

На плесе между Айриванком и косой Шор-гель (у Норадуза), в зоне аккумуляции Кяварчайских наносов подводные валы находятся столько же в стадии образования, сколько и в стадии размыва. При северных и при восточных ветрах здесь происходит взмучивание; если оно почтии неразличимо на взгляд, то результаты его видны на карте, где изобаты, как это и бывает обычно в подобных мелководных районах, изгибаются в разных направлениях, принимая форму языков. Едва ли рельеф дна в прибрежной зоне отличается здесь постоянством; вернее всего, что от времени до времени происходит перенос взвешенных частиц, о чем свидетельствуют также отложения ила, который лишь на протяжении 300 *м* к востоку от устья Кявар-чая и у Норадузского мыса сплошной полосой (длиной 1,3 и шириной от 10 до 90 *м*) придви-

гается к самому берегу, а в остальных местах встречается пятнами как на ровных покатостях и в случайных углублениях, так и на местных возвышениях.

Подобное же явление замечается на южном берегу в Б. Севане на поверхности остроконечного выступа, который на глубине 16—20 *м* довольно круто обрывается в озеро и по своим очертаниям весьма сходен с надземным рельефом. Повидимому, этот выступ представляет крайний северный предел распространения лавового потока. Влияние придонных течений ясно выражено здесь до 6-метровой изобаты, причем языки изобат повсюду изгибаются по направлению „мазринских" ветров.

В Малом Севане, близ устья Ах-булага, на протяжении 3 *км* тянутся тремя-четырьмя ступенями террассы, профиль которых показан на рис. 8. Крутизна изломов сглажена наносами Ах-булага, образовавшими против устья конус выноса до глубины в 4 *м*. Террасы обнаружены также в 2 и в 4,5 *км* к югу от Джила и далее в нескольких

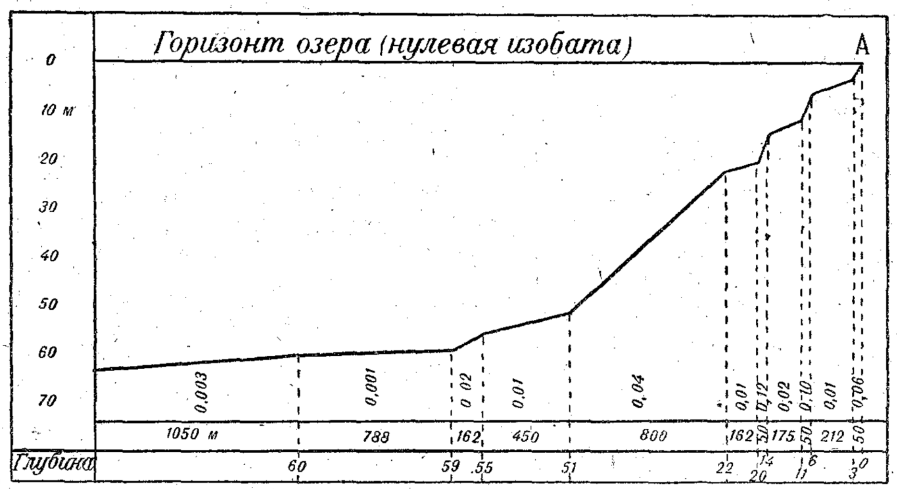

Рис. 8. Террасы в Малом Севане у Ах-булага. Азимут 220° от точки *А*, находящейся на берегу озера на 126° в 700 *м* от устья Ах-булага.

районах близ Гюнейского берега Б. Севана, в общем поблизости от тех мест, где они отмечены С. С. Кузнецовым в долинах рек, на большой высоте.

Дополнительные подробности, касающиеся рельефа дна, приведены в последней главе, а здесь остается сказать несколько слов относительно наибольшей глубины озера.

Район наибольших глубин оказался в общем там же, где его считали по результатам других исследований. Но это справедливо лишь в отношении глубин от 80 до 90 *м*; значительно ближе к берегу, в расстоянии 1—1,5 *км* от тригон. пункта Бугор найдено 4 глубины свыше 90 *м*; из них наибольшая — 98,7 *м*, следующая по величине 95 *м*, затем 92 и 91 *м*. При этом первая и последняя глубины изолированы от двух остальных и образуют незначительные по площади самостоятельные впадины. Все же этими четырьмя точками намечается „ров", если можно променить в данном случае это выражение. Но нельзя считать, что промером Бюро, который не удалось в этом районе детализировать, действительно обнаружена наибольшая глубина озера; в этом отношении возможны неожиданности.

VI. МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Нет надобности подробно останавливаться на технике морфометрических подсчетов. Достаточно сказать, что были приняты все меры к устранению промахов в этой сложной и кропотливой работе.

Площади определялись планиметром по квадратам, т. е. в каждом кв. дециметре в отдельности, причем обводка изобат производилась дважды с повторением работы при расхождении свыше 6 делений планиметра. Итоги подсчитывались для каждого планшета в отдельности в горизонтальном и в вертикальном направлении, после чего суммировались итоги по планшетам также в двух направлениях, по рядам и по колонкам; двойной подсчет должен был дать совершенно одинаковые результаты.

Перед подсчетом длины береговой линии и изобат сделано было сравнение двух способов измерения циркулем и хорошо выверенным точным курвиметром. Предпочтение было отдано второму способу, причем обводка производилась дважды, полностью на всем планшете. Точность измерения длины изобат надо признать ниже точности определения площадей планиметром, так как в окончательный итог входили все случайные ошибки на протяжении всей изобаты, тогда как планиметром обводилась лишь та часть площади, которая находилась в пределах данного планшета, а площади промежуточных планшетов (от берега до берега) на которых отсутствовала данная изобата, прибавлялись к итогам данного ряда или данной колонки в чистом виде, без всякой ошибки. Вообще, если считать, что изобаты были вычерчены правильно, т. е. если подводный рельеф был изображен без малейшего искажения, то средняя ошибка определения площади изобаты на данном планшете выразится в $\pm 3{,}7$ делениий планиметра, что составляет в масштабе 1 : 10 000 менее 0,004 *км*^{2}; средняя же ошибка результата, т. е. площади изобаты на всем озере, составляла не более $\pm 0{,}6$ делений планиметра, т. е. практически для любой изобаты ошибка была меньше принятой точности вычисления (0,001 *км*^{2}).

Объемы сливных призм вычислялись методом призмы.

Средние углы наклонения (средняя крутизна ската) получены по формуле Фюрстенберга, а средние глубины — разделением объема на площадь нулевой изобаты.

Все подсчеты производились для Малого и Большого Севана в отдельности и в морфометрической таблице, (см. табл. I в конце главы) помимо общих итогов, введено подразделение на М. и Б. Севан.

Конечно, все измерения производились по подлинным планшетам и из масштабов, в которых был составлен данный район, выбирался наиболее крупный. Расхождения в единицах последних знаков, которые попадаются в некоторых графах таблицы неизбежны в порядке округления.

Таблица I, вычисленная через 1 *м*, предназначалась для составления номограмм и таблиц, касающихся использования векового запаса озера; для расчетов же, касающихся баланса озера, суммированием данных основной таблицы составлены дополнительные таблицы через 5 и 10 метров. Для сравнения с результатами, которые были бы получены, если бы основные данные измерялись и подсчитывались не через 1 *м*, а через 5 или 10 *м*, произведен подсчет объемов сливных призм через 10 *м*; получены следующие данные:

Сливные призмы	Объемы, вычисленн. через 10 *м*	Расхождение с основной таблицей
0—10	13,7327 *км*³	+ 0,0046 *км*³
10—20	12,7864 „	— 0,0005 „
20—30	11,6455 „	— 0,5089 „
30—40	10,0324 „	— 0,0592 „
40—50	5,7142 „	— 0,5138 „
50—60	2,0752 „	— 0,0255 „
60—70	1,3283 „	— 0,0146 „
70—80	0,4968 „	+ 0,0255 „
80—90	0,0509 „	+ 0,0213 „
90—98,7	0,0050 „	+ 0,0047 „
	57,8674 *км*³	— 0,6064 *км*³

Для всего озера получается расхождение в 1,04%, а объем 50-метрового слоя, подлежащий использованию, был бы преуменьшен на 0,6178 *км*³, т. е. на 1,15%.

Для вычисления таблиц II и III (см. приложение), касающихся использования вековых запасов озера, допускалось, что при изменении глубины на один метр элементы баланса не претерпевают никаких изменений. Таким образом рассчитаны суточные изменения глубины в зависимости от расхода воды в выводном канале и продолжительность времени в сутках, потребного для уменьшения глубины на 1 *м* также в зависимости от расхода воды.

Не представляется особых затруднений в выводе поправок к этим таблицам как на изменение элементов баланса, так и на невозможность без проведения специальных каналов, использовать незначительные объемы воды в отдельных впадинах, встречающихся на глубине менее 50 *м*. Перечень впадин дан в таблице 8.

Табл. 8

№№ по порядку	Место и наименование впадины	Между какими изобатами находится	Площадь		Объем	
			*км*²	В проц. от площади всего озера	*км*³	В проц. объема всего озера
1—7	Мелкие впадины в прибрежной зоне между Еленовкой и Муханом	5—15	0,426	0,03	0,0004	0,001
8	Северная впадина Арданшского залива	9,5—13	0,980	0,07	0,0016	0,003
9	Южная впадина Арданышского залива	11,5—17	0,597	0,04	0,0018	0,003
10	Южная Адиаманская впадина	14—19	0,510	0,04	0,0014	0,002
11	Северная Адиаманская впадина	28,5—31,5	0,534	0,04	0,0012	0,002
12—13	Впадины Александровского залива	38—43	0,220	0,02	0,0002	—
14а	Впадина у Учдаша	44—50	2,338	0,17	0,0066	0,011
14б	„ „	50—58,7	0,244	0,02	0,0004	0,001
15а	Центральная впадина Б. Севана	44—50	491,583	34,71	1,4036	2,36
15б	„ „	50—51,5	3,342	0,24	0,0024	0,004
	Итого №№ 1—14а, 15а	5—50	497,188	35,12	1,4168	2,38
	№№ 14б 15б	50—58,7	3,586	0,26	0,0028	0,01
	№№ 1 — 13	5—43	3,267	0,24	0,0066	0,01
	№№ 1 — 13,14б 15,6	5—58,7	6,853	0.50	0,0994	0,02

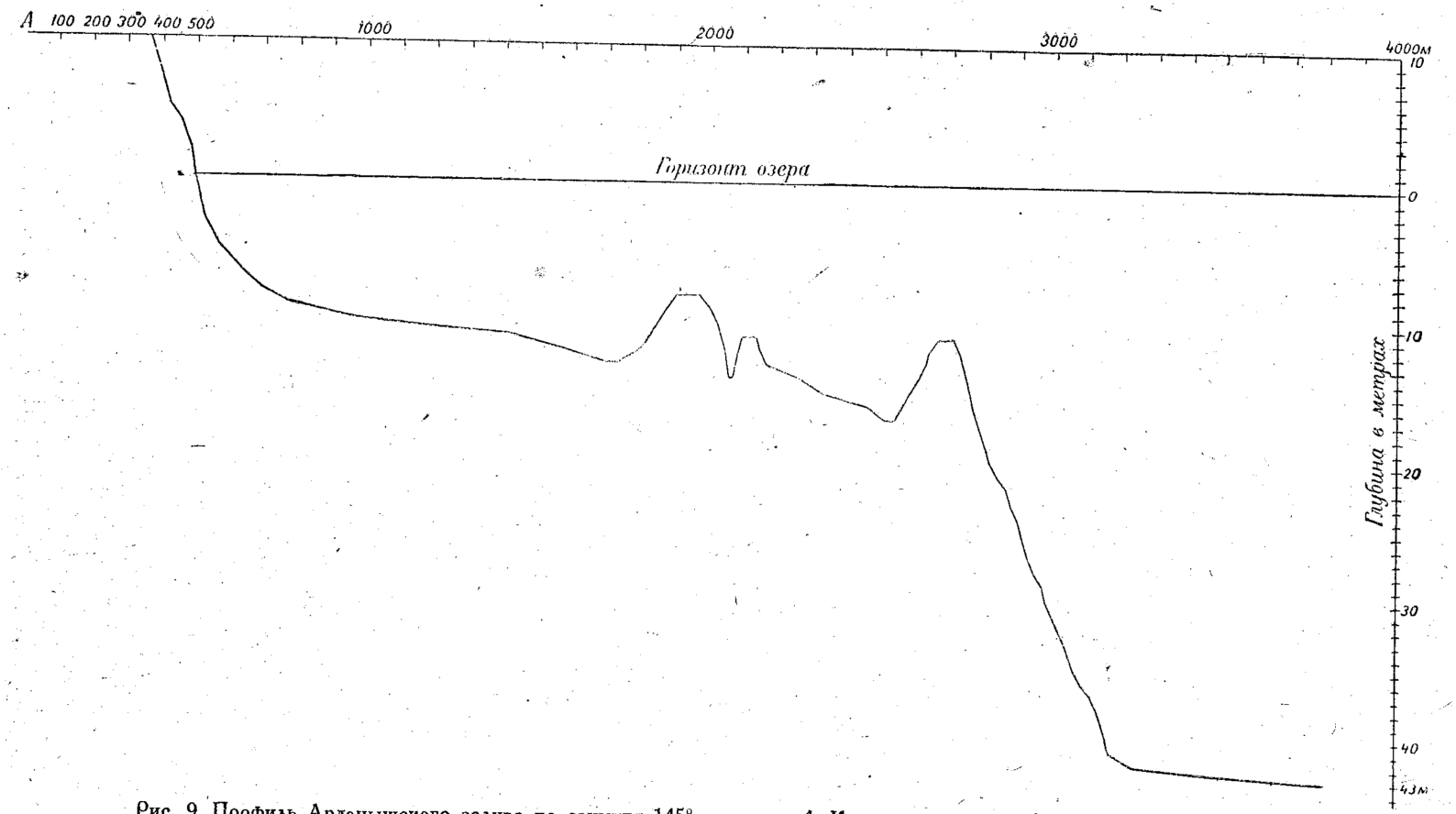

Рис. 9. Профиль Арданышского залива по азимуту 145° от точки A. Координаты точки A: $x' = -166{,}6$; $y = +28{,}0$.

Из приведенных данных видно, что общая площадь всех впадин, лежащих выше 50-метровой изобаты, за исключением центральной впадины Б. Севана, не превышает 3,3 *км*² при незначительном объеме (около 0,007 *км*³). Если допустить что в небольших озерах, которые будут с течением времени образовываться на месте впадин, не произойдет заиления то, при отсутствии выводных каналов, в таблицах II и III несколько возрастет изменение глубин и сократится продолжительность спуска. Практически, для таблицы II поправка выразится следующими величинами:

Сливные призмы	Расход Q *м*³/*сек.*	Поправка к таблице II в *мм*
9—10 *м*	100	+ 0,001
14—15	50—90	0,001
	95 - 100	0,002
37—38	30—70	0,001
	75—90	0,002
	95—100	0,003
38—39	25—65	0,001
	70—90	0,002
	95—100	0,003
39—40	60—90	0,001
	95—100	0,002

Ясно, что эта поправка не имеет практического значения, т. к. исчисление элементов баланса не может отличаться подобной же точностью.

Четыре наиболее крупных впадины, №№ 8—11, находящиеся в Б. Севане вне пределов центральной впадины, без особых затруднений могут быть осушены.

Обе Арданышских впадины, профиль кот рых показан на рис. 9 образованы подводными перешейками, по строению и по азимуту представляющими прямое продолжение двух отрогов горы Адатапа. По данным Л. В. Арнольди, этот район относится к биологически малопродуктивной зоне, поэтому, если не будет надобности в сохранении этого водоема в целях рыбоводства, то для выпуска воды достаточно проложить два канала, длиной 150—180 *м*.

Адиаманские впадины (профиль южной впадины изображен на рис. 10) названы так по той причине, что, по всей вероятности, они будут лежать на пути Адиаман-чая, когда последний будет прокладывать себе русло по обнажившемуся дну озера. Для осушения впадин придется провести два канала длиной по полкилометра.

Итоги, показанные в таблице 8 в отношении озер, которые останутся в Б. Севане после спуска озера до 50 *м* невелики сами по себе (площадь около 3,6 *км*² и объем около 0,003 *км*³) и кроме того, представляют наибольшие пределы, которые в процессе заиления могут только сократиться. Но надо иметь в виду, что реки и ручьи, впадающие в Б. Севан проложат себе пути через эти будущие озера, находящиеся в южной и в восточной половине Б. Севана; сток с юга в северо-западном направлении прегражден подводной возвышенностью, которая тянется от Долакнерского мыса (△ 23,2) и заканчивается в центральной части озера каменистой банкой с глубиной совпадающей со средней глубиной Б. Севана [1]).

[1]) Вследствие неполноты судового промера в Б. Севане нельзя поручиться за абсолютную правильность проведения изобат через 1 *м*, на глубинах свыше 22—25 *м* но общий характер подводного рельефа выразился с несомненной ясностью.

Последний итог, показанный в таблице 8, говорит, что если впадины №№ 1—13 не будут осушены, то из всего 50-метрового слоя, с включением сюда шести будущих озерков Б. Севана на глубине свыше 50 *м* останутся неиспользованными лишь около 0,01 *км*^{3} или 0,02% от объема всего озера. Но неиспользованная площадь будет в 2½ раза больше современной поверхности озера Гилли; поэтому, для предохранения стока от потерь на испарение с поверхности новых заболоченных участков потребуются добавочные гидротехнические работы.

Что касается первого итога, показанного в таблице 8 для впадин №№ 1—14а и 15а, то о нем много говорить не приходится. Если действительно глубина перешейка Норадуз-Учдаш не превышает 38—39 *м*, то очевидно, что без проведения каналов, общей длиной до 22 *км*, не удастся осуществить требования, непосредственно вытекающие из подсчета баланса. То обстоятельство, что центральная впадина Б. Севана отнесена к 44-метровой изобате, объясняется лишь удобством морфометрических подсчетов в связи с упомянутым барьером к югу от п.-ова Адатапы. Но с морфологической точки зрения ложе озера от Учдаша до Памбака отчетливо выражается изобатами 40—41 *м*; в остальных районах, особенно против Гилли, наблюдается лишь очень мягкий расплывчатый переход от каменистых и песчаных стенок к зайлениому ложу. С некоторым приближением можно допустить что здесь под 35-метровой изобатой, от которой уклоны уменьшаются, проектируется 40-я и 41-я изобаты, которые некогда выражали границу ложа озера, а в настоящее время, благодаря сравнительной мягкости пород, оказались занесенными аллювием. Если можно говорить о старости Б. Севана, то скорее под впечатлением этого постепенного перехода, не позволяющего с точностью установить границы центральной в падины. Повидимому, центральная

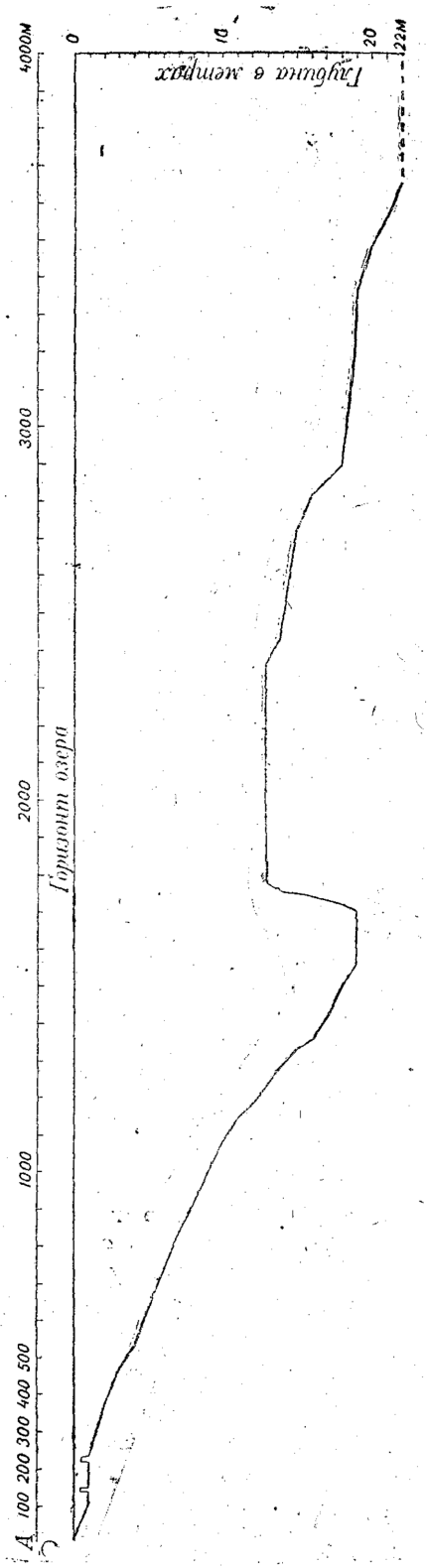

Рис. 10. Профиль Южно-Адиаманской впадины от устья Гельских родиков (лев. бер.) по азимуту 32° 37'.

впадина в современном ее виде занимает около 70% всей площади Б. Севана.

Иную картину представляет Малый Севан. Площадь его относится к площади Б. Севана почти как 1 : 3, но он глубже и соотношение объемов в точности равно 1 : 2. Уже при беглом взгляде на карту видно, что над созданием рельефа М. Севана потрудились все силы природы и, как справедливо отмечает Марков, М. Севан характеризуется отсутствием центральной впадины.

Правда, те неровности дна, которые замечаются на глубинах свыше 60—70 *м*, по своим уклонам позволили бы почти повсюду провести железную дорогу без выемок и насыпей; но с морфологической точки зрения дно озера, террасовидными уступами спускающееся от Норадузского пролива на северо-запад, позволяет наметить несколько местных горизонтов, из которых каждый в отдельности приближается к понятию о центральной впадине, но в целом они не удовлетворяют представлению о выработанном ложе озера.

Наибольшей расплывчатостью отличается рельеф в южной трети М. Севана, к юго-востоку от линии Айриванк-Ахбулаг; здесь же в 4—7 *км* на юго-запад от Шорджи имеется своя центральная впадина с глубиной до 67 *м*. Относительно остальной части М. Севана можно сделать следующие замечания.

Вулканический рельеф по западному берегу от Айриванка до Цамакаберта характерен в том отношении, что здесь 59-метровой изобатой очень резко выражена линия соприкосновения лавового потока с поверхностью главной толщи ила, отложившегося на более древнем ложе. Выражение „более древнем" употреблено в том смысле, что под новейшими Ахманганскими извержениями может находиться слой более ранних извержений, соответствующих упоминавшейся уже третьей ступени сброса и непосредственно налегающих на древнее ложе (дно грабена). Если это предположение справедливо, то граница более древних лавовых потоков на западном берегу приблизительно намечается между 65 и 70-метровой изобатами. Но именно на этом уровне на восточном берегу крутые склоны озерной котловины переходят в ровную поверхность дна Таким образом в первом приближении границы центральной впадины М. Севана намечаются около 70-метровой изобаты, что составляет менее 25% от площади М. Севана. Если отбросить в сторону предположения и основываться лишь на установленных фактах, то картина представится в том виде, в каком она схематически изображена на рис. 11.

Самый приближенный подсчет мощности спускающихся в озеро лавовых языков в Б. Севане дал толщину около 45 *м*. Отсюда возникает предположение относительно того, что до наступления устойчивого периода береговая линия в М. Севане была продвинута значительно на запад, причем характер глубин к востоку от этой воображаемой береговой линии был сходен с картиной, которая в настоящее время наблюдается на плесе между Айриванком и Норадузом. Конечно, все подобные расчеты могут быть более обоснованы лишь в том случае, если они будут произведены более точными и довольно кропотливыми методами; предпочтительнее отложить их до того времени, когда в результате шурфования будут получены данные о средней мощности лавового покрова близ современного уреза воды. Сейчас можно только добавить, что рельеф М. Севана в западной части производит впечатление некоторой сдавленности, как будто котловина некогда более широкая в направлении NE — SW, в новейшую эпоху значительно сузились.

Чубухлинский залив имеет собственный орографический центр в виде узкой изолированной впадины длиной 3 *км*, вытянутой по направлению

NE — SW и представляющей как бы подводное продолжение глубокого ущелья, которое образовано складками в районе к юго-востоку от горы Шиштапа и отделено от озера конусом выноса, доходящим до отметки

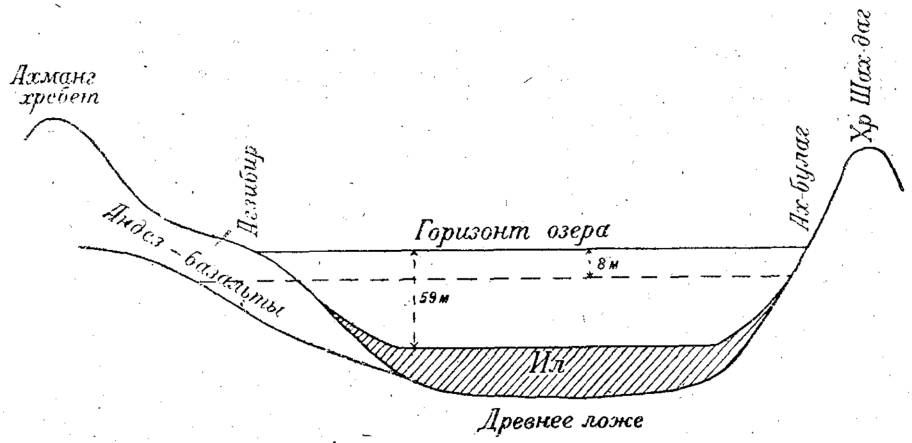

Рис. 11. Разрез озерной котловины по линии Агзибир—Ах-булаг.

15 — 16 *м*. Впадина эта имеет площадь около 0,8 *км*^{2} и объем около 0,0016 *км*^{3} и оригинальна в том отношении, что она позволяет судить о степени вязкости ила, который залегает сплошной массой по краям впадин, на глубине 55 — 58 *м*, но при уклонах порядка 1 : 25 — 1 : 100, не спускается на дно впадины, заполненное преимущественно отложениями кальцита. Согласованность между подводным рельефом и морфологией побережья, ясно выраженная на примере Чубухлинской центральной впадины, проявляется еще во многих районах; и заслуживает внимательного изучения.

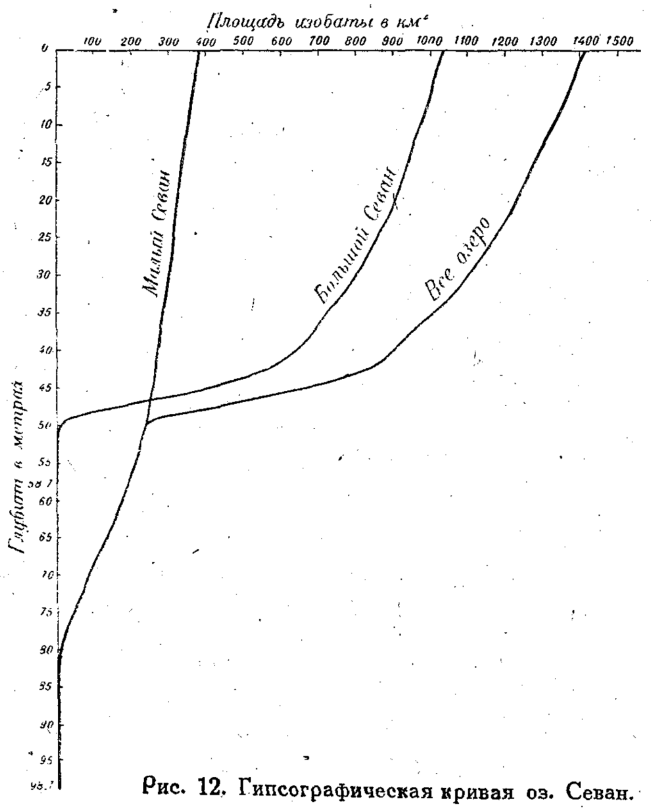

Рис. 12. Гипсографическая кривая оз. Севан.

Гипсографическая кривая озера изображена на рис. 12. В равной мере она представляет собой батиграфическую кривую, если вычислить процентное соотношение между площадями М. и Б. Севана и площадью всего озера. Если же принять М. и Б. озера за

самостоятельные бассейны и вычислить процентное соотношение для каждого озера в отдельности, то батиграфические кривые изобразятся, как показано на рис. 13. В сущности только при таком способе построения и можно сравнивать между собой оба водоема. Однако подобные сравнения и связанные с ними исследования носят в значительной мере отвлеченный характер, потому что всякого рода морфометрические элементы приводятся к средним значениям, тогда как для практических целей средние величины в большинстве случаев не представляют

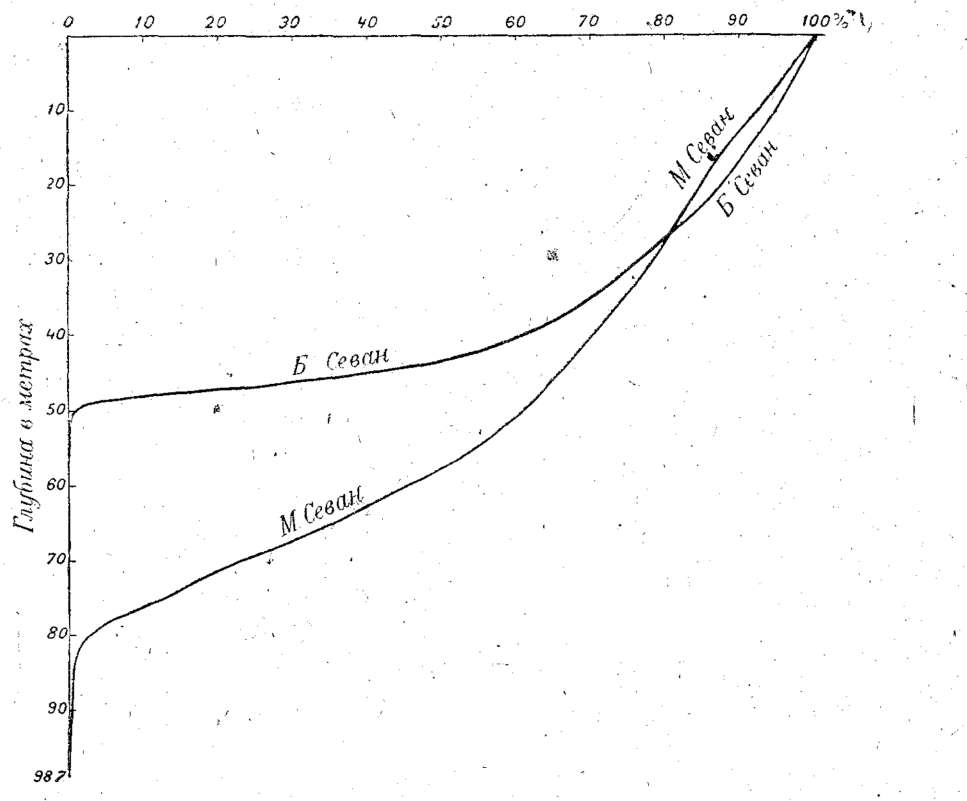

Рис. 13. Батиграфические кривые, вычисленные для М. и Б. Севана в отдельности.

интереса. К тому же батиграфическая кривая полна противоречий, если ее рассматривать в отдельности, без учета длины изобат и др. элементов. В дополнение к основным морфометрическим таблицам здесь приводятся некоторые иные данные, в частности таблица длины изобат на 1 *км*^{2} ограниченной ими поверхности (табл. 9).

Плоскость, разделяющая объемы на две равные части, лежит в М. Севане на глубине 24,8 *м*, в Б. Севане на глубине около 20 *м* и во всем озере на глубине 22,3 *м*.

Прочие данные, напр. развитие береговой линии, длина береговой линии на 1 *км*^{3} объема и др. существенно не отличаются от цифр, приводимых Марковым.

Табл. 9

Длина изобат в *км* на 1 *км*² ограниченной ими поверхности

Изобаты	Малый Севан	Большой Севан	Все озеро	Изобаты	Малый Севан	Большой Севан	Все озеро	Изобаты	Малый Севан	Большой Севан	Все озеро
0	0,318	0,138	0,187	34	0,312	0,162	0,205	68	0,656		0,656
1	0,317	0,176	0,214	35	0,315	0,163	0,206	69	0,717		0,717
2	0,321	0,143	0,191	36	0,328	0,165	0,211	70	0,750		0,750
3	0,333	0,140	0,192	37	0,341	0,166	0,216	71	0,846		0,846
4	0,310	0,139	0,185	38	0,344	0,170	0,212	72	0,999		0,999
5	0,297	0,143	0,185	39	0,334	0,174	0,222	73	1,257		1,257
6	0,291	0,141	0,181	40	0,308	0,178	0,216	74	1,414		1,414
7	0,292	0,142	0,179	41	0,330	0,190	0,232	75	1,658		1,658
8	0,276	0,143	0,179	42	0,337	0,197	0,242	76	1,748		1,748
9	0,248	0,145	0,181	43	0,344	0,214	0,255	77	2,259		2,259
10	0,278	0,146	0,182	44	0,340	0,239	0,273	78	2,571		2,571
11	0,277	0,147	0,181	45	0,344	0,371	0,361	79	2,756		2,756
12	0,281	0,149	0,184	46	0,352	0,430	0,398	80	3,253		3,253
13	0,280	0,149	0,184	47	0,360	0,690	0,524	81	5,936		5,936
14	0,292	0,148	0,186	48	0,368	1,073	0,606	82	3,944		3,944
15	0,295	0,151	0,189	49	0,374	2,600	0,660	83	4,079		4,079
16	0,290	0,147	0,184	50	0,383	4,555	0,445	84	5,420		5,420
17	0,287	0,147	0,184	51	0,390	9,850	0,407	85	6,386		6,386
18	0,290	0,148	0,185	52	0,394	14,667	0,398	86	6,229		6,229
19	0,285	0,148	0,184	53	0,398	18,182	0,403	87	9,039		9,039
20	0,278	0,149	0,183	54	0,401	116,667	0,405	88	21,552		21,552
21	0,291	0,142	0,185	55	0,391	*	0,403	89	45,110		45,110
22	0,292	0,147	0,185	56	0,425	*	0,430	90	32,326		32,326
23	0,289	0,148	0,185	57	0,447	*	0,447	91	40,000		40,000
24	0,295	0,150	0,189	58	0,464	*	0,464	92	45,259		45,259
25	0,296	0,153	0,190	59	0,503		0,503	93	24,390		24,390
26	0,295	0,152	0,190	60	0,517		0,517	94	38,044		38,044
27	0,295	0,152	0,191	61	0,529		0,529	95	62,500		62,500
28	0,296	0,155	0,193	62	0,538		0,538	96	41,666		41,666
29	0,293	0,155	0,193	63	0,460		0,460	97	*		*
30	0,296	0,156	0,194	64	0,557		0,557	98	*		*
31	0,301	0,155	0,195	65	0,569		0,569	98,7	*		*
32	0,310	0,155	0,199	66	0,571		0,571				
33	0,312	0,159	0,201	67	0,602		0,602				

*) — величина несоразмерная.

Формула Пенка, по которой он судил о генезисе озер (соотношение между наибольшей глубиной и частным от деления площади озера на земную окружность), в данном случае дает 33 *м*, т. е. величину, втрое меньшую максимальной глубины; следовательно этот признак в отношении озера Севан находится в резком противоречии с новейшими выводами геологов.

В заключение надо вкратце остановиться на вопросе о точности всех произведенных морфометрических подсчетов и в частности на вопросе о степени доверия к таблицам II и III, имеющим существенное практическое значение.

Можно с различных сторон подходить к разрешению этого вопроса и при всяких способах получается удовлетворительный ответ.

Косвенным показателем надежности полученных результатов является сравнение, приведенное на стр. 66. Промер мог отличаться еще меньшей полнотой и все же разница в объеме составила бы лишь около 1%. Иное впечатление создается из сравнения полученных результатов с данными Маркова. Здесь разница достигает 6,5%, но карта Маркова, составленная по результату рекогносцировочного промера, ни в коей мере и не могла претендовать на большую точность.

Отдельно надо упомянуть об одном из источников ошибок в определении объема; последний может несколько уменьшиться, если действительно существуют подводные возвышенности, упомянутые выше.

Обработка и вычисления, произведенные для определения этой ошибки, показали, что поправки к таблице II не превысили бы величин, приведенных в отношении объемов впадин.

Для точного вывода ошибки в определении объема озера пришлось бы произвести весьма сложное вычисление, сущность которого сводится к следующему.

Объем представляет функцию от площади озера и от средней глубины, поэтому следовало бы в отдельности выяснить точность определения площади и точность определения средней глубины; но практиоски можно упростить исследование, ибо, что касается площадей, то ошибками планиметрирования можно пренебречь, а в остальном природа ошибок зависит от тех же элементов, из которых складывается точность определения средней глубины. Элементы эти в отношении зоны судового промера таковы:

1) точность определения глубины в каждой данной точке при проведении изобат и
2) точность измерения одной глубины, вычисленная для каждого района в отдельности.

В интерполировании, которое производится при вычерчивании изобат, и заключается источник ошибки, возрастающей с увеличением расстояния между галсами и между промерными точками и с уменьшением уклонов. Здесь для определения веса надо классифицировать глубины по абсолютной их величине, а что касается расстояний между галсами, то вместо них можно взять число глубин на 1 $км^2$, т. к. не все галсы были параллельны. Упрощенное вычисление, проделанное по таблице уклонов через 10 *м* и без подразделения озера на районы, показало, что средняя квадратичная ошибка интерполирования выражается величиной

$$m = \sim \pm 0{,}3 \text{ } м.$$

Отсюда получена точность проведения изобат

$$m = \sim \pm \sqrt{0{,}3^2 + 0{,}9^2} = \sim \pm 0{,}95 \text{ } м$$

и, наконец, точность определения средней глубины в зоне судового промера

$$M = \sim \pm 0{,}017 \text{ м}.$$

В зоне шлюпочного промера сверх ошибок, оказывающих влияние на определение средней глубины зоны судового промера, имеют значение: 1) ошибки нивелирования магистрали, которые сказываются при приведении глубин к нулю (глубин), 2) ошибки в определении высоты рабочего горизонта (редкость гидрометрической сети, ошибки наблюдений на водомерном посту и пр.) и 3) ошибки округления глубин (до 0,1 *м*). Но абсолютная величина этих ошибок, по сравнению с ошибками судового промера, ничтожна; к тому же обработка шлюпочного промера производилась в более крупном масштабе, что можно было бы учесть при точном выводе ошибки. Упрощенное вычисление дало точность проведения изобат в зоне шлюпочного промера.

$$m = \sim \pm 0{,}15 \text{ м},$$

откуда точность определения средней глубины

$$M = \sim \pm 0{,}0007 \text{ м},$$

Объем зоны шлюпочного промера получается по приращениям объемов изобатных слоев от 22 *м* (средний предел шлюпочного промера) до верхнего слоя. Он составляет 2,4757 *куб. км*. Окончательный результат

$$M = \sim \pm \frac{0{,}017 \times 55{,}9982 + 0{,}0007 \times 2{,}4757}{58{,}4739} = \sim \pm 0{,}016 \text{ м}.$$

Таким образом средняя глубина озера, составляющая 41,3 *м* верна до $\pm 0{,}016$ *м* и объем озера

$$V = 58{,}4739 \sim \pm 0{,}0222 \text{ км}^3.$$

В переводе на величины, показанные в таблицах II и III, это означает, что для расхода воды от 5 до 100 $м^3/сек.$ разница в продолжительности использования векового запаса в верхнем слое составляет от 55 до 3 суток.

Морфометрическа

Глубина в метрах	Площадь изобаты в $км^2$			Площадь изобаты в % от площади нулевой изобаты всего озера			Длина изобаты в км			Сливные призмы между изобатами	Площадь, за	
	Малый Севан	Больш. Севан	Все озеро	Малый Севан	Больш. Севан	Все озеро	Малый Севан	Больш. Севан	Все озеро		Малый Се	
											$км^2$	В % нул. и баты го ов
0	383,601	1032,426	1416,027	27,09	72,91	100,00	121,98	142,21	264,19	0— 1	2,799	0,2
1	380,802	1026,067	1406,869	26,89	72,46	99,35	120,81	180,80	301,61	1— 2	2,879	0,2
2	337,923	1019,339	1397,262	26,69	71,99	98,68	121,17	145,56	266,73	2— 3	3,304	0,2
3	374,619	1013,700	1388,319	26,46	71,58	98,04	124,87	142,16	267,03	3— 4	3,550	0,2
4	371,069	1009,447	1380,516	26,20	71,29	97,49	114,99	140,59	255,58	4— 5	2,661	0,1
5	368,408	1004,476	1372,884	26,02	70,93	96,95	109,62	143,86	253,48	5— 6	2,898	0,2
6	365,510	999,113	1364,623	25,81	70,56	96,37	106,49	141,00	247,49	6— 7	2,648	0,1
7	362,862	993,421	1356,283	25,63	70,15	95,78	101,34	141,03	242,37	7— 8	2,951	0,2
8	359,911	988,341	1348,252	25,41	69,80	95,21	99,44	141,28	240,72	8— 9	2,771	0,
9	457,140	982,718	1339,858	25,22	69,40	94,62	99,44	142,49	241,93	9—10	2,426	0,
10	354,714	975,793	1330,507	25,05	68,91	93,96	98,52	142,98	241,50	10—11	2,484	0,
11	352,230	967,070	1319,300	24,87	68,29	93,16	97,57	141,74	239,31	11—12	3,579	0,3
12	348,651	959,417	1308,068	24,62	67,76	92,38	98,12	142,84	240,96	12—13	3,071	0,3
13	345,580	952,117	1297,697	24,40	67,24	91,64	96,61	141,75	238,36	13—14	3,710	0,3
14	341,870	946,489	1288,359	24,14	66,85	90,99	98,75	140,37	239,12	14—15	3,165	0,3
15	338,705	940,186	1278,891	23,92	66,40	90,32	99,89	141,67	241,56	15—16	3,554	0,3
16	335,151	934,229	1269,380	23,67	65,98	89,65	96,93	137,24	234,17	16—17	3,095	0,3
17	332,056	926,793	1258,849	23,45	65,45	88,90	95,38	136,18	231,56	17—18	3,052	0,3
18	329,004	919,888	1248,892	23,23	64,97	88,20	95,54	135,91	231,45	18—19	2,774	0,
19	326,230	912,624	1238,854	23,04	64,44	87,48	92,91	135,11	228,02	19—20	2,622	0,
20	323,608	903.168	1226,776	22,85	63,79	86,64	90,16	134,76	224,92	20—21	1,761	0,
21	321,847	897,364	1219,211	22,73	63,37	86,10	94,22	131,54	225,76	21—22	2,432	0,
22	319,415	889,201	1208,616	22,56	62,79	85,35	93,26	130,77	224,03	22—23	2,228	0,
23	317,197	881,138	1198,335	22,40	62,23	84,63	91,51	130,25	221,76	23—24	2,300	0,
24	314,897	871,285	1186,182	22,24	61,53	83,77	92,94	130,97	223,91	24—25	2,050	0,
25	312,847	858,042	1170,889	22,09	60,60	82,69	92,77	129,93	222,70	25—26	2,310	0,
26	310,537	845,772	1156,309	21,93	59,73	81,66	91,46	128,54	220,00	26—27	2,698	0,
27	307,839	835,356	1143,195	21,74	58,99	80,73	90,95	127,28	218,23	27—28	2,406	0,
28	305,433	825,525	1130,958	21,57	58,30	79,87	90,25	127,52	217,77	28—29	2,179	0,
29	303,254	812,893	1116,147	21,42	57,41	78,83	88,88	126,07	214,95	29—30	2,403	0,
30	300,851	801,480	1102,331	21,25	56,60	77,85	89,03	125,31	214,34	30—31	2,805	0.
31	298,046	789,318	1087,364	21,05	55,74	76,79	89,76	122,14	211,90	31—32	2,936	0,
32	295,110	776,428	1071,538	20,84	54,84	75,68	91,38	121,25	212,63	32—33	3,607	0,
33	291,503	762,260	1053,763	20,59	53,83	74,42	90,83	121,19	212,02	33—34	1,244	0,
34	290,259	745,197	1035,456	20,50	52,63	73,13	90,60	121,26	211,86	34—35	3,705	0,
35	286,554	727,905	1014,459	20,24	51,40	71,64	90,18	118,99	209,17	35—36	4,558	0,
36	281,996	708,284	990,280	19,92	50,02	69,94	92,55	116,80	209,35	36—37	3,677	0,
37	278,319	687,835	966,154	19,65	48,58	68,23	94,95	114,47	209,42	37—38	3,073	0,

аблица озера Севан

Таблица I

нная между двумя изобатами				Средняя крутизна ската			Объем сливной призмы					
ольш. Севан		Все озеро					Мал. Севан		Больш. Севан		Все озеро	
км²	В % от нул. изобаты всего озера	км²	В % от нул. изобаты всего озера	Малый Севан	Больш. Севан	Все озеро	км³	В % от объема всего озера	км³	В % от объема всего озера	км³	В % от объема всего озера
6,359	0,45	9,158	0,65	2°29′	1°27′	1°46′	0,3822	0,65	1,0292	1,76	1,4114	2,41
6,728	0,47	9,607	0,67	2 24	1 23	1 42	0,3794	0,65	1,0227	1,75	1,4021	2,40
5,639	0,41	8,943	0,64	2 08	1 28	1 42	0,3763	0,64	1,0165	1,74	1,3928	2,38
4,253	0,29	7,803	0,55	1 56	1 54	1 55	0,3728	0,64	1,0116	1,73	1,3844	2,37
4,971	0,36	7,632	0,54	2 25	1 45	1 55	0,3697	0,63	1,0070	1,73	1,3767	2,36
5,363	0,37	8,261	0,58	2 08	1 31	1 44	0,3670	0,63	1,0018	1,71	1,3688	2,34
5,692	0,41	8,340	0,59	2 15	1 25	1 41	0,3642	0,62	0,9963	1,71	1,3605	2,33
5,080	0,35	8,031	0,57	1 57	1 36	1 43	0,3614	0,62	0,9909	1,70	1,3523	2,32
5,623	0,40	8,394	0,59	2 03	1 27	1 39	0,3585	0,61	0,9855	1,69	1,3440	2,30
6,925	0,49	9,351	0,66	2 20	1 11	1 29	0,3559	0,61	0,9793	1,67	1,3352	2,28
8,723	0,62	11,207	0,80	2 16	0 56	1 14	0,3535	0,60	0,9714	1,66	1,3249	2,26
7,653	0,53	11,232	0,78	1 34	1 04	1 14	0,3504	0,60	0,9632	1,65	1,3136	2,25
7,300	0,52	10,371	0,74	1 49	1 07	1 19	0,3471	0,59	0,9558	1,64	1,3029	2,23
5,628	0,39	9,338	0,65	1 30	1 26	1 28	0,3437	0,59	0,9493	1,62	1,2930	2,21
6,503	0,45	9,468	0,67	1 48	1 14	1 27	0,3403	0,58	0,9433	1,62	1,2836	2,20
5,957	0,42	9,511	0,67	1 35	1 20	1 25	0,3369	0,58	0,9372	1,60	1,2741	2,18
7,436	0,53	10,531	0,75	1 47	1 20	1 15	0,3336	0,57	0,9305	1,59	1,2641	2,16
6,905	0,48	9,957	0,70	1 48	1 08	1 19	0,3305	0,57	0 9233	1,58	1,2538	2,15
7,264	0,53	10,038	0,72	1 57	1 04	1 18	0,3276	0,56	0,9162	1,57	1,2438	2,13
9,456	0,65	12,078	0,84	1 60	1 02	1 04	0,3249	0,56	0,9079	1,55	1,2328	2,11
5,804	0,42	7,565	0,54	2 10	1 19	1 42	0,3227	0,55	0,9003	1,54	1,2230	2,09
8,163	0,58	10,595	0,75	2 12	0 55	1 13	0,3206	0,55	0,8933	1,53	1,2139	2,08
8,063	0,56	10,281	0,72	2 22	0 56	1 14	0,3183	0,54	0,8852	1,52	1,2035	2,06
9,853	0,70	12,153	0,86	2 18	0 46	1 03	0,3160	0,54	0,8762	1,50	1,1922	2,04
3,243	0,93	15,293	1,08	2 35	0 34	0 50	0,3139	0,54	0,8647	1,47	1,1786	2,01
2,270	0,87	14,520	1,03	2 17	0 36	0 48	0,3117	0,53	0,8519	1,46	1,1636	1,99
0,416	0,74	12,114	0,93	1 56	0 42	1 02	0,3092	0,53	0,8406	1,44	1,1498	1,97
0,831	0,69	12,237	0,86	2 09	0 45	1 01	0,3066	0,53	0,8304	1,42	1,1370	1,95
2,632	0,89	14,811	1,04	2 21	0 34	0 50	0,3043	0,52	0,8192	1,40	1,1235	1,92
,413	0,81	13,816	0,98	2 07	0 38	0 54	0,3020	0,52	0,8072	1,38	1,1092	1,90
,162	0,86	14,967	1,06	1 50	0 35	0 49	0,2994	0,51	0,7954	1,36	1,0948	1,87
,890	0,90	15,826	1,11	1 46	0 32	0 46	0,2966	0,51	0,7929	1,34	1,0795	1,85
,168	1,01	17,775	1,26	1 27	0 29	0 41	0,2933	0,50	0,7693	1,32	1,0626	1,82
,063	1,20	18,307	1,29	4 10	0 24	0 40	0,2909	0,50	0,7537	1,29	1,0446	1,79
,292	1,23	20,997	1,49	1 24	0 24	0 35	0,2884	0,49	0,7366	1,26	1,0250	1,75
,621	1,38	24,179	1,70	1 09	0 21	0 30	0,2843	0,49	0,7181	1,22	1,0024	1,71
,449	1,44	24,126	1,71	1 28	0 20	0 30	0,2802	0,48	0,6981	1,19	0,9783	1,67
139	1,29	21,212	1,50	1 46	0 22	0 34	0,2768	0,47	0,6788	1,16	0,9556	1,63

Глубина в метрах	Площадь изобаты в $км^2$			Площадь изобаты в % от площади нулевой изобаты всего озера			Длина изобаты в км.			Сливные призмы между изобатами	Площадь, за	
											Малый Се	
	Малый Севан	Больш. Севан	Все озеро	Малый Севан	Больш. Севан	Все озеро	Малый Севан	Больш. Севан	Все озеро		$км^2$	В % нул. изобаты го оз
38	275,246	669,696	944,942	19,44	47,29	66,73	94,70	114,23	208,93	38—39	3,597	0,
39	271,649	652,792	924,441	19,18	46,11	65,29	90,75	114,48	205,23	39—40	2,832	0,
40	268,817	635,330	904,147	18,99	44,85	63,84	82,08	113,34	195,42	40—41	3,046	0,
41	265,771	612,241	878,012	18,77	43,24	62,01	87,80	116,25	204,05	41—42	2,951	0,
42	262,820	579,635	842,455	18,56	40,94	59,50	88,78	115,46	204,24	42—43	2,648	0,
43	260,172	541,134	801,306	18,37	38,22	56,59	89,44	115,70	205,14	43—44	3,742	0,
44	256,430	493,921	750,351	18,11	34,88	52,99	86,92	117,96	204,88	44—45	3,252	0,
45	253,178	420,179	673,357	17,88	29,67	47,55	87,10	155,70	242,80	45—46	3,804	0,
46	249,374	337,146	586,520	17,61	23,81	41,42	87,82	144,74	232,56	46—47	3,710	0,
47	245,664	239,330	484,994	17,35	16,90	34,25	88,63	164,99	253,62	47—48	3,365	0,
48	242,299	122,858	365,157	17,11	8,68	25,79	89,25	132,08	221,33	48—49	3,253	0,
49	239,046	35,397	274,443	16,88	2,50	19,38	89,45	91,10	180,55	49—50	3,960	0,
50	235,086	3,586	238,672	16,60	0,25	16,86	89,74	16,38	106,12	50—51	4,596	0,
51	230,490	0,472	230,962	16,28	0,03	16,31	89,57	4,63	94,20	51—52	4,571	0,
52	225,919	0,075	225,994	15,95	0,01	15,96	89,09	1,10	90,19	52—53	4,694	0
53	221,225	0,044	221,269	15,62	0,01	15,63	87,99	0,81	88,80	53—54	4,462	0
54	216,763	0,006	216,769	15,31	*	15,31	87,42	0,70	88,12	54—55	5,578	0
55	211,191	*	211,191	14,92	*	14,92	84,19	0,70	84,89	55—56	4,311	0
56	206,880	*	206,880	14,61	*	14,61	88,48	0,38	88,86	56—57	7,839	0
57	199,061	*	199,061	14,06	*	14,06	89,23	0,25	89,48	57—58	5,064	0
58	193,997	*	193,997	13,70	*	13,70	89,60	0,12	89,72	58—59	6,943	0
59	187,054	—	187,054	13,21	—	13,21	94,23	—	94,23	59—60	10,692	0
60	176,362	—	176,362	12,46	—	12,46	91,22	—	91,22	60—61	7,519	0
61	168,843	—	168,843	11,92	—	11,92	89,18	—	89,18	61—62	7,754	0
62	161,089	—	161,089	11,38	—	11,38	86,62	—	86,62	62—63	7,390	0
63	153,699	—	153,699	10,85	—	10,85	70,72	—	70,72	63—64	9,393	0
64	144,306	—	144,306	10,19	—	10,19	80,40	—	80,40	64—65	6,771	0
65	137,535	—	137,535	9,71	—	9,71	78,25	—	78,25	65—66	9,465	0
66	128,070	—	128,070	9,04	—	9,04	73,12	—	73,12	66—67	12,962	0
67	115,108	—	115,108	8,13	—	8,13	69,32	—	69,32	67—68	9,618	0
68	105,490	—	105,490	7,45	—	7,45	69,25	—	69,25	68—69	9,499	0
69	95,991	—	95,991	6,78	—	6,78	68,88	—	68,88	69—70	6,694	0
70	89,297	—	89,297	6,31	—	6,31	67,00	—	67,00	70—71	6,233	0
71	83,064	—	83,064	5,87	—	5,87	70,25	—	70,25	71—72	8,255	0
72	74,809	—	74,809	5,28	—	5,28	74,75	—	74,75	72—73	9,791	0
73	65,018	—	65,018	4,59	—	4,59	81,75	—	81,75	73—74	8,714	0
74	56,304	—	56,304	3,98	—	3,98	79,60	—	79,60	74—75	7,217	0
75	49,087	—	49,087	3,47	—	3,47	81,38	—	81,38	75—76	13,407	
76	35,680	—	35,680	2,52	—	2,52	62,38	—	62,38	76—77	9,563	
77	26,117	—	26,117	1,84	—	1,84	59,00	—	59,00	77—78	8,227	

Таблица I (продолжение)

ная между двумя изобатами				Средняя крузизна ската			Объем сливной призмы					
льш. Севан		Все озеро					Малый Севан		Больш. Севан		Все озеро	
$км^2$	В % от нул. изобаты всего озера	$км^2$	В % от нул. изобаты всего озера	Малый Севан	Больш. Севан	Все озеро	$км^3$	В % от объема всего озера	$км^3$	В % от объема всего озера	$км^3$	В % от объема всего озера
5,904	1,18	20,501	1,44	1°29′	0°24′	0°35′	0,2734	0,47	0,6612	1,13	0,9346	1,60
7,462	1,26	20,294	1,45	1 49	0 24	0 33	0,2702	0,46	0,6441	1,10	0,9143	1,56
3,089	1,61	27,135	1,83	1 38	0 16	0 20	0,2673	0,46	0,6238	1,07	0,8911	1,53
3,606	2,30	35,557	2,51	1 43	0 12	0 20	0,2643	0,45	0,5959	1,02	0,8602	1,47
3,501	2,72	41,149	2,91	1 56	0 10	0 17	0,2615	0,45	0,5604	0,96	0,8219	1,41
7,213	3,34	50,955	3,60	1 21	0 08	0 14	0,2583	0,44	0,5175	0,89	0,7758	1,33
7,742	5,21	76,994	5,44	1 31	0 06	0 10	0,2548	0,44	0,4570	0,78	0,7118	1,22
8,033	5,86	86,837	6,13	1 19	0 06	0 09	0,2513	0,43	0,3787	0,65	0,6300	1,08
9,816	6,91	101,526	7,17	1 22	0 06	0 08	0,2475	0,43	0,2882	0,48	0,5357	0,91
11,472	8,22	119,837	8,46	1 31	0 04	0 07	0,2440	0,42	0,1811	0,29	0,4251	0,71
8,461	6,18	90,714	6,41	1 35	0 04	0 08	0,2407	0,42	0,0791	0,13	0,3198	0,55
3,811	2,25	35,771	2,52	1 18	0 06	0 17	0,2371	0,41	0,0195	0,03	0,2566	0,44
1,114	0,22	7,710	0,55	1 08	0 16	0 36	0,2328	0,40	0,0020	*	0,2348	0,40
0,397	0,02	4,648	0,35	1 07	0 25	1 04	0,2282	0,39	0,0003	*	0,2285	0,39
0,031	*	4,725	0,33	1 05	1 34	1 05	0,2236	0,38	0,0001	*	0,2237	0,38
0,038	*	4,500	0,32	1 08	1 06	1 08	0,2190	0,38	*	*	0,2190	0,38
*	*	5,578	0,39	1 02	*	1 02	0,2140	0,37	*	*	0,2140	0,37
*	*	4,311	0,31	1 09	*	1 09	0,2090	0,36	*	*	0,2090	0,36
*	*	7,839	0,55	0 39	*	0 39	0,2030	0,35	*	*	0,2030	0,35
*	*	5,064	0,36	1 01	*	1 01	0,1965	0,34	*	*	0,1965	0,34
*	*	6,943	0,49	0 46	*	0 46	0,1905	0,33	*	*	0,1905	0,33
	—	10,692	0,75	0 30	—	0 30	0,1817	0,31	—	—	0,1817	0,31
	—	7,519	0,54	0 41	—	0 41	0,1726	0,30	—	—	0,1726	0,30
	—	7,754	0,54	0 39	—	0 39	0,1650	0,28	—	—	0,1650	0,28
	—	7,390	0,53	0 37	—	0 37	0,1574	0,26	—	—	0,1574	0,26
	—	9,393	0,66	0 28	—	0 28	0,1490	0,25	—	—	0,1490	0,25
	—	6,771	0,48	0 40	—	0 40	0,1409	0,24	—	—	0,1409	0,24
	—	9,465	0,67	0 28	—	0 28	0,1328	0,23	—	—	0,1328	0,23
	—	12,962	0,91	0 18	—	0 18	0,1216	0,21	—	—	0,1216	0,21
	—	9,618	0,68	0 25	—	0 25	0,1103	0,19	—	—	0,1103	0,19
	—	9,499	0,67	0 31	—	0 31	0,1007	0,17	—	—	0,1007	0,17
	—	6,694	0,47	0 28	—	0 28	0,0926	0,15	—	—	0,0926	0,15
	—	6,233	0,44	0 38	—	0 38	0,0862	0,15	—	—	0,0862	0,15
	—	8,255	0,59	0 30	—	0 30	0,0789	0,13	—	—	0,0789	0,13
	—	9,791	0,69	0 27	—	0 27	0,0699	0,12	—	—	0,0699	0,12
	—	8,714	0,61	0 32	—	0 32	0,0607	0,10	—	—	0,0607	0,10
	—	7,217	0,51	0 39	—	0 39	0,0527	0,09	—	—	0,0527	0,09
	—	13,407	0,95	0 19	—	0 19	0,0424	0,07	—	—	0,0424	0,07
	—	9,563	0,68	0 22	—	0 22	0,0309	0,05	—	—	0,0309	0,05
	—	8,227	0,58	0 22	—	0 22	0,0220	0,04	—	—	0,0220	0,04

Глубина в метрах	Площадь изобаты в $км^2$			Площадь изобаты в % от площади нулевой изобаты всего озера			Длина изобаты в км.			Сливные призмы между изобатами	Площадь, Малый С	
	Малый Севан	Больш. Севан	Все озеро	Малый Севан	Больш. Севан	Все озеро	Малый Севан	Больш. Севан	Все озеро		$км^2$	В нул бат го
78	7,890	—	17,890	1,26	—	1,26	46,00	—	46,00	78—79	4,283	
79	3,607	—	13,607	0,97	—	0,97	37,50	—	37,50	79—80	3,538	
80	10,069	—	10,069	0,71	—	0,71	32,75	—	32,75	80—81	2,593	
81	7,476	—	7,476	0,53	—	0,53	28,00	—	28,00	81—82	1,867	
82	5,609	—	5,609	0,39	—	0,39	22,12	—	22,12	82—83	1,503	
83	4,106	—	4,106	0,29	—	0,29	16,75	—	16,75	83—84	1,699	
84	2,407	—	2,407	0,17	—	0,17	12,75	—	12,75	84—85	0,528	
85	1,879	—	1,879	0,13	—	0,13	12,00	—	12,00	85—86	0,354	
86	1,525	—	1,525	0,11	—	0,11	9,50	—	9,50	86—87	0,527	
87	0,998	—	0,998	0,07	—	0,07	9,00	—	9,00	87—88	0,650	
88	0,348	—	0,348	0,02	—	0,02	7,50	—	7,50	88—89	0,215	
89	0,133	—	0,133	0,01	—	0,01	6,00	—	6,00	89—90	0,017	
90	0,116	—	0,116	0,01	—	0,01	3,75	—	3,75	90—91	0,041	
91	0,075	—	0,075	0,01	—	0,01	3,00	—	3,00	91—92	0,017	
92	0,058	—	0,058	*	—	*	2,62	—	2,62	92—93	0,017	
93	0,041	—	0,041	*	—	*	1,00	—	1,00	93—94	0,018	
94	0,023	—	0,023	*	—	*	0,88	—	0,88	94—95	0,011	
95	0,012	—	0,012	*	—	*	0,75	—	0,75	95—96	0,006	
96	0,006	—	0,006	*	—	*	0,25	—	0,25	96—97	*	
97	*	—	*	*	—	*	0,10	—	0,10	97—98	*	
98	*	—	*	*	—	*	0,02	—	0,02	98—98,7	*	
98,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
									Итого	0—98,7	383,601	

Пояснения

1) Знак * показывает, что величина, соответствующая данной глубине или данному слою, больше нуля, но меньше принятого в таблице предела точности (касается площадей и объе либо несоизмерима (касается средних уклонов).
2) Таблица приведена к нулю глубин. В летние периоды 1928, 1929 и 1930 годов уровень подымался выше нуля глубин на 50 — 60 *см*. Ниже приводятся данные, позволяющие у избыток воды над нулем глубин в летние периоды.

Площадь 1-й горизонтали для всего озера . . . . . 1420,483 к

Объем слоя между нулевой изобатой и первой горизонталью (одно-метровой) 1,41825

Повышению уровня на 1 *дм* над нулем глубин соответствует увеличение объема на 0,1418

Таблица I (продолжение)

ная между двумя изобатами				Средняя крутизна ската			Объем сливной призмы					
льш. Севан		Все озеро					Малый Севан		Больш. Севан		Все озеро	
км²	В % от нул. изобаты всего озера	км²	В % от нул. изобаты всего озера	Малый Севан	Больш. Севан	Все озеро	км³	В % от объема всего озера	км³	В % от объема всего озера	км³	В % от объема всего озера
—	—	4,283	0,29	0°34′	—	0°34′	0,0157	0,03	—	—	0,0157	0,03
—	—	3,538	0,26	0 34	—	0 34	0,0118	0,02	—	—	0,0118	0,02
—	—	2,593	0,18	0 40	—	0 40	0,0088	0,02	—	—	0,0088	0,02
—	—	1,867	0,14	0 46	—	0 46	0,0065	0,01	—	—	0,0065	0,01
—	—	1,503	0,10	0 44	—	0 44	0,0049	*	—	—	0,0049	*
—	—	1,699	0,12	0 30	—	0 30	0,0033	*	—	—	0,0033	*
—	—	0,528	0,04	1 21	—	1 21	0,0021	*	—	—	0,0021	*
—	—	0,354	0,02	1 44	—	1 44	0,0017	*	—	—	0,0017	*
—	—	0,527	0,04	1 00	—	1 00	0,0013	*	—	—	0,0013	*
—	—	0,650	0,05	0 44	—	0 44	0,0007	*	—	—	0,0007	*
—	—	0,215	0,01	1 48	—	1 48	0,0002	*	—	—	0,0002	*
—	—	0,017	*	16 00	—	16 00	0,0001	*	—	—	0,0001	*
—	—	0,041	*	4 42	—	4 42	0,0001	*	—	—	0,0001	*
—	—	0,017	*	9 24	—	9 24	0,0001	*	—	—	0,0001	*
—	—	0,017	*	6 05	—	6 05	*	*	—	—	*	*
—	—	0,018	*	2 59	—	2 59	*	*	—	—	*	*
—	—	0,011	*	4 13	—	4 13	*	*	—	—	*	*
—	—	0,006	*	4 46	—	4 46	*	*	—	—	*	*
—	—	*	*	*	—	*	*	*	—	—	*	*
—	—	*	*	*	—	*	*	*	—	—	*	*
—	—	*	*	*	—	*	*	*	—	—	*	*
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
426	72,91	1416,027	100,00	0°53′9	0°14′1	0°32′7	19,5242	33,39	38,9497	66,61	58,4739	100

	Малый Севан	Большой Севан	Все озеро
Средняя глубина в *м*	50,9	37,7	41,3
Максимальная глубина в *м* . . .	98,7	58,7	98,7

Морфометрическа

Разности площадей, сре

Сливные призмы	Площадь, заключенная между двумя изобатами						Средн дву
	Малый Севан		Больш. Севан		Все озеро		
	км²	В % от нулевой изобаты всего озера	км²	В % от нулевой изобаты всего озера	км²	В % от нулевой изобаты всего озера	Малы Сева
				1)	Че	ро	е
0— 5	15,193	1,07	27,950	1,98	43,143	3,05	2°11
5—10	13,694	0,97	28,683	2,04	42,377	3,01	2 11
10—15	16,009	1,11	35,607	2,54	51,616	3,65	1 46
15—20	15,097	1,06	37,018	2,61	52,115	3,67	1 48
20—25	10,761	0,78	45,126	3,20	55,887	3,98	2 25
25—30	11,996	0,80	56,562	4,00	68,558	4,80	2 10
30—35	14,297	1,01	73,575	5,19	87,872	6,20	1 48
35—40	17,737	1,26	92,575	6,53	110,312	7,79	1 23
40—45	15,639	1,11	215,151	15,20	230,790	16,31	1 35
45—50	18,092	1,32	416,593	29,41	434,685	30,73	1 24
50—55	23,895	1,67	3,586	0,25	27,481	1,92	1 19
55—60	34,829	2,47	*	*	34,829	2,47	1 03
60—65	38,827	2,74	—	—	38,827	2,74	0 38
65—70	48,238	3,40	—	—	48,238	3,40	0 29
70—75	40,210	2,83	—	—	40,210	2,83	0 33
75—80	39,018	2,76	—	—	39,018	2,76	0 29
80—85	8,190	0,56	—	—	8,190	0,56	0 45
85—90	1,763	0,10	—	—	1,763	0,10	1 11
90—95	0,104	*	—	—	0,104	*	6 11
95—98, 7	0,012	*	—	—	0,012	*	8 56
				2)	Че	ро	е
0—10	28,887	2,04	56,633	4,02	85,520	6,06	2°12
10—20	31,106	2,17	72,625	5,15	103,731	7,32	1 49
20—30	22,757	1,58	101,688	7,20	124,445	8,78	2 11
30—40	32,034	2,27	166,150	11,72	198,184	13,99	1 11
40—50	33,731	2,43	631,744	44,61	665,475	47,04	1 29
50—60	58,724	4,14	3,586	0,25	62,310	4,99	0 58
60—70	87,065	6,14	—	—	87,065	6,14	0 39
70—80	79,228	5,59	—	—	79,228	5,59	0 29
80—90	9,953	0,66	—	—	9,953	0,66	1 06
90—98,7	0,116	*	—	—	0,116	*	9 11

Таблица 1а

блица озера Севан

е уклоны и объемы

он дна между батами		Объем сливной призмы					
		Малый Севан		Больш. Севан		Все озеро	
льш. еван	Все озеро	км³	В % от объема всего озера	км³	В % от объема всего озера	км³	В % от объема всего озера
	м е т р о в						
°28′	1°43′	1,8804	3,21	5,0870	8,71	6,9674	11,92
26	1 40	1,8070	3,09	4,9537	8,47	6,7607	11,56
09	1 20	1,7350	2,96	4,7831	8,19	6,5181	11,15
04	1 17	1,6536	2,84	4,6152	7,89	6,2688	10,73
50	1 09	1,5916	2,72	4,4196	7,56	6,0112	10,28
39	0 55	1,5339	2,63	4,1493	7,10	5,6832	9,73
29	0 41	1,4686	2,51	3,8379	6,57	5,3065	9,08
22	0 32	1,3849	2,37	3,4002	5,80	4,7851	8,17
11	0 16	1,3062	2,24	2,7547	4,72	4,0609	6,96
36	0 07	1,2205	2,11	0,9466	1,58	2,1671	3,69
42	1 02	1,1175	1,92	0,0024	*	1,1199	1,92
*	0 44	0,9808	1,69	*	*	0,9808	1,69
–	0 38	0,7849	1,33	—	—	0,7849	1,33
–	0 26	0,5581	0,95	—	—	0,5581	0,95
–	0 32	0,3484	0,59	—	—	0,3484	0,59
–	0 25	0,1229	0,21	—	—	0,1229	0,21
–	0 47	0,0256	0,03	—	—	0,0256	0,03
–	1 17	0,0040	*	—	—	0,0040	*
–	6 10	0,0003	*	—	—	0,0003	*
–	8 53	*	*	—	—	*	*
	м е т р о в						
27′	1°42	3,6874	6,30	10,0407	17,18	13,7281	23,48
06	1 21	3,3886	5,80	9,3983	16,08	12,7869	21,88
4	1 01	3,1255	5,35	8,5689	14,66	11,6944	20,01
5	0 36	2,8535	4,88	7,2381	12,37	10,0916	17,25
4	0 11	2,5267	4,35	3,7013	6,30	6,2280	10,65
9	0 55	2,0983	3,61	0,0024	*	2,1007	3,61
	0 31	1,3429	2,28	—	—	1,3429	2,28
	0 22	0,4713	0,80	—	—	0,4713	0,80
	1 03	0,0296	0,03	—	—	0,0296	0,03
	9 11	0,0003	*	—	—	0,0003	*

Таблица II

Суточное уменьшение глубины озера Севан в миллиметрах в зависимости от расхода воды в выводном канале

Примечания. 1) Таблица составлена для векового запаса воды в озере, т. е. без учета водного баланса, элементы которого преде в лах каждого изобатного слоя (сливной призмы) считаются величиной постоянной.
2) Для сливной призмы 1—0 (избыток воды над нулем глубин) данные, показанные в таблице для слоя 0—1, надо уменьшить на 0,7%.

Сливные призмы через 1 м.	При расходе в м³/сек.:																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
0—1	0,306	0,612	0,918	1,224	1,530	1,836	2,142	2,449	2,755	3,061	3,367	3,673	3,979	4,285	4,591	4,897	5,203	5,510	5,816	6,122
1—2	0,308	0,616	0,924	1,232	1,541	1,849	2,157	2,465	2,773	3,081	3,389	3,697	4,005	4,314	4,622	4,930	5,238	5,546	5,854	6,162
2—3	0,310	0,620	0,930	1,241	1,551	1,861	2,171	2,481	2,792	3,102	3,412	3,722	4,032	4,342	4,653	4,963	5,273	5,583	5,893	6,203
3—4	0,312	0,624	0,936	1,248	1,560	1,872	2,184	2,496	2,808	3,120	3,433	3,745	4,057	4,369	4,681	4,993	5,305	5,617	5,929	6,241
4—5	0,314	0,628	0,941	1,255	1,569	1,883	2,197	2,510	2,824	3,138	3,452	3,765	4,079	4,393	4,707	5,021	5,335	5,649	5,963	6,276
5—6	0,316	0,631	0,947	1,263	1,578	1,894	2,209	2,525	2,840	3,156	3,472	3,787	4,103	4,418	4,734	5,049	5,365	5,681	5,997	6,312
6—7	0,318	0,635	0,953	1,270	1,588	1,905	2,222	2,540	2,858	3,175	3,493	3,810	4,128	4,445	4,763	5,081	5,398	5,716	6,033	6,351
7—8	0,319	0,639	0,958	1,278	1,597	1,916	2,236	2,556	2,875	3,195	3,514	3,833	4,153	4,472	4,792	5,111	5,431	5,750	6,070	6,389
8—9	0,321	0,643	0,964	1,286	1,607	1,928	2,250	2,571	2,893	3,214	3,535	3,857	4,178	4,500	4,822	5,143	5,464	5,785	6,107	6,429
9—10	0,324	0,647	0,970	1,294	1,618	1,941	2,264	2,587	2,911	3,235	3,559	3,883	4,206	4,530	4,853	5,176	5,500	5,824	6,147	6,471
10—11	0,326	0,652	0,978	1,304	1,630	1,956	2,282	2,608	2,935	3,261	3,587	3,913	4,239	4,565	4,892	5,217	5,543	5,869	6,195	6,521
11—12	0,329	0,658	0,986	1,315	1,644	1,973	2,302	2,631	2,960	3,289	3,617	3,946	4,275	4,604	4,933	5,262	5,591	5,919	6,248	6,577
12—13	0,332	0,663	0,994	1,326	1,658	1,989	2,321	2,652	2,984	3,316	3,648	3,980	4,311	4,642	4,974	5,306	5,637	5,969	6,300	6,631
13—14	0,334	0,668	1,003	1,337	1,671	2,005	2,339	2,673	3,007	3,341	3,675	4,009	4,343	4,677	5,012	5,346	5,680	6,014	6,348	6,682
14—15	0,337	0,672	1,009	1,346	1,683	2,019	2,355	2,692	3,029	3,366	3,702	4,039	4,375	4,711	5,048	5,384	5,721	6,057	6,394	6,731
15—16	0,339	0,678	1,017	1,356	1,695	2,034	2,373	2,712	3,051	3,391	3,730	4,069	4,408	4,747	5,086	5,425	5,764	6,103	6,442	6,781
16—17	0,342	0,684	1,025	1,367	1,709	2,051	2,393	2,735	3,076	3,417	3,759	4,101	4,443	4,784	5,126	5,468	5,810	6,152	6,494	6,835
17—18	0,345	0,689	1,033	1,378	1,723	2,067	2,412	2,756	3,101	3,446	3,790	4,135	4,479	4,823	5,168	5,512	5,857	6,202	6,546	6,891
18—19	0,347	0,694	1,042	1,389	1,737	2,084	2,431	2,778	3,126	3,473	3,820	4,167	4,514	4,862	5,210	5,557	5,904	6,251	6,598	6,946

22—23	0,359	0,718	1,077	1,436	1,795	2,154	2,513	2,872	3,231	3,590	3,949	4,308	4,667	5,026	5,384	5,743	6,102	6,462	6,820	7,179
23—24	0,362	0,724	1,086	1,448	1,812	2,174	2,536	2,898	3,260	3,624	3,986	4,348	4,711	5,073	5,435	5,797	6,160	6,522	6,885	7,247
24—25	0,367	0,733	1,100	1,466	1,833	2,200	2,566	2,932	3,299	3,665	4,032	4,399	4,766	5,132	5,498	5,865	6,232	6,598	6,965	7,331
25—26	0,371	0,742	1,113	1,484	1,856	2,227	2,598	2,970	3,341	3,713	4,084	4,455	4,826	5,197	5,569	5,940	6,311	6,683	7,054	7,425
26—27	0,376	0,752	1,128	1,504	1,879	2,255	2,630	3,005	3,381	3,757	4,132	4,508	4,884	5,260	5,636	6,012	6,387	6,762	7,138	7,514
27—28	0,380	0,760	1,140	1,520	1,900	2,280	2,660	3,040	3,420	3,799	4,179	4,559	4,939	5,319	5,699	6,079	6,459	6,839	7,219	7,599
28—29	0,385	0,769	1,154	1,538	1,923	2,307	2,692	3,076	3,461	3,845	4,230	4,614	4,999	5,383	5,768	6,152	6,537	6,922	7,306	7,690
29—30	0,389	0,779	1,168	1,558	1,947	2,336	2,726	3,116	3,505	3,895	4,284	4,674	5,063	5,452	5,842	6,231	6,620	7,009	7,399	7,789
30—31	0,395	0,789	1,184	1,578	1,973	2,367	2,762	3,158	3,552	3,946	4,340	4,735	5,130	5,524	5,919	6,313	6,708	7,103	7,498	7,892
31—32	0,400	0,800	1,200	1,600	2,000	2,401	2,801	3,201	3,601	4,002	4,402	4,802	5,203	5,603	6,003	6,403	6,804	7,204	7,604	8,004
32—33	0,407	0,813	1,220	1,626	2,033	2,439	2,846	3,252	3,659	4,066	4,472	4,879	5,285	5,692	6,098	6,505	6,912	7,318	7,725	8,131
33—34	0,414	0,827	1,241	1,654	2,068	2,481	2,895	3,308	3,722	4,136	4,549	4,963	5,377	5,790	6,203	6,617	7,031	7,444	7,858	8,271
34—35	0,421	0,843	1,264	1,686	2,107	2,528	2,950	3,372	3,794	4,215	4,636	5,058	5,480	5,901	6,322	6,743	7,164	7,584	8,005	8,429
35—36	0,431	0,862	1,293	1,724	2,155	2,586	3,017	3,448	3,879	4,310	4,741	5,172	5,603	6,034	6,465	6,896	7,327	7,758	8,189	8,619
36—37	0,442	0,883	1,325	1,766	2,208	2,650	3,091	3,532	3,974	4,416	4,857	5,298	5,740	6,182	6,624	7,066	7,508	7,949	8,391	8,832
37—38	0,452	0,904	1,356	1,808	2,260	2,712	3,164	3,616	4,068	4,521	4,973	5,425	5,877	6,329	6,781	7,233	7,685	8,137	8,589	9,041
38—39	0,462	0,924	1,386	1,848	2,311	2,773	3,235	3,697	4,159	4,622	5,084	5,546	6,009	6,472	6,934	7,396	7,858	8,320	8,782	9,244
39—40	0,472	0,945	1,417	1,890	2,362	2,835	3,307	3,780	4,252	4,725	5,197	5,670	6,143	6,616	7,088	7,560	8,032	8,505	8,977	9,450
40—41	0,485	0,970	1,454	1,939	2,424	2,909	3,393	3,878	4,363	4,848	5,333	5,817	6,302	6,787	7,272	7,757	8,242	8,727	9,212	9,696
41—42	0,502	1,004	1,507	2,009	2,511	3,013	3,516	4,018	4,520	5,022	5,524	6,026	6,528	7,031	7,533	8,035	8,537	9,039	9,542	10,044
42—43	0,526	1,051	1,577	2,102	2,628	3,153	3,679	4,204	4,730	5,256	5,781	6,307	6,833	7,359	7,884	8,410	8,936	9,461	9,986	10,512
43—44	0,557	1,114	1,670	2,227	2,784	3,341	3,898	4,455	5,011	5,568	6,125	6,682	7,239	7,796	8,353	8,910	9,467	10,023	10,580	11,137
44—45	0,607	1,214	1,821	2,428	3,035	3,642	4,249	4,856	5,462	6,069	6,676	7,283	7,890	8,497	9,104	9,711	10,318	10,924	11,531	12,138
45—46	0,686	1,372	2,057	2,743	3,429	4,115	4,801	5,486	6,172	6,857	7,543	8,229	8,915	9,600	10,286	10,972	11,657	12,343	13,029	13,714
46—47	0,806	1,613	2,419	3,226	4,032	4,839	5,645	6,451	7,257	8,064	8,870	9,677	10,484	11,290	12,097	12,904	13,710	14,516	15,322	16,128
47—48	1,016	2,032	3,049	4,065	5,081	6,097	7,113	8,130	9,146	10,162	11,178	12,194	13,211	14,227	15,244	16,260	17,276	18,292	19,308	20,325
48—49	1,351	2,712	4,052	5,403	6,754	8,105	9,456	10,806	12,157	13,508	14,859	16,210	17,561	18,912	20,263	21,614	22,964	24,315	25,666	27,017
49—50	1,684	3,367	5,051	6,734	8,418	10,101	11,785	13,468	15,151	16,835	18,519	20,203	21,887	23,570	25,253	26,937	28,621	30,304	31,988	33,671

Таблица III

Промежуток времени в сутках, втечение которого глубина озера Саван изменяется на 1 м в зависимости от заданного расхода воды в выводном канале

Примечания: 1) Таблица составлена для векового запаса воды в озере, т. е. без учета изменения водного баланса.

2) Данные для сливной призмы 1—0 (избыток воды над нулем глубин) можно принять равными значениям, показанным для сливной призмы 0—1

Сливные призмы через 1 м	При расходе в м³/сек.:																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
0— 1	3267	1634	1089	817	653	544	467	408	363	327	297	272	251	234	218	204	192	182	172	163
1— 2	3246	1623	1082	812	649	541	464	406	361	325	295	270	250	232	216	203	191	180	171	162
2 - 3	3224	1612	1075	806	645	538	461	403	358	322	293	269	248	230	215	202	190	179	170	161
3— 4	3205	1602	1068	801	641	534	458	400	356	320	291	267	247	229	214	200	189	178	169	160
4— 5	3187	1593	1062	796	637	531	455	398	354	319	289	266	245	228	212	199	187	177	168	159
5— 6	3168	1584	1056	792	634	528	453	396	352	317	288	264	244	226	211	198	186	176	167	158
6— 7	3149	1575	1050	788	630	525	450	394	350	315	286	262	242	225	210	197	185	175	166	158
7— 8	3130	1565	1043	782	626	522	447	391	348	313	285	261	241	224	209	196	184	174	165	156
8— 9	3111	1556	1037	778	622	518	444	389	346	311	283	259	239	222	207	194	183	173	164	156
9—10	3091	1545	1030	772	618	515	442	386	343	309	281	258	238	221	206	193	182	172	163	154
10—11	3067	1533	1022	766	613	511	438	383	341	307	279	256	236	219	204	192	180	170	161	153
11—12	3041	1520	1014	760	608	507	434	380	338	304	277	254	234	217	203	190	179	169	160	152
12—13	3016	1508	1005	754	603	502	431	377	335	302	274	251	232	216	201	188	177	168	159	151
13—14	2993	1497	998	748	599	499	428	374	333	299	272	250	230	214	200	187	176	166	158	150
14—15	2971	1486	990	743	594	495	424	372	330	297	270	248	229	212	198	186	175	165	156	149
15—16	2949	1475	983	738	590	492	421	369	328	295	268	246	227	210	197	184	173	164	155	148
16—17	2926	1463	975	732	585	488	418	366	325	293	266	244	225	209	195	183	173	162	154	146
17—18	2902	1451	967	726	580	483	415	363	322	290	264	242	223	208	193	182	171	161	153	145

21—22	2810	1405	937	702	562	468	401	351	312	281	255	234	216	200	187	176	165	156	148	140
22—23	2786	1393	929	696	557	464	398	348	310	277	253	232	214	199	186	174	164	155	147	139
23—24	2760	1380	920	690	552	460	394	345	307	276	251	230	212	197	184	172	162	154	145	138
24—25	2728	1364	909	682	546	454	390	341	303	273	248	227	210	195	182	170	160	152	144	136
25—26	2694	1346	898	673	539	449	385	336	299	269	245	224	207	192	180	168	158	150	142	135
26—27	2662	1331	887	666	532	444	380	333	298	266	242	222	205	190	177	166	157	149	140	133
27—28	2632	1316	877	658	526	438	376	329	292	263	239	219	202	188	175	164	155	146	138	132
28—29	2601	1300	867	650	520	434	372	325	289	260	236	217	200	186	173	162	153	144	137	130
29—30	2568	1284	856	642	514	428	367	321	285	257	233	214	198	184	171	160	151	142	135	128
30—31	2534	1267	845	634	507	422	362	317	282	253	230	211	195	181	169	158	149	141	133	127
31—32	2499	1250	833	625	500	416	357	312	278	250	227	208	192	178	167	156	147	139	132	125
32—33	2460	1230	820	615	492	410	351	308	273	246	224	205	189	176	164	154	145	136	130	123
33—34	2418	1209	806	604	484	403	345	302	269	242	220	202	186	172	161	151	142	134	127	121
34—35	2373	1186	791	593	475	396	339	296	264	237	216	198	183	170	158	148	140	132	125	119
35—36	2320	1160	773	580	464	386	331	290	258	232	211	193	178	166	155	145	136	129	122	116
36—37	2265	1132	755	566	453	378	324	283	252	226	206	189	174	162	151	142	133	126	119	113
37—38	2212	1106	737	553	442	368	316	276	246	221	201	184	170	158	147	138	130	123	116	111
38—39	2164	1082	721	541	433	360	309	270	240	216	197	180	166	154	144	135	127	120	114	108
39—40	2116	1058	705	529	423	352	302	264	235	212	192	176	163	151	141	132	124	118	111	106
40—41	2063	1032	688	516	413	344	295	258	229	206	188	172	159	148	138	129	121	114	109	103
41—42	1991	996	664	498	398	332	284	249	221	199	181	166	153	142	133	124	117	110	105	100
42—43	1903	952	634	476	381	317	272	238	211	190	173	158	146	136	127	119	112	106	100	95
43—44	1796	898	599	449	359	300	257	224	200	180	163	150	138	128	120	112	106	100	95	90
44—45	1648	824	549	412	330	274	235	206	183	165	150	137	127	118	110	103	97	92	87	82
45—46	1458	729	486	364	291	243	208	182	162	146	133	122	112	104	97	91	86	81	77	73
46—47	1240	620	413	310	248	206	177	155	138	124	113	103	95	88	83	78	73	69	65	62
46—48	985	492	328	246	197	164	141	123	109	98	90	82	76	70	66	62	58	54	52	49
48—49	740	370	247	185	148	124	106	92	82	74	67	62	67	53	49	46	44	41	39	37
49—50	594	297	198	148	119	99	87	74	66	59	54	50	46	44	40	37	35	33	31	30

HYDROGRAPHICAL SURVEY OF THE LAKE SEVAN

by I. A. Kireev

Summary

The hydrographical survey of the lake Sevan was conducted from august 1928 up to december 1930.

The geodetic basis represents an incircling the lake trigonometrical net computed on Bessel's spheroid in the Poolkovo system. On the whole 110 trigonometrical points were fixed.

On the basis of the trigonometrical net, surrounding the whole lake, a line was run computed on Hauss-Krüger's system. The total length of the polygonal run was 250 km, 90 km of which were run by level and tape, and 160 km with Wilde's 1'' theodolite with application of geodetic levelling controlled by sections to the horizon of the lake, to what purpose the data of its level fluctuations were used.

The line was joined by fractions between two trigonometrical points. The average length of a fraction was 6 km. The differences of the polygons run by tape were on the average about 1:2000; the average difference of polygons run with Wilde's theodolite — about 1:3000. The altidudinal errors proved satisfactory.

The coast-line survey was limited, generally taken up to the mark of 5 m above the sea level. At the western shore of Minor Sevan the survey reached the mark of 20 m. Its statute mile is 1:10000.

In the littoral zone, in the limits of 20—20 m, boat soundings were made. The hauls were divided into 200 m, in some regions this distance was shortened to 100—50 m. Down to the depth of 5—6 m the soundings were taken with a graduated sounding rod (a bamboo pole), at greater depths a hemp leadline was used. The coordination of the soundings was attained by the intersection method with two 1' theodolites set on fixed points upon the shore. The intersections were done at a signal from the boat every 4 minutes. During the soundings a temporal hydrometrical post was set and the level height registered every 10 minutes. The total number of sounding points reached 52000; the depths of about 6000 of them were measured in bays, shoals and banks, where their location was fixed with a sextant.

In depths exceeding 20—22 m, soundings were taken from a ship. As there was little time given for this work, the soundings were taken with a wire sounding machine, whilst going. The correction for the leadline shifting was done experimentally at the time of the sounding itself.

The work was generally done with Thomson's leadline on a counter, partially the work was carried on with Nauman's counter, which proved less reliable on move, in consequense of the comparatively light weight (4,8 kg). The reliability of measuring depths on move reached ±0,9 m. By waves higher than 2 balls or by strong wind the shifting leadline correction varied between the limits of ±1,5 to ±2 m and in general grew less reliable. The total number of measured depths is about 3 350.

Boat soundings were followed by b o t t o m determination „on striking" after a simplified scheme (stones, flags or so called conglomerate, sand,mud). By soundings from the ship, the bottom was determined by taking samples only during depth soundings when the ship was stopped; thus the bottom of the Čubuhly bay (north-western part of Minor Sevan) is thoroughly investigated.

The c h a r t of depth soundings is drawn in the scale of 1 : 100 000, the isobaths are drawn after every 1 m. The maximal depth found in Minor Sevan is — 98,7 m. Its average depth — 41,2 m.

The central plain of Great Sevan is expressed by the isobath. 40—41 m. The bottom in M. Sevan abounds in rough places and the central area only to some extent can be expressed by the isobath of 65—70 m.

In the strait between the peninsula Ada-tapa and Noraduz the depth does not exceed 38,5 m, but to the east of the Uč-daš — Noraduz line a cavity of about 59 m. depth was found. Thus on lowering the sea level down to the depth of 50 m no difficulties for the utilization of the Great Sevan basin are to be met with.

The bottom relief of the lake greatly reminds of the bordering coast relief; to the east the slopes abruptly descend to a great depth, whereby the isobath-direction parallel to the coast-line, corresponds to the direction of the watershedding line of the folding ridges of Šah-dag. On the western shores the slopes are less steep than those of the eastern ones in general, especially at the mouth of Kiavar-čaj, the silting of which has played a great part in the formation of the submerged relief. The silting influence of Adiaman-čaj and Balyk-čaj is less; at the other inlets in the lake this influence is hardly to be seen.

In the region of Norašen in Minor Sevan and at the southern shores of Great Sevan lava-tongues protrude into the lake for 3—4 km.

The lake a r e a is 1 416 sq. km. The water volume — 58,5 sq. km. Detailed morphometrical data are given on tables (I, II and III).

The depths are expressed in zero, the altitude of which is computed in 1929 by precise levelling done by the Transcaucasian Geodetic Survey and gives 1 916,09 m above the Black Sea level. Thus according to the latest data the l a k e l e v e l proved to be 8,8 m lower than show the

computation data of geodetic levelling at the trigonometrical points carried out at the Transcaucasian triangulation work in 1848—53.

The joined two charts of hydroisogips are mapped on the levelling data of about 250 wells in Ordaklu. It appears that the ground water level, although dependent from the lake level, unequally fluctuates at a small distance. The groundwaters in the district of the Ordaklu village are evidently of mixed origin; the water partially percolates from the lake and is partially of an infiltrating character.

Together with the running of lines with Wilde's theodolite, some observations on the refraction coefficient determination were done, the ocular ray, passing 1—3 m above ground. The coefficient k is mostly negative and its most probable mean value equals minus 0,08. On the contrary at a considerable distance of the ocular ray from the ground surface, the coefficient k becomes a great positive value — more than 0,20.

ИНСТРУКЦИЯ

ДЛЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ НА ОЗЕРЕ СЕВАН

1929 г.

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

§ 1. Гидрографические работы выполняются для составления батиметрической карты озера до глубины в 20 *м* [1]) с целью производства расчетов площадей и объемов сливных призм через 1 *м*.

Сверх того предусматривается выполнение дополнительных работ, связанных с другими заданиями Севанского бюро, как то: нивелировка шурфов и колодцев, увязка нулей водомерных постов и проч.

§ 2. В основу гидрографической съемки кладется магистральный ход, замыкаемый вокруг всего озера и привязанный к тригонометрической сети. Береговая полоса снимается в ограниченных пределах. Для составления карты глубин производится систематический шлюпочный промер.

Во избежание параллелизма и для достижения наибольшего выигрыша во времени и в средствах поддерживается тесная связь с Наркомземом ССРАрмении с целью совместного выполнения триангуляции.

Все работы выполняются на основании существующих технических инструкций ГГУ и НКПС; в настоящей же инструкции конкретизируются некоторые технические указания и вводятся необходимые изменения, применительно к местным условиям и особым заданиям Бюро.

§ 3. В состав основных гидрографических работ входят:

а) триангуляция,
б) проведение магистрали,
в) мензульная съемка береговой полосы,
г) шлюпочный промер и
д) обработка материалов.

I. ТРИАНГУЛЯЦИЯ

а) ОБЩИЙ ПЛАН РАБОТ

§ 4. План триангуляции, выработанный Севанским Бюро и предусматривающий привязку к государственной сети (к стороне Ахдаг—Гюзальдара), по техническим условиям не может быть осуществлен в 1929 г. и предлагается новый план, применительно к работам Наркомзема, а именно:

а) исходной стороной является сторона Кетандаг—Кызылдаг (п.п.1 кл. триангуляции Сердюка 1898—1899 гг.);

---

[1]) Вопрос о составлении карты для глубин свыше 20 *м* остается открытым и правила производства судового промера в инструкцию не включены.

б) пункты, определенные Наркомземом в 1928 г. на северо-западном побережье Малого Севана и привязанные к упомянутому в п. „а" базису, подлежат использованию в гидрографических работах Бюро;

в) тригонометрическая сеть проводится совместно с Наркомземом вокруг всего озера и имеет вид замкнутого полигона, причем в 1929 г. работы выполняются в пределах М. Севана, а в 1930 г.—по побережью Б. Севана; впредь до окончательного уравновешивания для принятого масштаба съемки (1:10000) допускается применение рабочих координат;

г) поскольку отсутствует привязка к государственной сети, сохраняет силу принятая в Наркомземе система вычисления триангуляции на сфероиде Вальбека;

д) в 1930 г. производится привязка к государственной сети с последующим перевычислением всей сети на сфероиде Бесселя и Пулковской системе.

§ 5. Ход триангуляционных работ, построенных на изложенных выше основаниях, регулируется в каждом отдельном случае особыми соглашениями, причем с технической стороны в части, касающейся надобностей Бюро, учитываются следующие основные соображения:

а) съемка производится в узкой прибрежной полосе и базируется на полигональном ходе (магистрали), поэтому нет надобности сгущать сеть сверх пределов, установленных для уравновешивания участков магистрали (§ 24);

б) там, где тригонометрические пункты основного ряда, определяемые на средства и для надобностей Наркомзема, располагаются на вершинах гор, как, напр., на Гюнейском берегу М. Севана, вследствие чего они не могут быть использованы гидрографическими работами,— на средства Бюро определяются дополнительные пункты;

в) там, где основной ряд проводится на средства Бюро, пункты III кл. по мере возможности, должны совпадать с углами магистрали, именуемыми в дальнейшем в е х а м и.

б) ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

§ 6. Для однообразия на всех пунктах Бюро применяется система обозначения центров, установленная Наркомземом ССР Армении, т. е. закладка тесаных камней с заливкой внутренних центров свинцом и с крестообразными насечками на наружных центрах.

§ 7. Сигналами, согласно инструкции НКЗ, служат так называемые „туры", складываемые из камней в виде пирамиды, высотой от 2,5 до 3 *м*, вокруг деревянного шеста с флагом, причем шест устанавливается на наружном центре в строго вертикальном положении. Туры, для лучшей видимости, окрашиваются известью.

В случае надобности использовать данный пункт для каких-либо наблюдений, тур разбирают, но ни в коем случае не оставляют его по окончании наблюдений в разобранном виде.

При всякого рода наблюдениях визируется основание тура, поэтому при сборке тура, выполняемой не иначе, как под наблюдением техника основание должно иметь правильную круговую форму; во всех случаях проверяется вертикальность шеста и, при отсутствии извести, снаружи укладывают ранее закрашенные камни.

§ 8. Наблюдения и их обработка производятся в порядке, установленном инструкциями НКЗ, с той разницей, что геодезическое нивелирование на пунктах Бюро является обязательным и, в случае особой спешности, может быть отменено лишь на тех пунктах, которые захватываются технической нивелировкой Бюро.

II. ПРОВЕДЕНИЕ МАГИСТРАЛИ

§ 9. В понятие о проведении магистрали входят следующие работы:

а) разбивка магистрали с закреплением вех на местности,
б) измерение горизонтальных углов,
в) пикетаж и промер лентой,
г) точная техническая нивелировка и
д) привязка к тригонометрической сети.

а) РАЗБИВКА МАГИСТРАЛИ

§ 10. Для предварительного ознакомления с местностью и для общей ориентировки служит одноверстка с нанесенными на ней тригонометрической сетью Бюро и НКЗ и схемой распланировки планшетов.

§ 11. По мере возможности, каждый участок магистрали должен быть однородным в отношении длины сторон, вытянутости хода и отсутствия крутых изломов (свыше 30°). В Малом Севане подобные благоприятные условия будут встречаться лишь в виде редкого исключения; но во всяком случае, независимо от местных условий, при разбивке магистрали соблюдаются следующие основные требования:

а) с каждой вехи должны быть видны две соседние вехи; лучше всего, если видны площадки вех; во всяком случае та часть вешки, установленной на соседней вехе, которая закрыта местными препятствиями, не должна быть больше полуметра;

б) расположение тригонометрических пунктов, к которым привязывается магистраль, ни в коей мере не должно влиять на распланировку магистрали в ущерб основным требованиям;

в) по меньшей мере одна сторона магистрали, расположенной в пределах данного планшета, должна иметь длину 600—650 *м*, чтобы удовлетворять условиям, соответствующим понятию о базисе для мензульной съемки;

г) магистраль ведется как можно ближе к берегу, причем крайне желательно с каждой вехи видеть береговую черту; однако главное внимание обращается на удобство нивелирования и промера лентой и ради облегчения условий выполнения этих основных работ, от точности которых зависит результат всей съемки, можно и удаляться от берега;

д) при значительной изрезанности береговой черты (в районе Александровка — Айриванк), магистраль проводится вытянутым ходом без крутых изломов, но на оконечности мысов ведутся висячие ходы; точно также не реже, чем через каждые 500 *м*, проводятся к берегу висячие ходы во всех случаях, когда с вех магистрали не видно береговой черты;

г) стороны магистрали не должны быть длиннее одного километра.

§ 12. Места вех назначаются с таким расчетом, чтобы при повышении уровня вехи не оказались под водой. При пикетаже разрешается пересекать зеркало озера, на глубине менее 0,5 *м*, если это влечет к спрямлению и упрощению хода, проведенного по береговой платформе, но длина проведенного по воде участка не должна быть больше предельного расстояния между пикетами (100 *м*). В особо трудных условиях, когда нет возможности пройти с лентой под высоким скалистым берегом, магистраль разбивается с таким расчетом, чтобы хотя бы с помощью шлюпки можно было, перебираясь с камня на камень, пронивелировать недоступный участок, а расстояния впоследствии измеряются как недоступные; при этом, если вехи, между которыми нахо-

дится препятствие, взаимно не видны, то их места определяются по задаче Потенота двумя приемами; чтобы в подобных условиях избежать проведения магистрали высоко над озером, что связано с чрезмерным удлинением работы и ухудшением качества нивелировки, рекомендуется взрывать препятствия динамитом или бетонировать площадки для установки нивелира.

§ 13. Места вех попутно с разбивкой магистрали закрепляются на местности железо-бетонными знаками установленного в Бюро типа „В". Знак представляет собой стержень из пруткового железа диаметром 2—2,5 *см* и длиной от 25 до 40 *см*; короткие стержни применяются на твердом грунте, длинные — на рыхлом. На верхней грани гладко отпиленного стержня набивается точка (1—1,5 *мм*) представляющая центр вехи, а нижний конец раздваивается. В зависимости от твердости грунта вырывается яма глубиной от 0,5 до 1 *м*; дно ямы и ее стенки плотно забиваются камнями, после чего яма с вертикально установленным в нее стержнем заливается цементом. Правильность установки стержня проверяется ватерпасом. По наружному виду веха представляет гладкую бетонированную площадку (в уровень с землей) с железным кружком посередине; после усыхания бетона конец стержня не должен выступать более, чем на полсантиметра. На площадке вехи накрашивается рабочий номер.

§ 14. Там, где по местным условиям нельзя установить железобетонные знаки, применяется система крестообразных насечек на скалах (предпочтительнее на базальтах).

§ 15. При разбивке магистрали ведется абрис с описанием местоположения вех и вида знаков (насечка или железо-бетон), с указанием румбов по буссоли и глазомерно определенного расстояния между вехами; последнее проставляется лишь в том случае, если разбивка магистрали не сопровождается непосредственно пикетажем.

б) ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ

§ 16. Горизонтальные углы между сторонами магистрали измеряются 30″ теодолитом двумя приемами с подсчетом внутренних (обращенных в сторону озера) углов в поле и с повторным измерением при расхождении между приемами свыше 10″. Место вехи обозначается хорошо выверенными двухметровыми вешками диаметром 2,5—3 *см*, снабженными острыми металлическими наконечниками с простейшими отвесами. Всегда, когда возможно, визируется основание вехи.

в) ПИКЕТАЖ

§ 17. Расстояния измеряются лентой в 2 хода с разбивкой пикетов по рельефу, т. е. с обозначением характерных перегибов местности при наименьшем расстоянии в 15 *м* и при наибольшем — в 100 *м*. На ровной местности пикеты разбиваются через 100 *м*. Соблюдаются общепринятые нормы предельных расхождений между двумя измерениями. В пикетажную книжку заносится результат обоих измерений в виде дроби. За отсутствием динамометров и марок, измерение производится простейшим способом, но не иначе, как под непосредственным наблюдением техника. На рыхлом грунте пикеты обозначаются колышками, а на скалистом — крестообразными насечками; сторожки не забиваются и заменяются сложенными кучками камней.

г) НИВЕЛИРОВКА МАГИСТРАЛИ

§ 18. Нивелировка производится по пикетам в 2 хода или раздельным невилированием двумя техниками.

§ 19. Нивелировка производится из середины, причем работа нивелиром Эго выполняется с перекладыванием трубы и с отсчетом по средней нити, а при работе глухим нивелиром Берга отсчет делается по трем нитям и за результат принимается среднее арифметическое из трех отсчетов (конечно, при условии, что предварительно произведена тщательная поверка нитей).

§ 20. На связующих точках рейки устанавливаются на башмаки.

§ 21. При отсутствии круглых уровней, при отсчетах свыше 0,6 *м* применяется качание реек.

§ 22. Во всех случаях, когда работа выполняется в полевой обстановке (с ночевкой в палатке) и когда распределение рабочего дня не вызывает особых осложнений, в солнечные дни предпочтительнее прерывать работу с 11 до 14 ч. Во всяком случае, при неспокойных изображениях, расстояние между инструментом и рейкой не должно превышать 25 *м*; если и эта мера не позволяет делать отсчеты с точностью до 1 *мм*, то нивелировка прекращается. Работа каждого дня заканчивается на вехе.

§ 23. Во избежание промахов и для уточнения результатов соблюдаются следующие основные требования:

а) при нивелировке вторым ходом наблюдатель имеет при себе превышения первого хода; расхождения между ходами на каждом отдельном пикете не должны превышать двух миллиметров, в противном случае нивелировка второго хода повторяется;

б) в тихую погоду, при колебаниях уровня озера не свыше 2 *см*, производятся срезки при стоянке на вехе или на пикете вблизи озера; там где производится поперечная нивелировка, достачно одной срезки на участке в 5 *км*; при отсутствии же поперечной нивелировки, срезки желательно производить не реже, чем через каждые 2 *км*.

д) ПРИВЯЗКА К ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

§ 24. Магистраль привязывается к тригонометрическим пунктам по участкам, диагональ которых не должна превышать 8 *км*. Наименьшие пределы, конечно, не указываются, и при значительной густоте сети, проведенной по побережью, привязка производится к каждому тригонометрическому пункту.

§ 25. При измерении примычных углов берется не менее двух и не более трех направлений на тригонометрические пункты с последующей поверкой ориентировки.

§ 26. Примычный ход ведется с ближайшей к данному пункту вехи; если с данной вехи пункт не виден, то в примычный ход включается столько добавочных вех, сколько потребуется. Примычный ход можно вести и с более удаленной от пункта вехи, если это выгодно для условий нивелировки и промера лентой; но длина хода, по возмажности, не должна быть больше 1 *км*.

§ 27. Примычный ход рассматривается как участок магистрали, и все работы по измерению углов, пикетажу и нивелировке выполняются на нем на общих основаниях. При недоступности тригонометрического пункта и при одновременном наличии предельного расстояния (§ 24), взамен проведения примычного хода применяется способ Потенота; при этом, если задача может быть решена приемами плоской тригонометрии,

то наблюдения производятся тем же 30″ теодолитом двумя приемами; при расстояниях же до опорных точек свыше 8 *км*, пункт рассматривается как дополнительный и определяется в порядке триангуляции, в плане которой должно быть предусмотрено своевременное устранение подобных пробелов.

е) ПРОВЕДЕНИЕ РАЗВЕТВЛЕНИЙ И ВИСЯЧИХ ХОДОВ

§ 28. Всякого рода висячие ходы (§ 11д), подобно примычным ходам, рассматриваются, как участки магистрали. На коротких ходах, при периметре менее 200 *м* и при числе вех менее трех, на последней вехе ограничиваются измерением примычного угла на какой либо тригонометрический пункт, без измерения расстояния до этого пункта; в более сложных случаях последняя веха определяется по задаче Потенота, или же ход становится разветвлением, если без особой затраты времени можно привязаться к ближайшей вехе основной магистрали.

IV. МЕНЗУЛЬНАЯ СЪЕМКА

а) ПРЕДЕЛЫ И МЕТОДЫ СЪЕМКИ

§ 29. Мензульная съемка производится лишь в прибрежной полосе до отметки в 20 *м* над уровнем озера в масштабе 1:10000, но по сметным соображениям и в соответствии с заданиями Бюро, в изъятие из общих правил съемка уточняется лишь в пределах до 5 *м* горизонтали с проведением здесь горизонталей через 1 *м*; между отметками 5—20 *м* горизонтали проводятся через 5 *м*, причем счет горизонталей ведется от нуля глубин. В остальном соблюдаются правила, изложенные в „Инструкции для мензульной съемки в масштабе 1:10000 ГГК ВСНХ 1928 г.

§ 30. Стоянками мензулы служат тригонометрические пункты и вехи магистрали. В случае надобности, разбивается геометрическая сеть, основанная на магистрали.

§ 31. Особое внимание обращается на съемку береговой черты. Рабочий горизонт снимается непосредственно, с записью в журнале момента определения реечной точки; сверх того, для более правильного нанесения нулевой изобаты, через каждые 20—100 *м* (в зависимости от изрезанности береговой линии) определяются „точки в воде“, для чего реечник устанавливает рейку в воде с таким расчетом, чтобы она была погружена на число *см*, соответствующее высоте уровня над нулем глубин. Надобность в определении „точек в воде“ отпадает, если расстояние, на которое реечник должен отойти от уреза, не превышает двух метров.

§ 32. На планшеты, поступающие к съемщику, наносятся:

а) тригонометрические пункты и их отметки,

б) данные продольной нивелировки (вехи и пикеты и их отметки) и

в) данные поперечной нивелировки, выполняемой самим съемщиком, либо промерной партией попутно с разбивкой створных линий.

б) ПОПЕРЕЧНАЯ НИВЕЛИРОВКА

§ 33. Поперечная нивелировка производится для уточнения высотной съемки прибрежной полосы в пределах от рабочего горизонта до 5 *м* горизонтали. Вместе с тем поперечная нивелировка, в соединении с гидрометрическими данными, представляет средство контроля нивелировки магистрали.

Поперечной нивелировке подлежит лишь отлогое равнинное побережье и при этом лишь в том случае, если длина поперечника, проведенного от рабочего горизонта до отметки в 5 *м.*, превышает 100 *м.*

§ 34. Выгоднее всего производить поперечную нивелировку попутно с разбивкой створных линий; при этом расстояние между поперечниками соответствует расстоянию между створными линиями, и каждый поперечник является прямым продолжением створной линии.

Если же по оперативным соображениям нельзя загружать промерную партию, то поперечная нивелировка производится мензульной партией, причем поперечники разбиваются через 200 *м* перпендикулярно данной стороне магистрали с ведением соответствующего абриса; первый по ходу поперечник всегда проводится через начальную веху данной стороны. Расстояния между поперечниками не должны в точности соответствовать показанному выше пределу, если это нецелесообразно по местным условиям. Выгодно, если точка пересечения поперечника с магистралью совпадает с обозначенным на местности пикетом.

§ 35. Техника поперечной нивелировки носит упрощенный характер, а именно:

а) во всех случаях нивелировка производится с отсчетом по трем нитям, т. е. с одновременным определением расстояния по дальномеру; участок поперечника, на котором нельзя стать с нивелиром точно на провешенной линии, промеряется лентой;

б) при работе одним нивелиром нивелировка всегда начинается с ближайшей вехи магистрали; в зависимости от отметки вехи (больше или меньше 5 *м*), нивелировка ведется по обе стороны магистрали или только в сторону озера и заканчивается на урезе, где и забивается колышек, пикеты же ничем не обозначаются; если расстояние между поперечниками больше длины поперечника, то нивелировка ведется в 2 хода, в противном случае—в один ход, но с увязкой с соседним поперечником;

в) выгоднее всего работать двумя нивелирами; при этом оба нивелировщика начинают работу одновременно от уреза воды и, забив колышки на концах поперечников, т. е. на отметках около 5 *м.*, связываются друг с другом; расхождение, округляемое до сантиметра, не должно превышать точности определения рабочего горизонта (в спокойные дни 1—2 *см.*) плюс $\sqrt{l}$, где l — длина обоих поперечников в *км*; один из нивелировщиков в начале работы привязывается к вехе магистрали, а в дальнейшем работа ведется с привязкой к колышку второго поперечника и продолжается таким образом до тех пор, пока не пройдена вся сторона магистрали, причем делается привязка к другой вехе;

г) при нивелировании болотной местности направление поперечников может итти по ломаной линии, но все места поворотов надежно закрепляются колышками, впоследствии подлежащими инструментальному определению мензулой;

д) если длина поперечника превышает 300 *м*, то через каждые 300 *м*, определенные дальномером (или частью лентой), надежно забивается колышек, впоследствии определяемый мензулой.

ШЛЮПОЧНЫЙ ПРОМЕР

§ 36. Шлюпочный промер производится по створам, с засеканием шлюпки двумя теодолитами, до глубины в 20 *м.*

§ 37. Галсы располагаются через 200 *м* и учащаются до 100—50 *м* в устьях рек и в районах, имеющих особое значение. Банки и отмели,

а также районы с изрезанной береговой линией (напр., между с.с. Александровкой и Айриванком) в местах, изобилующих бухтами и мелкими островами, подлежат подробному обследованию.

а) РАЗБИВКА СТВОРНЫХ ЛИНИЙ.

§ 38. Побережье озера разбивается на участки, из которых каждый имеет сравнительно вытянутую форму, и галсы располагаются перпендикулярно к общему направлению данного участка.

Крайние вехи магистрали, расположенные на границах участка, соединяются прямой линией, называемой промерным базисом.

К промерному базису, через равные промежутки, соответствующие назначенному расстоянию между галсами, восстанавливаются перпендикуляры, именуемые створными линиями и, дающие направления по которым на местности устанавливаются створные знаки.

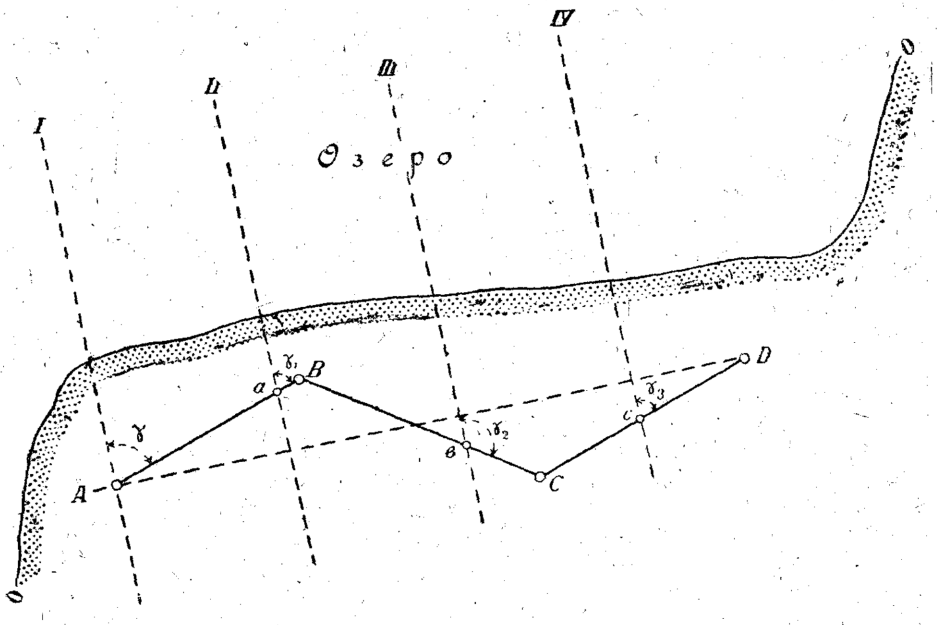

Рис. 14. Распланировка галсов шлюпочного промера по створам.

Точки пересечения створной линии с магистралью называются магистральными точками.

Угол, образуемый створной линией и данной стороной магистрали, именуется галсовым углом. Галсовый угол всегда лежит по ходу магистрали слева и отсчитывается от створной линии по часовой стрелке.

На рис. 14 показан образец подобной распланировки галсов. Здесь

A, *B*, *C*, *D*—вехи магистрали,
A, *D* —промерный базис,
A, *a*, *b*, *c* —магистральные точки,
I, II, III, IV —створные линии,
γ, γ_1, γ_2, γ_3 —галсовые углы при движении партии по направлению от вехи *A* на веху *D*.

§ 39. Построение створных линий производится на миллиметровке в увеличенном масштабе (1 : 5000). Галсовые углы снимаются с чертежа транспортиром с верньерами или вычисляются по формуле

$$\gamma = 90^\circ + Az\ (м) - Az\ (П.\ Б.) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)'$$

где Az (м) — азимут данной стороны магистрали и Az (П. Б.) — азимут промерного базиса. Так, напр., если азимут BC (рис. 14) $= 112^\circ\ 24'$ и Az $(AD) = 85^\circ 16'$, то

$$\gamma_2 = 90^\circ + 112^\circ 24' - 85^\circ 16' = 117^\circ 8'$$

Величина галсового угла не меняется, если партия при разбивке створных линий движется в обратном направлении (напр., от вехи D на веку A).

§ 40. Попутно с построением створных линий производится нумерация галсов, причем, во избежание путаницы и промахов, случающихся как при разбивке, так и при самом промере, устанавливается система, зависящая от расположения магистральной точки, т. е. от ее горизонтального расстояния до ближайшей вехи магистрали. Так, напр.,

$$\text{галс } \frac{18-19}{212}$$

означает, что магистральная точка этого галса находится между вехами №№ 18 и 19 в расстоянии 212 *м* от вехи № 18; обозначение

$$\text{галс } \frac{19-18}{212}$$

показывает, что магистральная точка находится также между вехами №№ 18 и 19, но в расстоянии 212 *м* от вехи № 19.

Независимо от числа магистральных точек на данной стороне магистрали, горизонтальные расстояния всегда отсчитываются от вехи, а не от предыдущего галса.

§ 41. В частном случае, при изломе береговой линии, когда промерные базисы образуют исходящий угол, галсы располагаются в виде так называемой „звездочки", разбиваемой с таким расчетом, чтобы расстояния между конечными точками веерообразно расходящихся галсов не были длиннее пределов, установленных для расстояний между параллельными галсами (в общем случае 200 *м*). Для общей ориентировки служит карта Маркова, на которой 20-метровые глубины показаны в общем дальше от берега, чем они находятся в действительности, поэтому ошибка в данном случае при распланировке галсов будет сделана в выгодную сторону.

На рис. 15 схематически показан образец распланировки „звездочки". Здесь AA_1 и AA_2 — промерные базисы с соответственно перпендикулярными к ним галсами I—II и III—IV. Сектор между этими галсами промеряется галсами V, VI и VII. Для расчета галсовых углов надо продолжить сторону CA (на черт. линия AC_1); тогда

для галса V . . . . $\gamma = 90 + Az\ (CA) - Az\ (AA_1) - \beta$
„ „ VI . . . . $\gamma_1 = \gamma - \beta$
„ „ VII . . . . $\gamma_2 = \gamma_1 - \beta$

где β — угловая величина промеряемого сектора, разделенная на число промежутков между галсами „звездочки". Галсы V, VI и VII получают наименование соответственно

$$\frac{A-C}{0_1}, \quad \frac{A-C}{0_2}, \quad \frac{A-C}{0_3}.$$

Для полноты промера, если последний галс, перпендикулярный к базису A_1A, не доходит до точки A, назначается галс II, получающий наименование

$$\frac{A-C}{0}.$$

§ 42. В обратном случае, когда промерные базисы образуют входящий угол, сложный рельеф дна, наблюдающийся в подобных условиях, получает добавочное освещение, благодаря перекрещивающимся галсам, укорачивать которые не следует.

§ 43. Для разбивки створных линий на местности необходимо найти место магистральной точки. Данная сторона магистрали провешивается, и теодолит, установленный на начальной вехе, ориентируется по следующей вехе. Расстояние до магистральной точки в общем случае находится по дальномеру; если же производится детальный промер

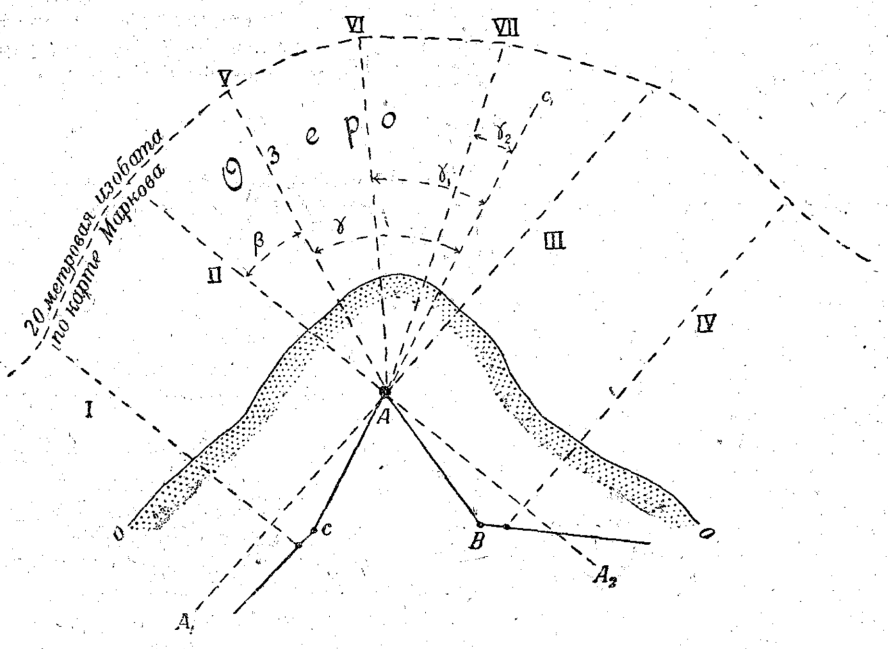

Рис. 15. Схема шлюпочного промера „звездочкой".

через 50 *м*, то пользуются лентой и при угле наклона в 10°—15° прибавляется 2 *м*, при 15°—20°—4 *м* при 20°—25°—7 *м*. Вообще расстояние до магистральной точки вполне достаточно откладывать на местности с точностью до 1 : 100, но при условии, что магистральная точка, отмеченная на местности колышком, находится точно на стороне магистрали (т. е. на провешенной линии). В дальнейшем поступают следующим образом:

а) если створная линия проходит через начальную веху, то труба поворачивается на величину галсового угла и на полученном направлении забиваются колышки, на которых впоследствии устанавливаются створные знаки, после чего переходят с теодолитом на ближайшую магистральную точку, ориентируются по передней вехе (с поверкой на заднюю при наибольшем допускаемом расхождении 3′), поворачивают трубу на величину галсового угла и т. д.

б) для получения горизонтального направления створной линии относительно данной стороны магистрали, галсовый угол вычитают соответственно из 180° или из 360°, смотря по тому, поворачивается ли труба по ходу вправо или влево;

в) если с магистральной точки не видно уреза воды, то створная линия провешивается с последующим переносом теодолита в сторону озера;

г) если с магистральной точки не видно вехи магистрали, то ориентировка производится по вешкам;

д) колышки, обозначающие места створных знаков, забиваются теми же пикетажистами, которые впоследствии устанавливают и переносят створные знаки; места колышков назначаются техником в зависимости от условий местности и от предполагаемой длины галса; передний створный знак на коротких галсах (до 1 *км*) устанавливается на урезе воды или, во всяком случае, как можно ближе к урезу воды, а на галсах длиннее 1 *км*—на высоте 1—2 *м* от уреза; задний створный знак всегда должен устанавливаться несколько выше переднего; теоретические расстояния между створными знаками, соответствующие желаемой чувствительности створа и составляющие от 100 до 300 *м* при длине галсов от 500 *м* до 4 *км*, соблюдаются в каждом отдельном случае лишь в той мере, в какой позволяют местные условия.

§ 44. Передний створный знак представляет собой щит шириной 0,5 *м* и высотой 1 *м*, выкрашенный в белый цвет, с вертикальной красной полосой посередине (шириной 0,2 *м*); задний створный знак такого же устройства, но размерами 1 × 1 *м*.

6) ТЕХНИКА ШЛЮПОЧНОГО ПРОМЕРА. СЪЕМКА МЕЛКИХ ОСТРОВОВ. УСТАНОВКА ВРЕМЕННЫХ ВОДОМЕРНЫХ ПОСТОВ

§ 45. Качество промера в значительной мере зависит от уменья избрать точки для стоянки теодолитов. Точками этими служат:

а) вехи магистрали,

б) тригонометрические пункты, расположенные на побережье,

в) вехи висячих ходов и

г) всякого рода опорные точки, называемые „выводными“ и определенные либо по задаче Потенота, либо инструментальным ходом с промером лентой и тахиметрическим нивелированием; выводные точки определяются в тех случаях, когда ближайшие вехи магистрали и тригонометрические пункты не удовлетворяют условиям, которым должны отвечать стоянки теодолитов при засекании шлюпки.

§ 46. Стоянки для теодолитов, выбранные заблаговременно по одноверстке или по готовой съемке Бюро, все же могут оказаться неудовлетворительными, поэтому практически точки назначаются на месте попутно с разбивкой створных линий. Соблюдаются следующие основные требования:

а) каковы бы ни были местные условия, с каждой стоянки должен быть виден урез воды;

б) на всем протяжении галса засечки должны пересекаться под углом не менее 30° и не более 150°; на коротких галсах (менее 0,5 *км*) пределы могут быть повышены до 20°—160°;

в) всякого рода соображения об ускорении работы и об удобстве наблюдателей отнюдь не должны оказывать ни малейшего влияния на выбор точек; наоборот, если выяснилось, что для данного галса точки выбраны неудачно вследствие того, что длина галса оказалась больше

чем предполагалось по прежним данным, то совершенно необходимо повторить галс после соответствующей перестановки теодолитов; промер выполненный без соблюдения всех этих правил, не имеет никакого практического значения и представляет напрасную трату времени и средств.

§ 47. Скорость хода промерной шлюпки при промере не должна превышать 1—1,2 *м/сек*. На моторных шлюпках при отсутствии коробки скоростей регулировка газом не допускается; применяется парусиновый пловучий якорь, буксируемый шлюпкой на двух пеньковых концах; якорь имеет вид пустотелого конуса, диаметр которого d при длине шлюпки от 6 до 10 *м*, составляют от 0,75 до 1 *м*; ось $h = 1{,}5\ d$. В основание конуса вшивается железный обруч, к которому с двух сторон прикрепляются буксиры, а наверху—метровый конец с деревянным буйком, удерживающим якорь на плаву при застопоренной машине. Для быстрой уборки якоря служит линь, прикрепленный к вершине конуса и выбираемый на шлюпке, причем якорь передвигается острием вперед; для прочности, по двум образующим подшивается тонкий стальной трос, имеющий в вершине конуса огон для прикрепления линя.

§ 48. Каждый галс промеряется в два приема, а именно:

а) шлюпка выходит в озеро на глубину около 6 *м* и ложится на створ, идя носом к берегу; глубины измеряются наметкой, представляющей бамбуковый шест длиною до 6 *м*, с делениями, накрашенными (белой и черной или белой и красной эмалевой краской) через 4 *см*; момент, когда наметка коснется грунта, считается начальным; выкидывается на три секунды сигнал (шест с парусиновым цилиндром), засекаемый теодолитами, и с этого момента глубины измеряются наметкой через $^1/_4$ минуты с отсчетом на глаз до 1 *см* (при вертикальном положении наметки) и с записью моментов через каждую минуту. Запись в шлюпочном журнале ведется в виде дроби: наверху—момент по часам, внизу—глубина в *см* и грунт. Через каждые 4 минуты выкидывается на 3 секунды сигнал, засекаемый теодолитами. Подходя к берегу, машину стопорят не далее, чем в 5 *м* от берега [1]); когда шлюпка врежется носом в берег, поднимается сигнал, засекаеый теодолитами, после чего шлюпка идет по створу носом от берега;

б) не дойдя до места начальной точки промера наметкой, на глубине не более 5 *м* выкидывают сигнал, засекаемый теодолитами, и, идя по створу в озеро, измеряют глубины лотлинем через полминуты с точностью отсчета до 5 *см* (лотлинь разбивается через 10 *см*); таким образом получается надежное перекрытие, и вместе с тем при обработке имеется некоторый материал для контролирования поправки лотлиня. Через каждые 4 минуты выкидывается на 3 секунды сигнал, засекаемый теодолитами. Запись ведется подобно вышеуказанной с проставлением лишь целых минут. Промер доводится до глубины 23—25 *м* (лотлинь имеет длину 25—28 *м*), но промер заканчивается не иначе, как по истечении полных четырех минут от момента последней засечки, иначе наблюдатели у теодолитов легко могут пропустить конечную точку, обозначаемую троекратным поднятием сигнала (на 1 сек. с такими же интервалами); при этом лотлинь может не доставать

[1]) Если соблюдается чрезмерная осторожность, вследствие чего нарушается принцип равномерности хода между двумя засечками, то впоследствии, при обработке, будет грубо искажен подводный рельеф в наиболее интересной зоне мелких глубин. Если обстоятельства вынуждают работать в свежую погоду у каменистого побережья, то на глубине 1 *м* промер прекращается (выкидывается сигнал, засекаемый теодолитами), но без всякого предварительного уменьшения хода.

до дна, но промер все же производится с отметкой „пронесло“. В то время, когда шлюпка, закончившая галс, направляется к берегу, рабочие у створов переносят створные знаки на следующую створную линию, а наблюдатели меняют стоянки, если это требуется по плану, составленному при разбивке створных линий. Что касается засечек, то во всех случаях направления берутся при „круге лево“, но с обязательным контролем, т. е. с отсчетом по обоим верньерам; отсчеты делаются с точностью до 1′. По окончании галса обязательно проверяется ориентировка, и если она сбилась, то дается условный сигнал на шлюпку для повторения галса.

§ 49. Во время промера в журнал заносятся все подробности, которые впоследствии могут облегчить и уточнить обработку и дополнить данные, полученные непосредственным измерением глубин; сюда относятся: моменты прохождения траверза мысов, островков, каменистых банок и отмелей, видимых в стороне от галса и впоследствии подлежащих дополнительному обследованию, границы тростниковых зарослей и т. п.

§ 50. Конечные точки длинных галсов (более 2 *км*), особенно при наименее выгодном расположении теодолитов, весьма полезно определять секстаном, становясь на якорь в момент поднятия сигнала.

§ 51. Грунты определяются „на удар“, поэтому устанавливается всего четыре основных подразделения: камень, песок, ил и плита (конгломерат).

§ 52. Подробный промер бухт и отмелей (§ 37) совмещается с полуинструментальной съемкой островков, разбросанных вдоль риасового побережья. Работа выполняется с помощью 4-весельной шлюпки.

В основу подобных работ кладется широкое применение способа Потенота, причем все углы измеряются секстаном дважды. Существенное значение имеет выбор опорных пунктов не столько в отношении углов, сколько в смысле однородности расстояний от определяемой точки до опорного пункта; расстояния эти вообще не должны превышать при съемке островов и при промере банок 4—5 *км*. Опорными пунктами являются преимущественно вехи магистрали и висячих ходов.

План работы в каждом отдельном случае зависит от местных условий, поэтому здесь даны лишь самые общие указания.

Бухты обычно промеряются „полярным“ способом. Посереди бухты устанавливается на якоре буек, место которого определяется секстаном, и промер производится веерообразно расходящимися галсами попеременно от буйка до берега и от берега до буйка, избираются приметные пункты или опорные точки, на которые направляют шлюпку, и, кроме того, последняя точка у берега определяется секстаном. Глубины измеряются наметкой и лотлинем. Расстояние между галсами ни в одной точке не должно превышать 50 *м*.

При промере бухт, глубоко вдающихся в побережье, предпочтительнее прокладывать ход по берегам бухты, промеряемой поперечными галсами через 50 *м*.

Банки и отмели промеряются подобно бухтам; в общем случае ограничиваются промером наметкой до глубины в 5 *м* с определением конечных точек секстаном.

Мелкие острова снимаются полуинструментально с глазомерным определением высот. Предпочтительнее пользоваться полярным способом с измерением углов секстаном и с применением эклиметра.

Особое внимание обращается на ведение абриса, который должен отличаться исчерпывающей полнотой и ясностью.

§ 53. Поправка лотлиня выводится по сличению с лентой до и после промера. Для большего постоянства поправки работа никогда не начинается сухим лотлинем, который перед утренней поверкой необходимо продержать в воде от 10 до 15 минут; таким образом поправка будет колебаться главным образом лишь под влиянием вытягивания лотлиня.

§ 54. Каждой шлюпочной партии, высылаемой на работу, выписываются следующие данные:

а) номера вех промерного базиса и его азимут,
б) нумерация галсов и галсовые углы,
в) горизонтальные углы и расстояния между вехами магистрали (для облегчения поисков вех).

Кроме того, в случае надобности, даются особые указания (расстояния между галсами, перечень и схема бухт и банок, подлежащих обследованию, место для установки водомерного поста и пр.).

§ 55. Независимо от использования данных гидрометрической сети Бюро, на каждом участке магистрали устанавливается временный водомерный пост. Нуль рейки связывается нивелировкой с ближайшей вехой магистрали.

Наблюдения производятся лишь во время промера через каждые 10 мин. с попутым составлением графика на клетчатке (на горизонтальной оси—моменты по часам, на вертикальной—отсчет по рейке).

VI. ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

§ 56. В понятие об обработке материалов не включаются всякого рода вычисления, тесно связанные с производством полевых работ и выполняемые непосредственно в поле; все подобные вычисления производятся по существующим инструкциям и не нуждаются здесь в пояснениях.

Систематическая же обработка материалов, имеющая целью подготовить плановую и высотную основы для выполнения полевых работ и материалы для составления карты, охватывает следующие работы:

а) вычисление триангуляции,
б) вычисление магистрали,
в) распланировку планшетов и накладку опорной сети,
г) обработку шлюпочного промера глубин и
д) вычерчивание планшетов.

а) ВЫЧИСЛЕНИЕ ТРИАНГУЛЯЦИИ

§ 57. В соответствии с § 4, п.п. а — г, рабочие координаты тригонометрических пунктов вычисляются на сфероиде Вальбека. Имея в виду, что на средства Бюро выполняется лишь некоторая часть триангуляционных работ, причем и эта часть производится триангуляционной партией Наркомзема ССР Армении, и учитывая, что как в 1929 г., так и в 1930 г. предстоит использовать ряд пунктов, принадлежащих Наркомзему, — все вычисления географических координат производят без каких-либо отступлений от установленных в Наркомземе правил.

б) ВЫЧИСЛЕНИЕ МАГИСТРАЛИ И РАСПЛАНИРОВКА ПЛАНШЕТОВ

§ 58. Учитывая предстоящий при окончательной обработке переход на систему Гаусса-Крюгера, необходимо распланировать планшеты мензульной съемки с таким расчетом, чтобы трапеции легли на ватмане

симметрично. Впредь до привязки к государственной сети и вычисления триангуляции на сфероиде Бесселя в Пулковской системе, рамки планшетов не могут быть нанесены в окончательном виде, поэтому избирается следующий метод:

а) рабочие координаты тригонометрических пунктов переводятся на Пулковскую систему с приближением, достаточным для практических целей; для этого в широту вводится поправка — 14″, а в долготу — 17°39′ 46″,05 [1]);

б) по полученным временным координатам пункты накладываются на планшеты, рамки которых имеют установленные размеры (2′30″ по меридиану и 3′20″ по параллели), причем счет меридианов идет от Гринича (международная система);

в) в окончательном виде (после привязки к государственной сети) работы выполняются „обратной задачей“, т. е. рамки наносятся по тригонометрическим пунктам, а не наоборот; в результате принятого вынужденного метода окончательные рамки планшетов в пределах М. Севана передвинутся на величину не более 2 *мм*, искажения же съемки не произойдет, так как относительное смещение пунктов вследствие изменения поправок не выходит за пределы точности масштаба;

г) для накладки магистрали применяется изложенная ниже система „повернутых“ Зольднеровских координат.

§ 59. Магистраль вычисляется в прямоугольных координатах. За невозможностью теперь же применить систему Гаусса-Крюгера и за отсутствием для широт 40° таблиц поправочных членов Зольднера, применяется упрощенный метод, а именно:

а) для каждого участка магистрали устанавливается местное начало координат, совпадающее с начальным (по ходу) тригонометрическим пунктом, к которому привязан данный участок магистрали;

б) дирекциональный угол вычисляется от среднего меридиана данного планшета, благодаря чему сетка на данном планшете без каких-либо добавочных вычислений разбивается параллельно нижней рамке планшета.

§ 60. Вычисление магистрали на изложенных выше основаниях производится в следующем порядке:

а) определяется угловая невязка

$$\begin{aligned} v &= 180 \cdot n - \Sigma\beta + (\alpha'_A \pm 180^\circ) - \alpha'_B = \\ &= \Sigma\lambda - 180 \cdot n + (\alpha'_A \pm 180^\circ) - \alpha'_B, \end{aligned} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

где α_{iA} — повернутый дирекциональный угол с начального пункта A на пункт C, на который измерен примычный угол (см. ниже рис. 16), и α'_B — повернутый дирекциональный угол с конечного пункта B на пункт D, на который измерен примычный угол; при $\alpha'_A < 180^\circ$ к α'_A прибавляется 180° и при $\alpha'_A \geqslant 180^\circ$ из α'_A вычитается 180°. Повернутые дирекциональные углы вычисляются по формулам

$$\alpha'_A = a_A \pm \delta_A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

и

$$\alpha'_B = a_B \pm \delta_B, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

---

[1]) Поправка + 19,″995 на долготу при переходе от Ферро на Гринич в данном случае не вводится, так как она почти поглощается поправкой при переходе на систему Шарнгорста (католог Феля).

где δ_A и δ_B — сближение меридиана данной точки и среднего меридиана данного планшета; угол сближения меридианов прибавляется к азимуту α_A или α_B (полученному решением обратной геодезической задачи), если данный пункт (A или B) лежит западнее среднего меридиана планшета,

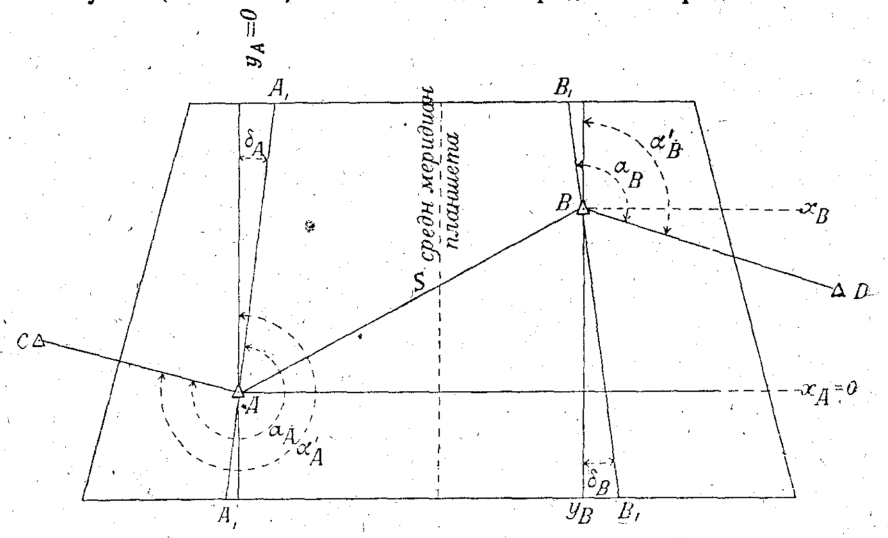

Рис. 16.

Обозначения

A_1A_1 и B_1B_1—меридианы точек A и B.
δ_A — угол сближения меридиана точки A и среднего маридиана планшета.
δ_B — угол сближения меридиана точки B и среднего меридиана планшета.
y_A и y_B — параллельны среднему меридиану планшета.

и вычитается, если пункт лежит восточнее этого же меридиана; вычисление $\delta = \lambda \cdot \sin \varphi_m$ производится для средней широты пунктов A и B;

б) угловая невязка уравнивается на общих основаниях;

в) вычисляются повернутые Зольднеровские координаты конечного пункта (B) относительно начального пункта A, т. е.

$$x_B = S \cdot \cos \alpha'_A \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (5)$$
$$y_B = S \cdot \sin \alpha'_A, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (6)$$

где S получено решением обратной геодезической задачи, а повернутый дирекциональный угол α_A' вычисляется подобно изложенному в п. а, т. е.

$$\alpha'_A = \alpha_A \pm \delta_A,$$

где α_A — азимут с пункта A на пункт B;

г) рассчитав азимуты (и румбы) сторон, представляющие повернутые дирекциональные углы, обычными методами вычисляют по таблицам логарифмов приращения координат и после контроля (арифмометром или по таблицам Гаусса) уравнивают приращения и вычисляют координаты вех; длина сторон выписывается из сводной ведомости магистрали;

д) если конечный тригонометрический пункт (B) находится на смежном планшете в той же колонке, то ход вычисления, указанного для

случая, когда оба пункта (A и B) находятся на одном и том же планшете, не меняется, причем сеть квадратов на смежном планшете является прямым продолжением сети первого планшета; в ином случае, когда конечный пункт находится в смежной колонке, изменение происходит лишь по формуле (4), принимающей вид

$$\alpha'_B = \alpha_B \pm \delta_B \mp \delta_0, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (4^1)$$

где δ_0 — угол сближения средних меридианов смежных колонок, вычисляемый для разности долгот $\lambda = \pm 3'20''$, т. е.

$$\delta_0 = \mp 200'' \cdot \sin \varphi_m,$$

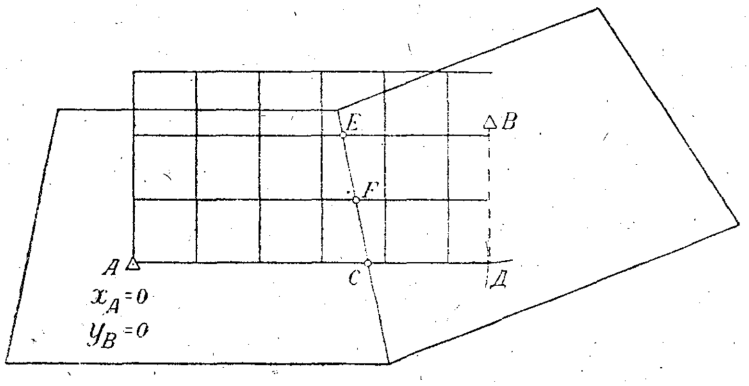

Рис. 17. Перенос сети квадратов на смежный планшет.

где φ_m — средняя широта пунктов A и B; δ_0 имеет знак плюс, если пункт B находится западнее начального пункта A, и минус, если

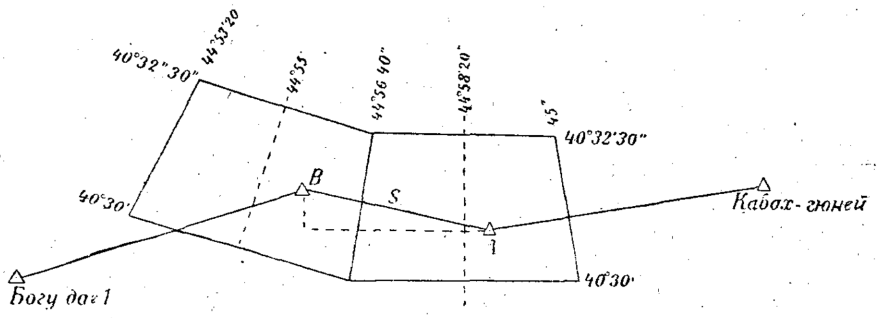

Рис. 18.

пункт B лежит восточнее пункта A. Перенос сетки квадратов сопровождается в этом случае простейшими графическими построениями, показанными на рис. 17. Точки C, E и F перекалываются на рамку смежного планшета, а точку D получают засечками из точки B радиусом $BD = x_B$ и из точки C радиусом $CD = y_B - AC$; остальное ясно;

е) схема вычислений видна на приложенном примере (см. рис. 18).

Пример 1.

Вспомогательные вычисления для уравнивания полигона Александровка—Хыны-дар.

Начальный пункт A—Александровка:

$$\varphi = 40°30'38'',838 \qquad l = 62°38'16'',778.$$

Конечный пункт B—Хыны-дар:

$$\varphi = 40°31'29'',313 \qquad l = 62°35'39'',667.$$

Примычные углы измерялись с Александровки на Кабах-гюней и с Хыны-дар на Богу-даг I.

Из обработанных геодезических задач получено:

1) азимут с Александровки на Кабах-гюней $\alpha_A = 86°36'41'',9$;
2) азимут с Хыны-дара на Богу-даг I $\alpha_B = 233°14'44'',4$;
3) азимут с Александровки на Хыны-дар $\alpha_A = 292°50'33''4$;
4) lg расстояния от Александровки до Хыны-дар $\lg S = 3{,}6033922$ (в метр.).

Сумма углов полигона Александровка-Хыны-дар $\Sigma\beta = 5433°20'14'',8$.

I. Вычисление угловой невязки

Триг. пункт Александровка

$\varphi = 40°30'38'',8$
-14
$\varphi_A = 40°30'24'',8$

$l = 62°38'16'',8$
$-17°39'46'',05$
$l_A = 44°58'30'',8$

l (ср. мер.) $= 44°58'20''$
$\lambda = l$ (ср. мер.) $- l_A = -\ 10'',8$

$\lg \lambda = 1{,}03342\ n$
$\lg \sin \varphi_m = 9{,}81267$
$\lg \delta_A = 0{,}84609\ n$ $\qquad \delta_A = -7'',0$

$a_A = 86°36'41'',9$
$\delta_A = -7'',0$
$\alpha'_A = 86°36'34'',9$

Триг. пункт Хыны-дар

$= 40°31'29'',3$
-14
$\varphi_B = 40°31'15'',3$
$\varphi_m = 40°30'50$

$l = 62°35'39'',7$
$-17°39'46'',05$
$l_B = 44°55'53'',6$

l (ср. мер.) $= 44°55$
$\lambda = l$ (ср. мер.) $- l_B = -\ 53'',6$

$\lg \lambda = 1{,}72916\ n$
$\lg \sin \varphi_m = 9{,}81267$
$\lg \delta_B = 1{,}54183\ n$ $\qquad \delta_B = -34'',8$

$a_B = 233°14'44'',4$
$\delta_B = -53'',6$
$\delta_0 = +2'09'',9$
$\alpha'_B = 233°16'00'',7$

$\lg 200'' = 2{,}30103$
$\lg \sin \varphi_m = 9{,}81267$
$\lg \delta_0 = 2{,}11370$ $\qquad \delta_0 = +129'',9$

$$v = 180 \cdot n - \Sigma\beta + (\alpha'_A + 180°) - \alpha'_B = +19'',4.$$

II. Вычисление повернутых зольднеровских координат триг. п. Хыны-дар от триг. п. Александровка

С триг. п. Александровска на триг. п. Хыны-дар

$$\alpha_A = 292°50'33'',4$$
$$\delta_A = \quad -7'',0$$
$$\alpha'_A = \underline{\underline{292°50'26'',4}}$$

$$\lg x_B = 3{,}1924109$$
$$\lg \cos \alpha'_A = \overline{9{,}5890187}$$
$$\lg S = 3{,}6033922$$
$$\lg \sin \alpha'_B = 9{,}9645368\ n$$
$$\lg y_B = \overline{3{,}5679290}\ n$$

$$x_B = +1557{,}44$$
$$y_B = -3697{,}68$$

§ 61. Формулы (2) — (6), по которым задача решается приемами плоской тригонометрии, неприменимы для точных работ при расстояниях свыше 8—9 *км*, поэтому, при определении опорных точек по отдаленным предметам (напр., при съемке больших островов или при

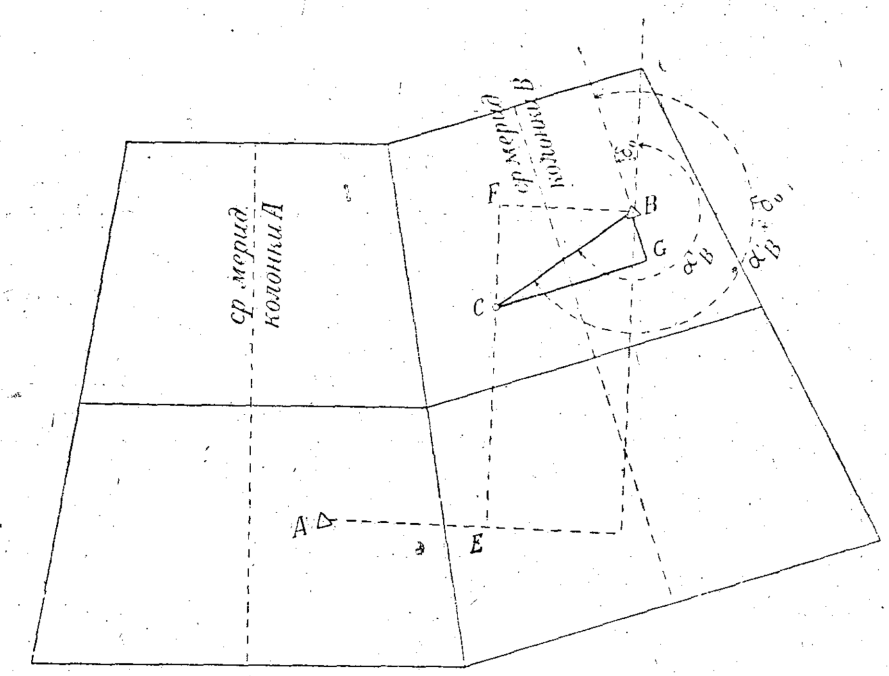

Рис. 19.

проведении висячих ходов), решается задача Потенота на сфере с последующим вычислением прямоугольных координат в системе ближайшего участка магистрали. Но для приближенных вычислений, напр., для определения координат конечной точки галса шлюпочного промера, когда вполне достаточна точность до 5 *м*, по формулам (5) и (6) вычисляются координаты опорных точек, между которыми измерены углы секстаном, причем S может достигать 25 *км*. Однако не допускается суммирование координат, вычисленных от различных пунктов и, следовательно, взаимно перекошенных, и координаты всех трех пунктов должны быть вычислены от общего начала координат, т. е. от того

тригонометрического пункта, на участке которого находится определяемая по задаче Потенота точка. Практически для этого необходимо решить обратные геодезические задачи, чтобы вычислить повернутые дирекциональные углы α^1_A от начала координат на каждый из пунктов, после чего решается плоская задача Потенота по 5-значным таблицам логарифмов с округлением координат до 1 *м*.

Во многих случаях, когда требуется перевычислить координаты какой либо точки от другого начала координат, при чем оба начала координат не лежат в одной колонке, а находятся в смежных колонках, задача решается вполне точно с помощью простейших вычислений. Пусть, напр., координаты триг. п. *B* (рис. 19) вычислены от триг. п. *A*, т. е. от среднего меридиана планшетов колонки *A* (или „в системе *A*"). Известны координаты точки *C*, вычисленные от триг. п. *A*, т. е. $CE=x_c$ и $AE=y_c$. Требуется вычислить координаты точки *C* от триг. п. *B* (т. е. „в системе *B*"), т. е. определить $BG=x^1_c$ и $GC=y^1_c$. Ход вычисления:

1) по разности координат точек *C* и *B*, т. е. из треугольника *CFB*, определяют длину *CB*;

2) из треугольника *CBG* определяют

$$x^1_c = CB \cdot \cos(\alpha^1_B + \delta_0)$$
$$y^1_c = CB \cdot \sin(\alpha^1_B + \delta_0).$$

§ 62. В сводной ведомости магистрали проставляются по пикетам превышения 1 и 2-го ходов и средние, затем отметки от нуля глубин Севанского Гидрометбюро, измеренные расстояния и приведенные к горизонту; последние суммируются от вехи до вехи или от вехи до тригонометрического пункта.

Нивелировка магистрали выполняется по рельефу, поэтому приведение измеренных линий к горизонту производится вычислением *d* по известным превышению *h* и измеренному расстоянию *a*.

Проставляемые в сводной ведомости отметки, подсчитанные по средним превышениям, считаются временными и передаются в использование съемочной партии лишь в том случае, если они проконтролированы надежной срезкой. Окончательные отметки вычисляются после увязки нивелировки данного участка между двумя постоянными водомерными постами гидрометрической сети Бюро. Необходимые для этого данные находятся еще в процессе обработки, поэтому соответствующая инструкция по увязке магистрали может быть составлена лишь в 1930 г.

Контролирование срезкой осуществляется сравнением отметки, полученной нивелировкой, с отметкой той же точки, полученной по рабочему горизонту; последняя отметка равна сумме превышения данной точки над рабочим горизонтом и показания лимниграфа Еленовки минус высота нуля глубин над нулем рейки того же лимниграфа. Расхождение между обоими отметками вызывается не только ошибками нивелировки, но и рядом причин, не зависящих от качеств нивелировки, а именно:

а) грубостью отсчета при срезке по сравнению с методом нивелировки магистрали,

б) расхождением часов и

в) недостаточно изученным расхождением между высотой уровня в Еленовке и на месте срезки.

На этом основании срезка считается более или менее надежной лишь при отсутствии резких колебаний уровня, особенно сейш, и в районе, не слишком удаленном от Еленовки. Во всяком случае срезка является лучшим методом для обнаружения грубых промахов в под-

счете нивелировки, а что касается незначительных расхождений, в пределах нескольких сантиметров, то впредь до упомянутого выше окончательного уравнивания нивелировки расхождения эти не учитываются.

Независимо от срезок, попутно с составлением сводных ведомостей производится общеизвестный контроль нивелировки подсчетом предельного расхождения между ходами по формуле

$$\Delta = 0{,}003 \cdot \sqrt{l} + 0{,}0003 \cdot l,$$

где l — число пог. *км* нивелировки.

в) ОБРАБОТКА ШЛЮПОЧНОГО ПРОМЕРА ГЛУБИН

§ 63. Обработка промера производится в следующей постепенности:

а) составляется журнал шлюпочного промера по прилагаемой форме с попутной обработкой наблюдений на временных водомерных постах и с приведением отчетов к нулю глубин,

б) глубины накладываются на планшет,

в) проводятся изобаты и изолиты.

§ 64. Глубина, исправленная поправкой лотлиня, получается непосредственно из таблиц, вычисленных по формуле

$$D = D_1 \cdot \frac{л}{l} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

где D_1 — измеренная глубина, а $л$ и l — соответственно показания ленты и лотлиня при определении поправки (§ 53).

§ 65. Приведение глубин к нулю глубин производится по формуле

$$D_0 = D - g,$$

где D — глубина, измеренная наметкой или полученная по формуле (7) поправка

$$g = G - G_0$$

отсюда

$$D_0 = D - G + G_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

Если промер производился поблизости от Еленовки, то отсчет по рейке G берется по ленте лимниграфа, а G_0 — отметка нуля глубин относительно нуля рейки лимниграфа — величина постоянная, проверяемая систематической нивелировкой.

Если же работа производится вдали от базы при наличии временного водомерного поста (§ 55), то прежде, чем использовать наблюдения на этом посту, необходимо проконтролировать привязку нуля рейки к нулю глубин, выполненную с какой либо вехи магистрали (рис. 20).

Зная из нивелировки

$$G_0 = h - H_0$$

строят кривую значений

$$g = G - G_0,$$

которая и по ходу и по абсолютной величине ординат не должна существенно отличаться от кривой Еленовского лимниграфа. Более

детальное исследование этих кривых способствует изучению законов колебания уровня, о чем в настоящей инструкции говорить подробнее не приходится.

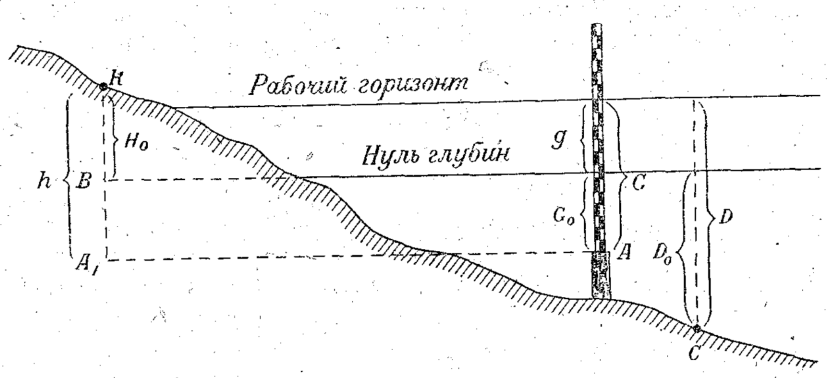

Рис. 20. Схема приведения измеренных глубин к нулю глубин.

Условные обозначения:

A — нуль рейки водомерного поста
R — репер
BR — высота (отметка) репера над нулем глубин
$G_0 = A_1R - BR = h - H_0$ — отметка нуля глубин относительно нуля рейки.
G — отсчет по рейке
g — отметка рабочего горизонта относительно нуля глубин
D — глубина, измеренная в точке C
D_0 — глубина точки C относительно нуля глубин

§ 66. Накладка глубин производится сперва на восковке, на которую снимаются рамки планшета и опорные точки, послужившие для стоянки ориентировки теодолитов.

Вычертив на восковке промерный базис и теоретическое направление створных линий, с помощью 1′ транспортира, получают места пересечения засечек, которые и переносятся на планшет через переводную бумагу. Дальнейшая обработка производится непосредственно на планшете. Допускается, что скорость хода шлюпки в промежуток времени между двумя засечками была постоянной, поэтому промежуточные глубины наносятся по счислению, т. е. интерполированием расстояний пропорционально времени.

После выписки глубин, округленных до 0,1 *м*, проводятся изобаты и изолиты.

Чтение сложного рельефа облегчается проставлением бергштрихов и отличительных глубин; все прочие глубины удаляются, но восковки, послужившие для нанесения основы, сохраняются, как отчетный материал, с датами и подписями лиц, производивших накладку.

При проведении изобат прежде всего увязываются все данные, полученные съемкой (§ 31) и промером и позволяющие уточнить нанесение нулевой изобаты. Далеее, учитываются род грунта и местные морфологические и гидрологические условия, оказывающие то или иное влияние на характер изобат, которые не всегда в точности следуют изгибам береговой линии и могут иметь своеобразные очертания (напр., при наличии береговой платформы, придонных течений). При расстояниях между галсами в 200 *м*, что соответствует 2 *см* на плане, требуется учет всех факторов, так или иначе влияющих на формы подводного рельефа, который в противном случае не будет правильно выражен

даже в прибрежной полосе промера наметкой, где подробность промера достигает наибольшего развития.

В случае обнаружения невязки между данными съемки и промера при нанесении береговой черты предпочтение отдается съемке, т. к. надо учитывать, что метод засечек, особенно на больших расстояниях, не свободен от случайных ошибок в пределах до ± 5 *м* даже при соблюдении всех правил, установленных для выбора стоянок теодолитов.

При накладке длинных галсов, особенно когда засечки пересекаются под невыгодным углом, правильность наложенных транспортиром точек обязательно проверяется вычислением; для этого решается треугольник, образованый стоянками теодолитов и определяемой точкой, и вычисляются дерекциональные углы на эту точку, после чего по приращениям координат, вычисляются координаты точки пересечения засечек. Несмотря на некоторую сложность этих вычислений, отнюдь не всегда можно довольствоваться графическим методом, который при невыгодных условиях может дать ошибки до 50 *м* Наоборот, на коротких галсах при удовлетворительном сочетании засечек, вычисления являются совершенно излишними, и самая накладка может быть выполнена с точностью до 1 *м* не только одноминутным, но и трехминутным и даже обыкновенным транспортиром с делениями в $^1/_4{}^\circ$. Умение избрать правильный метод накладки способствует значительному повышению скорости и качества работы.

В случае какой-либо путаницы в засечках, если все попытки расшифровать промахи в полевых записях остаются безуспешными, — неверная засечка отбрасывается, и накладка производится по пересечению второй засечки с направлением створной линии и с контрольным вычислением, если получаются невыгодные углы. Галс, на котором неверны обе засечки, подлежит повторению. С этой точки зрения до окончания периода полевых работ желательно произвеети всю накладку для своевременного обнаружения и устранения промахов; во всяком случае, если при этом встречаются технические или организационные затруднения, препятствующие выполнению обработки на-чисто, общий контроль всегда может быть проделан приближенной, эскизной накладкой путем прикидки направлений простым транспортиром.

Промер бухт и отмелей и съемка мелких островов обрабатываются попутно с обработкой шлюпочного промера по створам. Все опорные точки, определенные секстаном, обязательно вычисляются, начальные же и конечные точки галсов, при благоприятном расположении опорных точек, могут накладываться протрактором или прозрачной бумагой, но в увеличенном масштабе (1 : 5000) с последующим уменьшением.

г) ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ПЛАНШЕТОВ

§ 67. Планшеты вычерчиваются согласно установленных инструкций и условных знаков для планшетов топографической съемки в масштабе 1 : 10000 ГГК ВСНХ 1928 г. с нижеследующими дополнениями и изменениями:

а) в пределах от нулевой изобаты до 5-метровой отметки горизонтали проводятся через 1 *м*;

б) вычерчиваются изобаты через 1 *м*, а при расстояниях между изобатами менее 0,12 *мм* показываются обрывы, соответственно чему вычисляются и вычерчиваются скалы крутизны скатов и уклонов;

в) горизонтали и изобаты утолщаются через 5 *м*;

г) характерные глубины вычерчиваются по условным обозначениям Гидрографического Управления РККА;

д) вычерчиваются границы грунтов (изолиты) цветными черточками; при сочетании различных грунтов предпочтение отдается красному цвету, обозначающему камень, и желтому, обозначающему песок; плита вычерчивается кармином, ил — сепией; на границе в сторону грунта, ставится соответствующего цвета черточка и внутри контура тем же цветом подписывается курсивом сокращенное название грунта;

е) для обозначения незаконченной съемки реки или ручья, стрелка, показывающая направление течения и название проставляются на вероятном продолжении русла в отличие от полностью заснятого течения, когда стрелка и название выписываются по „Условным знакам".

§ 68. В виду незаконченности рамок (§ 58 в) вычерчивание не доводится до существующих рамок на 5 *мм*.

ИНСТРУКЦИЯ

ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МАГИСТРАЛИ МАЛЫМ УНИВЕРСАЛОМ ВИЛЬДА

1932 г.

а) ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ.

§ 1. В понятие о проведении магистрали теодолитом Вильда входят следующие работы:

а) разбивка магистрали с закреплением вех на метности:
б) пикетаж,
в) измерение горизонтальных углов между вехами,
г) геодезическое нивелирование по пикетам,
д) измерение расстояний телеметром по пикетам.

§ 2. Разбивка магистрали с закреплением вех производится заблаговременно; прочие работы, перечисленные в § 1 б — д, выполняются на разбитой уже магистрали одновременно в строгой постепенности, указанной ниже, в разделе „Порядок производства наблюдений".

§ 3. В текст настоящей инструкции не включены все подробности, касающиеся общеизвестных правил проведения полигональных ходов и изложенные в общих чертах в инструкции 1929 г. Здесь помещены лишь необходимые детали, связанные с техническими особенностями инструмента, а также те изменения в инструкции 1929 г., которые этими особенностями вызываются. Кроме того приведены некоторые подробности, касающиеся обращения с инструментом, поскольку они выяснились на практике и отсутствуют в пояснительной брошюре Вильда. Техника работы с инструментом (измерение углов и расстояний) предполагается известной и в инструкции ей места не уделяется.

б) РАЗБИВКА МАГИСТРАЛИ

§ 4. Разбивка магистрали сопровождается следующими особенностями:

а) с каждой вехи желательно видеть площадки двух соседних вех, но если местные условия этому препятствуют, то нижняя (невидимая часть вешки) во всяком случае не должна быть длиннее одного метра;

б) слишком короткие расстояния между вехами неблагоприятно отражаются на точности измерения горизонтальных углов, поэтому стороны магистрали не должны быть короче 50 *м*; наименьшим пределом для полигонометрии средней точности надо считать 30 *м*; сокращение этого предела может быть оправдано лишь исключительными местными условиями;

в) предельное наибольшее расстояние между вехами в общем случае зависит от целей съемки, но при всяких условиях оно не должно быть более 1,5 *км*, т. е. половины наибольшей нормы дневной работы с инструментом Вильда;

г) в пределах до 150 *м* теодолит определяет любое неприступное (для ленты) расстояние и любое превышение, что дает большую свободу при разбивке магистрали, тем не менее необходимо вводить некоторые ограничения; 1) при работе в гористой местности, во избежание порчи чрезвычайно ценного инструмента при случайном падении, теодолит при переходе на новую стоянку, обязательно снимается с треноги и укладывается в стальной футляр; связанная с этим добавочная потеря времени ухудшает качество геодезического нивелирования поэтому магистраль разбивается в трудно доступной местности лишь в том случае если это дает значительную экономию во времени (напр., если благодаря этому можно пройти по самому берегу озера и избежать проведения сети висячих ходов или разветвлений); 2) в условиях работы на Севане, вследствие резких колебаний коэффициента рефракции, результаты геодезического нивелирования значительно ухудшаются с увеличением вертикальных углов, которые во всяком случае не должны быть больше 20° при расстояниях свыше 100 *м* и больше 15° при расстояниях меньше 100 *м*.

д) в заботах о повышении точности геодезического нивелирования надо стремиться к тому, чтобы луч зрения проходил по возможности дальше от поверхности земли; кроме того надо всячески избегать стоянок близ освещенных солнцем раскаленных скал; дальномерная рейка должна быть целиком видна наблюдателю, причем вертикальная установка рейки допускается лишь в самых исключительных случаях, напр.. при проведении хода по узкой тропинке, которая вьется с одной стороны над пропастью, а с другой стороны под отвесной скалой.

§ 5. Опыт 1929 г. показал, что железо-бетонные знаки, применяемые для закрепления вех на местности, часто разрушаются населением поэтому всегда, когда возможно, центр вехи насекается на скале. На рыхлом грунте устанавливается железо-бетонный знак; на площадке вехи накрашивается рабочий номер. Один из рабочих охраняет свеже залитую веху пока она не окрепнет, после чего площадка засыпается землей и прикрывается камнями; для облегчения поисков вехи, независимо от записей в полевой книжке с описанием приметных мест и с указанием вида вехи (насечка или железо-бетон), в двух метрах от вехи в сторону озера складывается из камней приметная пирамида высотой до полуметра, а на другую сторону от вехи на ближайшей удобной скале накрашивается подчеркнутой внизу рабочий номер вехи. Центры, нанесенные на скале, ничем не прикрываются, но и в данном случае применяется описанная выше система добавочного обозначения, обязательная для всех партий. Начальники партий, которым приходится использовать данную веху, строго следят за тем, чтобы перед уходом на новую стоянку (или вообще по миновании надобности) железо-бетонная веха была вновь укрыта от посторонних глаз и чтобы приметная пирамида была возобновлена.

в) ПИКЕТАЖ

§ 6. При пикетаже учитываются следующие требования:

а) нет непосредственной необходимости следить за рельефом, т. к. расстояния измеряются по воздушной линии; но поскольку это не противоречит изложенным ниже правилам относительно предельных рас-

стояний, пикеты назначаются на вершинах бугорков и вообще на возвышенных перегибах, т. к. удаление луча зрения от поверхности почвы улучшает качество геодезического нивелирования; вместе с тем надо всячески избегать больших превышений;

б) в тихую погоду и при благоприятном освещении можно измерять расстояние до 150 *м*, однако точность свыше 1 : 2000 получается лишь при расстоянии менее 120 *м*; далее опыт показал, что ошибки в определении вертикальных углов быстро возрастают с увеличением расстояния, число же стоянок имеет несравненно меньшее значение; таким образом, чтобы, с одной стороны, ускорить работу, а с другой, повысить точность определения расстояния и геодезического нивелирования, в благоприятных условиях пикеты разбиваются через 100—110 *м*, а в ветреную погоду или при неблагоприятном освещении (при работе против солнца), а также во всех случаях, когда рейка проектируется на воде или на ярком фоне неба, расстояние между пикетами назначается от 70 до 80 *м*; превышение этих пределов может быть оправдано лишь исключительными условиями рельефа.

§ 7. Разбивка пикетов производится после установки на вехе инструмента, ориентированного по следующей вехе. Пикетажист идет по направлению от инструмента на следующую веху и, отмерив требуемое расстояние шагами, подыскивает место в соответствии с изложенным в § 6а. Пикеты назначаются строго по вертикальной нити инструмента и во всех случаях, когда это возможно, обозначаются насечками на скале с накрашиванием номера пикета и с обозначением приметной кучкой камней (подобно обозначению вех). При отсутствии прочной скалы забиваются колышки.

г) ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ

§ 8. Горизонтальный круг, снабженный микрометренным винтом с предохранителем, не имеет (у теодолита № 1789) зажимного винта, и на практике при измерении на одной стоянке нескольких углов наблюдались случаи смещения лимба на 2-4′, причем штатив был установлен достаточно прочно. На этом основании, измеряя при проведении магистрали несколько углов одним полным приемом, необходимо в конце работы проверить направление на заднюю рейку, с которой начинались наблюдения. Разность отсчетов не должна превышать 10″; в противном случае все наблюдения производятся заново.

§ 9. Наблюдатель должен хорошенько напрактиковаться в отсчетах. При недостаточном навыке легко можно просчитаться и в минутах (обычно ошибаются на 10 минут) и в градусах (записывается нижний круг вместо верхнего). Но и опытный наблюдатель никогда не должен довольствоваться одним полуприемом, как это рекомендуется Вильдом, потому что, независимо от контроля, о котором сказано в § 8, при некотором утомлении или торопливости возможен промах в минутах вследствие частого чередования отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам (с ценой деления соответственно 10′ и 5′). Если позволяет время, горизонтальные углы крайне полезно измерять не одним, а двумя полными приемами.

§ 10. Независимо от длины стороны магистрали, по соображениям, изложенным в § 17, на вехе всегда устанавливается рейка, а не вешка, причем визируется центр диска; обязательно проверяется вертикальность стойки (по вертикальной нити). Чтобы центр диска всегда совпадал с осью стойки, на штативе стойки делаются соответствующие нарезки, против которых рейка и зажимается с ошибкой не более 0,2 *мм*.

§ 11. Порядок записи виден на приложенном образце полевого журнала. Как обычно, сперва визируется задняя рейка и соответствующие отсчеты записываются в графу „направления" при круге Л в 1-й строке (и впоследствии при круге П во второй строке). Направления на переднюю веху записываются в 3 и 4-ой строках. Если на данной стоянке измеряется два или несколько углов, то направления на эти боковые точки каждый раз записываются в новой (4-х строчной клетке) как „взгляд вперед", т. е. на 3-й и 4-й строках. Контрольное направление на заднюю веху (§ 8) записывается в последней графе.

д) ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

§ 12. Опыт показывает, что инструмент вполне пригоден для геодезического нивелирования озерной магистрали, с успехом заменяющего техническое нивелирование. Однако, удовлетворительные результаты могут быть получены лишь при строгом соблюдении выработанных на практике требований, а именно:

а) принимаются меры к устранению ошибок в измерении высоты инструмента (i) и ошибок, происходящих вследствие колебаниий коэффициента рефракции.

б) все наблюдения тщательно контролируются.

§ 13. Слабое место геодезического нивелирования прежде всего заключается в технике измерения i и v. Инструкцией Вильда рекомендуется установить рейку на высоту $v = i$, но целесообразнее избрать постоянную величину $v = 150$ *см*, соответствующую средней высоте инструмента i; благодаря этому устраняется ошибка в установке рейки на глаз на десятые доли сантиметра, на стойке ненанесенные; кроме того не приходится терять времени на голосовую передачу величины i, при которой также возможны промахи, требующие добавочного контроля. Далее, высота инструмента i измеряется после тщательного приведения уровней точно уцентрированного инструмента, следовательно, при соблюдении равенства i и v, инструмент всегда будет готов к наблюдению раньше реечников, что вызывает непроизводительную потерю времени. При установке рейки на постоянную величину (150 *см* или иную, в зависимости от роста и индивидуальных качеств данного наблюдателя), разность отсчетов i и v обычно колеблется в пределах не свыше 10 *см* и в худшем случае, при приведении измеренных расстояний к горизонту, т. е. при вычислении $d = a.\cos\alpha$, скажется лишь на десятых долях миллиметра; при вычислении превышений эта разность учитывается на общих основаниях, т. е.

$$h = d.\ \mathrm{tg}\alpha + i - v.$$

Самое измерение i производится стальной рулеткой с точностью до 0,1 *см*, причем ежедневно деление рулетки сличается с делениями стойки; в случае расхождения вычисляется поправка, причем деления стойки принимаются за эталон. Измерение i производится дважды: в начале и в конце работы на данной стоянке.

§ 14. Система обозначения пикетов деревянными колышками при работе с тяжелыми рейками с заостренными концами для геодезического нивелирования магистрали не может считаться удовлетворительной и временно применяется на Севане лишь в виду отсутствия железных костылей, которыми, конечно, в данном случае следует пользоваться.

§ 15. Для устранения случайных ошибок, происходящих вследствие резких колебаний коэффициента рефракции, за невозможностью ускорить процесс наблюдений, продолжающихся в среднем 20 минут на вехе

и 15 минут на пикете, в распоряжении имеются лишь те способы разбивки магистрали, о которых сказано в §§ 4г, д и 6а.

§ 16. Наблюдения всегда производятся одним полным приемом в два хода (взгляд назад, взгляд вперед на каждой стоянке). Помощник наблюдателя суммирует записанные отсчеты Л и П; результат должен отличаться от 180° на величину, соответствующую ± М.О, которое при предварительных поверках инструмента доводится до 6 — 7″, а во время работы не должно в течение дня давать колебаний свыше 10″; в противном случае наблюдения повторяются заново, т. к. очевидно, что либо произошел промах в отсчете, либо расстроились уровни. Не выполнив этой основной проверки, нельзя переходить на следующую стоянку.

§ 17. Независимо от основного нивелирования по пикетам, производится контрольное нивелирование по вехам. Благодаря этому при обработке, в случае обнаружения недопустимой невязки, легче установить участок, на котором произошел промах.

§ 18. Во всех случаях, когда магистраль проходит по берегу с каждой стоянки, удаленной от берега не свыше чем на 130—140 *м* (при α не более 15°), обязательно производится срезка. Во всяком случае контрольные срезки производятся не реже, чем через каждые 6 *км*; для этой цели на длинных участках, удаленных от берега озера, проводятся специальные висячие ходы с измерением горизонтальных углов и определением расстояний на общих основаниях. При срезке записываются с точностью до минуты моменты измерения вертикальных углов при круге Л и при круге П. В штиль рейка устанавливается на урезе воды, а при наличии колебаний уровня погружается в воду. В свежую погоду и вообще при колебаниях уровня на величину свыше ± 3 *см* срезка не производится, и если в данном случае имеется налицо предельное 6-километровое расстояние, то в следующие дни при благоприятной погоде необходимо на данный участок возвратиться и провести срезку. Во всех случаях, независимо от местных условий, работа при срезке выполняется одним ходом взглядом вперед на рейку, установленную на урезе или в воде; устанавливать инструмент на урезе для обратного хода воспрещается.

е) ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТОЯНИЙ

§ 19. При установке телеметра инструмент слегка расшатывается, поэтому определение расстояний производится по окончании всех основных угломерных работ на данной стоянке. Расстояния определяются по пикетам в два хода взлядом назад и взглядом вперед на каждой стоянке; за окончательный результат в нормальных условиях принимается среднее арифметическое из обоих отсчетов, но если одно из наблюдений сделано в явно невыгодных условиях, напр., прямо против солнца (о чем в журнале делается примечание), то ненадежное наблюдение вовсе отбрасывается.

ж) ПОРЯДОК ПРОИЗВОДСТВА НАБЛЮДЕНИЙ

§ 20. Порядок производства наблюдений несколько различается в зависимости от трех основных комбинаций, которые могут встретиться на практике, а именно:

а) стоянка на вехе при отсутствии пикетов между данной вехой и соседними (задней и передней),

б) стоянка на вехе при наличии пикетов,

в) стоянка на пикете.

При всех прочих комбинациях, в том числе при стоянке на примычном тригонометрическом пункте, наблюдения производятся в порядке, установленном для трех основных положений и изложенном ниже в §§ 21—23 (рис. 21).

§ 21. Примером 1-й комбинации (§ 20а) служит стоянка на вехе 4-й. Порядок действий:

а) после центрирования инструмента и приведения уровней измеряется высота инструмента i,

б) горизонтальное направление на веху 3 при круге Лево,
в) вертикальное „ „ „ „ „ „ „ „ ,
г) горизонтальное „ „ „ 5 „ „ „ „ ,
д) вертикальное „ „ „ „ „ „ „ „ ,
е) горизонтальное „ „ „ „ „ „ Право,
ж) вертикальное „ „ „ „ „ „ „ „ ,
з) горизонтальное „ „ „ 3 „ „ „ „ ,
и) вертикальное „ „ „ „ „ „ „ „ ,

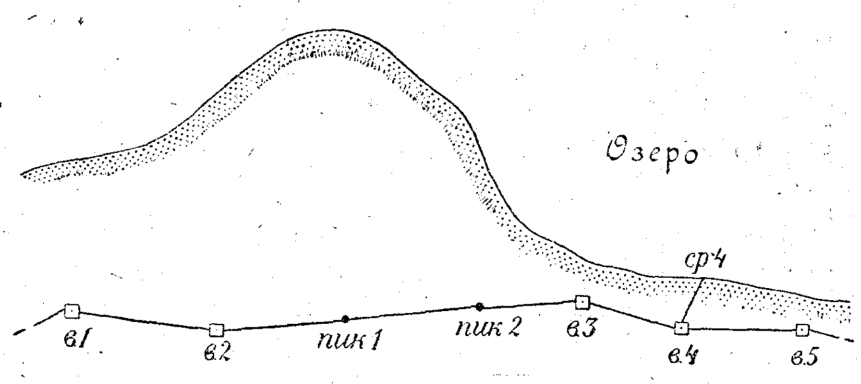

Рис. 21.

к) устанавливается телеметр; расстояние на веху 3 при круге П
л) подсчет горизонтальных углов и М.О; допустимое расхождение не более 10″; одновременно реечник с вехи 5 посылается на ближайшую удобную для срезки точку ср. 4,
м) расстояние на веху 5,
н) „ „ ср. 4; телеметр снимается,
о) горизонтальное и вертикальное направление на ср. 4 при кр. Л и кр. П,
п) измерение высоты инструмента i,
р) общая проверка отчетливости и ясности всех записей, сравнение обоих отсчетов расстояний, проверка полноты работы на данной стоянке,
с) переход на веху 5 после полного контроля (пункты л, п, р).

§ 22. Примером 2-й комбинации (§ 20б) служит стоянка на вехе 2-й. Порядок действий:

а) пикетаж на веху 3,
б) измерение i,

в) горизонтальное направление на веху 1 при круге Лево,
г) вертикальное „ „ „ „ „ „ „ ,
д) горизонтальное „ „ „ 3 „ „ „ ,
е) вертикальное „ „ „ „ „ „ „ ,
ж) горизонтальное „ „ „ „ „ круге Право,
з) вертикальное „ „ „ „ „ „ „ ,
и) реечник с вехи 3-й переходит на пикет 1,
к) горизонтальное направление на веху 1 при круге Право,
л) вертикальное „ „ „ 1 „ „ „ ,
м) „ „ „ пикет „ „ „ „ ,
н) „ „ „ „ „ „ круге Лево,
о) устанавливается телеметр; расстояние на веху 1,
п) подсчет горизонтальных углов и М. О,
р) расстояние на пикет 1,
с) измерение i;
т) общая проверка (§ 21 р) и переход на пикет 1.

§ 23. Примером 3-й комбинации (§ 20 в) служит стоянка на пикете 1-ом (вех 2—3). Порядок действий:

а) измерение i,
б) вертикальный угол на веху 2 при круге Лево,
в) „ „ „ пикет 1 „ „ „ ,
г) „ „ „ „ „ „ „ Право,
д) „ „ „ веху 2 „ круге „ ,
е) подсчет М. О,
ж) установка телеметра, определение расстояния на веху 2 и на пикет 1,
з) измерение i,
и) общая проверка (§ 21 р) и переход на пикет 2.

§ 24. В случае необходимости измерить с данной стоянки несколько горизонтальных углов, задний реечник всегда остается на месте.

в) ВАЖНЕЙШИЕ ПОВЕРКИ И ОБРАБОТКА НАБЛЮДЕНИЙ

§ 25. К поверкам нового инструмента, только что полученного с завода, надо относиться с осторожностью, ограничиваясь важнейшими, а именно:

а) поверкой цилиндрического уровня,
б) определением места нуля,
в) определением коллимационной ошибки и
г) испытанием телеметра (дальномера).

Первая поверка не требует особых пояснений. Место нуля у теодолита Вильда правильнее было бы назвать местом зенита, но по существу дело не меняется, поэтому сохраняется привычный термин М.О. Определение коллимационой ошибки производится с единственной целью установить, можно ли работать данным инструментом при одном положении круга. Надобность в испытании телеметра выяснилась по результату экспериментальных работ, произведенных в Еленовке в апреле 1930 г.

§ 26. При горизонтальном луче зрения отсчет на вертикальном круге составляет 90^0, поэтому формулы для определения М. О и вертикального угла α имеют следующий вид:

$$М.О = 180° - (Л + П) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\alpha = Л - П \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$\alpha = (Л - 90°) \cdot 2 + М.О \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$\alpha = (90° - П) \cdot 2 - М.О \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Формулы (1) и (2) являются основными при геодезическом нивелировании (магистрали, тригонометрических пунктов, точек опорной сети и др.), т. е. для всех работ, которые выполняются при двух положениях круга (Л. и П).

Формулы (3) и (4) имеют двоякое значение: 1) они являются контрольными при обработке наблюдений геодезического нивелирования, т. е. одной из них следует пользоваться для проверки вычисленных значений М.О. и α, 2) по этим формулам производится тахеометрическое нивелирование и вообще всякого рода тахеометрические работы, которые с достаточной для практических целей точностью могут выполняться при одном положении круга.

§ 27. Техника исправления М.О видна на приведенном примере.

Определение М. О. 1″ теодолита Вильда № 1789.

Место и время наблюдения: Еленовка, 13 дек. 1929 г. 15 час.— 15 ч. 20 м.

Состояние погоды: Облачно, ясно, временами снег, штиль, $t^\circ = +1^\circ$.

Точка визирования: Триг. п. Над Комадзором (1-е наблюд.)

Триг. п. Высота 1050 (2-е наблюд.).

1-ое наблюдение.

$Л = 93°25'58'',4$

$П = 86\ 35\ 39,3$

$180\ 01\ 37,7$ $\quad М.О = -1'37'',7$ $\quad \alpha = Л - П = +6°50'19'',1$

$$\frac{\alpha}{2} = +3°25'09'',6$$

$$Л^1 = 90° + \frac{\alpha}{2} = 93°25'09'',6$$

$$П^1 = 90° - \frac{\alpha^2}{2} = 86°\ 34'\ 50'',4$$

$Л^1$ и $П^1$ — идеальные отсчеты при $М.О = 0$. Барабан секунд при круге Л устанавливается на отсчет 0′09″,6. Уровень вертикального круга приводится на середину, крест нитей наводится на триг. п. и исправительными винтами совмещаются штрихи обоих изображений. Далее, при круге П, барабан секунд устанавливается на отсчет 4′50″,4 и совмещение повторяется, после чего производится 2-ое наблюдение.

2-ое наблюдение (произведено на триг. п. Выс. 1050, т. к. триг. п. Над Комадзором скрылся в облаках)

$$Л = 92°11'45'',9$$

$$П = 87\ 48\ 08$$

$$179\ 59\ 53,9 \qquad М.О = +6'',1$$

Исправление М.О. можно производить и при одном лишь положении круга (Л или П), пользуясь каждый раз формулами для определения $Л^1$ или $П^1$.

Вильд рекомендует доводить М.О до 7'' (max.), но практически в поле, при частой переноске инструмента, М.О быстро расстраивается и требует исправления лишь в том случае, если на одной и той же стоянке обнаруживаются колебания свыше 10''; но при сравнительном постоянстве М.О удовлетворительные результаты геодезического нивелирования получаются и при больших значениях М.О (до 40—50''). Однако, как правило, не следует работать при $М.О > 20''$.

§ 28. Коллимационную ошибку в поле исправлять не разрешается. Практического значения при точных работах, выполняемых при двух положениях круга, она не имеет и определяется одним из указанных в брошюре Вильда способом. Простейший из них — визирование отдаленной точки на горизонте, после чего трубу переводят через зенит и замечают в противоположном направлении другую отдаленную точку также близкую к горизонту; повернув алидаду на 180°, вновь визируют первую точку и переводят трубу через зенит; определив отклонение второй точки от вертикальной нити, получают учетверенную величину коллимационной ошибки.

§ 29. Для испытания дальномера необходимо точно отмерить на ровной местности (жезлами, инварной проволокой или эталонированной лентой с применением марок) не менее пяти расстояний в пределах от 30 до 150 *м* и проделать 3 серии наблюдений при $i = v$ и $i = v \pm 10$ *см*, делая в каждом отдельном случае не менее двух отсчетов.

Обработка наблюдений, обнаруживших отклонения пропорциональные расстояниям, производится обычным способом; но надо иметь в виду, что определение коэффициента дальномера и соответствующее вычисление и разбивка делений на рейке производятся на фабрике настолько тщательно, что возможность обнаружения подобных поправок у новых реек почти исключается, и речь может итти лишь о систематической погрешности дальномера, не зависящей от расстояния. У теодолита № 1789 эта поправка, определенная 14 декабря 1930 г. в Эривани, составляла минус 0,053 $м \pm 0{,}005$.

Подобная поверка производится не менее двух раз — до начала и по окончании полевых работ, а во время полевого периода—лишь в том случае, если это не нарушает плана работ.

§ 30. Обработка наблюдений, связанных с проведением магистрали в отношении увязки углов и вычисления полигонов производится обычными методами, не требующими особых пояснений. Вычисление превышений производится по приложенной схеме; в левом столбце — прямой ход, в правом — обратный; a — измеренное телеметром расстояние, a_0 — то же расстояние с введением поправки дальномера (§ 29).

При составлении сводных ведомостей магистрали (по пикетам) выписываются лишь средние превышения.

Приложение к „Инструкции для проведения магистрали 1'' универсалом Вильда".

Форма полевого журнала и образец записи наблюдений

Участок магистрали Салой-банк. Долакнер „24" июня 1930 г.

Стоянка i	Точка визирования	Горизонтальное направление кр. Л / кр. П			Горизонтальный угол β, λ			a Измеренное дальномером расстояние	Вертикальное направление					Примечания. (состояние погоды, вторичн. измер. i)
		°	′	″	°	′	″		ч. м	Круг	°	′	″	
	В. 16	269	50	27,8	87	48	52,2			Л	89	47	34,5	Ясно, тихо, обл. 0
		89	50	26,2	87	48	54,2			П	90	12	36,8	$t° = +22°$
В. 17	В. 18	182	01	35,6	87	48	53,2			Л	90	46	17,2	
1,546		2	01	32						П	89	13	57,0	
	п. 2								14.35	Л	89	51	10,6	Без перемен
								109,73		П	90	09	07,0	
	(в. 16)													$i = 1{,}545$
В. 17										Л	88	40	15,8	
	п. 1							98,18						
1,546										П	91	19	58,0	
	В. 17								14.49	Л	91	18	31,3	Слаб., южн. ветер
								98,76		П	88	41	44,0	
п. 1														$i = 1{,}537$
	п. 2									Л	90	32	43,4	
								101,76						
1,537										П	89	27	32,9	

Приложение 2 к „Инструкции для проведения магистрали 1'' универсалом Вильда".

Геодезическое нивелирование 1'' универсалом Вильда.
Вычисление заложений и превышений

(Схема и образец вычислений)

Пик. 1 — Пик. 2	$v = 1{,}5$ м	Пик. 2 — Пик. 1
$i = 1{,}506$; $\alpha = 81{,}76$		$i = 1{,}537$; $\alpha = 81{,}77$
$\alpha_0 = 81{,}707$		$\alpha_0 = 81{,}717$
$\Lambda = 91°04'09''$		$\Lambda = 88°55'23''$
$\Pi = 88\ 56\ 18$		$\Pi = 91\ 05\ 06$
$\Lambda + \Pi = 180\ 00\ 27$		$\Lambda + \Pi = 180\ 00\ 29$
М·О -27		М·О -29
$\alpha = \Lambda - \Pi = +2\ 07\ 51$		$\alpha = \Lambda - \Pi = -2\ 09\ 43$
$\Lambda - 90 = +1\ 04\ 09$		$\Lambda - 90 = -1\ 04\ 37$
$\times 2 = +2\ 08\ 18$		$\times 2 = -2\ 09\ 14$
М·О $= -27$		М·О $= -29$
$\alpha = +2\ 07\ 51$		$\alpha = -2\ 09\ 43$
$\lg a_0 = 1{,}9122593$		$\lg a_0 = 1{,}9123124$
$\lg \cos \alpha = 9{,}9996996$		$\lg \cos \alpha = 9{,}9996908$
$\lg d_1 = 1{,}9119589$	$d_1 = 81{,}651$; $d_2 = 81{,}659$	$\lg d_2 = 1{,}9120032$
$\lg \operatorname{tg} \alpha = 8{,}5706271$		$\lg \operatorname{tg} \alpha = 8{,}5769281\ n$
$\lg d_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0{,}4825860$	$d = 81.655$	$\lg d_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0{,}4889313\ n$
$d_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha = +3{,}0380$		$d_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha = -3{,}0827$
$i - v = -0{,}006$		$i - v = +0{,}037$
$h_1 = +3{,}0440$	$h = +3{,}0448$	$h_2 = -3{,}0457$

Примечание. После некоторого навыка вертикальные направления следует измерять с точностью до 0'',1, вычисляя h, при α близком к 0°, по формуле

$$h = d \cdot \alpha \cdot \sin 1'' + i - v$$

ИНСТРУКЦИЯ
ДЛЯ СЪЕМКИ БЕРЕГОВОЙ ПОЛОСЫ
1930 г.

§ 1. В изменение инструкции 1929 г. съемка береговой полосы производится тахиметрическим способом и до отметки в 5 *м* над уровнем озера; в равнинной местности, напр. по южному побережью Б. Севана и в районе озера Гилли, съемка доводится до отметки в 3 *м*.

§ 2. Предельное расстояние между станциями тахиметрической съемки устанавливается в 300 *м* с тем, чтобы расстояние от инструмента до реечной точки не превышало 150—170 *м*.

§ 3. Станциями являются:

а) вехи магистрали, тригонометрические пункты и сохранившиеся на местности пикеты магистрали проведенной теодолитом Вильда;

б) точки опорной сети, разбиваемой в тех случаях, когда длина стороны магистрали превышает 1 *км*, а также в случаях, когда магистраль проведена в расстоянии более 150 *м* от берега;

в) точки инструментальных ходов, допускаемых в виде исключения при длине стороны магистрали от 300 до 1000 *м* и при условии, что в данном районе не предстоит съемки подробностей, в противном случае разбивается опорная сеть и при длине стороны магистрали менее 1 *км*.

§ 4. Опорная сеть тахиметрической съемки разбивается в общем по правилам триангуляции низших классов, но с привязкой к вехам магистрали, с тахиметрической нивелировкой базиса по рельефу (измерение базиса производится лентой в 2 хода) и с измерением горизонтальных и вертикальных углов одним приемом.

Точки опорной сети закрепляются на местности по правилам, установленным для обозначения вех магистрали.

§ 5. До окончания периода полевых работ в базе производится контрольная накладка инструментальных ходов на миллиметровке.

§ 6. Начальник партии, выполняющий съемку, учитывает, что обработка съемки может быть выполнена лишь по окончании полевых работ в 1931 г., следовательно не может быть и речи о последующем исправлении допущенных в поле промахов. Поэтому съемка должна производиться без всякого уклонения от инструкции, устанавливающей порядок выполнения работы, при котором всякая возможность просчета или грубого промаха исключается, а именно:

а) горизонтальные направления берутся при одном положении круга (Л), но обязательно по обоим верньерам с записью в журнале градусов и минут для каждого верньера; помощник съемщика, ведущий запись, следит за тем, чтобы разность отсчетов составляла 180° с точностью до 1';

б) расстояния по дальномеру определяются в два приема: сперва делается отсчет от нижней нити до средней, а затем от верхней до нижней; оба отсчета записываются в соответствующие графы и должны относиться друг к другу как 1:2 с точностью до 1 *м*; визирование во всех случаях (определение горизонтальных и вертикальных углов и измерение расстояний) производится при постоянстве $v = 150$ *см* поэтому если нижняя нить не проектируется на рейке, частично закрытой каким-либо препятствием, в графе расстояний делается пометка (х) и отсчеты берутся сперва от средней нити до верхней, а затем наоборот;

в) вертикальные углы измеряются при круге Л, но не иначе, как по двум верньерам, с записью градусов, минут и секунд (при работе 30'' теодолитом), расхождение не должно выходить за пределы $180° \pm 30''$; на каждой стоянке определяется М. О, с подсчетом в поле; при проведении инструментальных ходов и при определении превышений общих точек (с каждой стоянки не менее двух), наблюдения производятся одним полным приемом;

г) в журнале, в графе „описание точки", с исчерпывающей ясностью и полнотой указываются все подробности, помогающие при обработке;

д) абрис ведется с проставлением номеров реечных точек (пикетов) соответственно горизонтальным направлениям, с схематическим нанесением горизонталей и проставлением бергштрихов;

е) высота инструмента измеряется дважды, перед началом работы и перед уходом на следующую стоянку; в журнале проставляются оба отсчета;

ж) по окончании работы проверяется ориентировка.

§ 7. Съемка береговой черты с определением „точек в воде" производится в соответствии с § 31 инструкции 1929 г. с той разницей, что расстояние между реечными точками (пикетами) не должно выходить за пределы 5—25 *м*, при определении рабочего горизонта и 10—50 *м* при определении „точек в воде", другими словами, съемка береговой черты учащается, но реечник посылается в воду через точку.

§ 8. Число точек на кв. *дм* плана в общем зависит от рельефа, который должен быть выражен в горизонталях через 1 *м*. Следует разъяснить реечникам сущность съемки, чтобы необходимые детали не были упущены, но чтобы излишние пикеты не допускались.

§ 9. Вертикальные углы не должны превышать 30°, причем необходимо добиваться вертикального положения реек, которые полезно снабдить простейшими отвесами. В очень трудных условиях, когда снимается высокий скалистый берег, с целью избежать больших превышений допускается отступление от § 3 в том отношении, что съемка производится с висячей переходной точки; при абсолютной невозможности избрать на склоне обрыва переходную точку, можно измерять углы и свыше 30°, но впоследствии, при обработке отметки точек определяются по гидрометрическим данным.

ИНСТРУКЦИЯ

ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТАХИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

1931 г.

§ 1. Полевые журналы тахиметрической съемки обрабатываются по таблицам Тугулова.

Превышения всех стоянок относительно рабочего горизонта выписываются в отдельную ведомость с проставлением даты и момента наблюдения; ведомости передаются затем для увязки нивелировки магистрали.

Отметки вычисляются после окончательной увязки нивелировки, причем отметки стоянок на вехах магистрали и на тригонометрических пунктах выписываются из сводной ведомости магистрали, а отметки стоянок на точках опорной сети и на переходных точках вычисляются и уравниваются между отметками соответствующих вех магистрали.

§ 2. Инструментальные ходы между вехами магистрали обрабатываются на восковке графическим способом с проставлением абсолютных невязок в *м*, после чего увязанные точки переносятся через переводную бумагу на планшеты. Восковки сохраняются как отчетный материал.

§ 3. Плановая обработка опорной сети производится в следующей постепенности;

а) уравниваются углы в треугольниках и в сети с соблюдением условия азимута и фигуры;

б) вычисляются дирекционные углы на плоскости;

в) решаются треугольники;

г) вычисляются координаты Гаусса-Крюгера;

д) производится простое уравнивание координат между соответствующими вехами магистрали;

е) точки накладываются на планшет по координатам.

§ 4. Накладка съемки производится обычным способом транспортиром с 3′ верньером.

§ 5. При обработке съемки на планшете пользуются абрисом. Сперва проверяется правильность расположения точек, затем выписываются до 0,1 *м* отметки, проводятся горизонтали и наносится ситуация. Нулевая горизонталь или нулевая изобата наносится впоследствии, по согласовании с промером, накладка которого производится после накладки съемки.

Планшет с незаконченной обработкой съемки и с наложенным, но необработанным промером поступает для проверки к начальнику работ, который проводит нулевую изобату, после чего планшет поступает в секцию по обработке промера.

Горизонтали проводятся через 1 *м* до отметки в 5 *м*, а а в дальнейшем, в зависимости от степени подробности произведенной съемки, горизонтали проводятся либо через 5 *м*, либо намечаются лишь обрывки горизонталей, либо производится обработка через 1 *м*, если число точек было достаточным.

§ 6. Планшеты составляются в системе прямоугольных координат Гаусса-Крюгера по „Условным знакам для планшетов топографической съемки в масштабе 1:10000 и 1:5000“ ГГУ ВСНХ изд. 1931 г.

Вся съемка обрабатывается в масштабе 1:10000 за исключением острова Севана и Еленовских островов, подлежащих обработке в масштабе 1:2000.

В номенклатуре планшетов расстояние от экватора округляется до 0,5 *км*.

Вычерчивание производится в соответствии с § 67 „Инструкции 1929 г. для гидрографических работ на озере Севан“.

ИНСТРУКЦИЯ

ДЛЯ СУДОВОГО ПРОМЕРА

1930 г.

§ 1. Ввиду краткости срока, данного для судового промера, и необходимости закончить полевые работы в текущем году, для выполнения промера избирается необычный способ измерения глубин механическим лотом на ходу.

§ 2. Работа выполняется параллельными галсами, расположенными поперек озера по общему направлению NE — SW.

§ 3. Расстояние между галсами в Малом Севане не должно превышать 1 *км*, причем в Чубухлинской бухте и в районе наибольших глубин галсы располагаются через полкилометра и учащаются в остальных районах, если будут обнаружены неизвестные до тех пор особенности рельефа.

Расстояние между галсами в Большом Севане заранее не может быть установлено и будет определено дополнительно в зависимости от оперативных соображений.

§ 4. Для сокращения времени промер не должен начинаться и заканчиваться непосредственно у береговой черты, но начальная и конечная точки каждого галса обязательно должны находиться в пределах полосы, захваченной шлюпочным промером.

§ 5. Глубины измеряются имеющимся в Бюро лотом Томсона, снабженным ножным тормозом, который держится отжатым во время

разматывания лотлиня, и зажимается в момент прикосновения лота к дну. Для определения поправки на запаздывание этого действия производятся специальные опыты по секундомеру. Измерение глубин считается удовлетворительным, если продолжительность запаздывания меньше точности отсчета по секундомеру, т. е. 0,2 сек.

При неисправности лота Томсона допускается применение счетчика Наумана. В этом случае требуется повышенное внимание и частый контроль глубин измерением их на стопе, так как благодаря незначительному весу груза, допускаемому при применении этого счетчика, момент прикосновения лота к дну не может быть определен столь же уверенно, как при работе с Томсоном.

При измерении глубин лотом Томсона делается отсчет по счетчику с точностью от 0,5 сажени; для повышения точности отсчета в те дни, когда в распоряжении промерной партии находится счетчик Наумана, он подвешивается на стреле вместо роульса, и через него пропускается лотлинь, идущий к вьюшке Томсона; отсчет делается по обоим счетчикам, причем по счетчику Наумана — до 0,5 *м*.

Не менее двух раз за период промера производится поверка показаний счетчика Томсона по сличению с фактически вытравленной длиной лотлиня, измеряемой стальной рулеткой; по результату троекратных измерений выводятся средние величины через каждые 5 *м* и одновременно составляется таблица перевода измеренных глубин в метры через 1 *м* с точностью до 0,1 *м*. Поверка не может быть выполнена строго в условиях действительности, т. е. при том же натяжении лотлиня, что и во время промера, но происходящая отсюда ошибка в определении истинной глубины в общем незначительна, составляя на 100 *м* не более 0,3 *м*.

§ 6. Перед началом работ, а также после каждого ремонта мотора, точно определяется скорость хода промерного судна в *м/сек.* в условиях выполнения промера, т. е. при наличии плавучего якоря или на малом ходу. Данные эти являются общим контролем скоростей, полученных при промере.

§ 7. Промерное судно снабжается компасом, и рулевой правит строго по заданному румбу.

§ 8. Глубины измеряются через каждые 2 минуты; на глубинах свыше 70 *м*, в силу необходимости, измерение производится через 3 мин.

§ 9. Место измерения каждой 5-ой глубины (т. е. через каждые 10—15 мин.) определяется секстаном с соблюдением следующих правил:

а) опорными точками служат главным образом тригонометрические пункты, т. е. туры, которые предварительно для лучшей видимости окрашиваются известью;

б) расположение опорных точек, выбранных для данного наблюдения, должно удовлетворять общеизвестным правилам определения места по задаче Потенота в отношении величины углов, взаимного расположения и пр.; принимая же во внимание трудные условия наблюдения на неустойчивом мелком судне, необходимо избегать определения по отдаленным пунктам; в общем случае расстояния до опорных точек, в зависимости от условий наблюдения, не должны превышать 6—10 *км*; сочетание длинного расстояния с очень коротким (менее 0,5 *км*) допускается лишь при определении места на стопе;

в) при недостаточной обеспеченности данного района турами, опорными точками могут служить всякого рода предметы, захваченные съемкой Бюро, как-то: маяки, отдельные здания, метстанции, резко выраженные мысы, отдельные камни и пр.; вообще подобным предметам всегда отдается предпочтение, если они расположены ближе и удобнее, чем тригонометрические пункты; ошибки в определении места не должны

превышать 25 *м*, поэтому на выбор опорных точек обращается особое внимание;

г) углы измеряются двумя наблюдателями одновременно по команде старшего наблюдателя; после записи отсчетов следует их взаимно проконтролировать;

д) при отсутствии второго наблюдателя наблюдения производятся двумя секстанами обычным методом, т. е. с повторным измерением левого угла и с отнесением среднего из двух измерений к моменту измерения правого угла; работа одним секстаном не допускается;

е) в начальной и конечной точках каждого галса измерение глубин производится на стопе с определением места секстаном.

§ 10. Независимо от определения места секстаном, в журнале отмечаются все сведения полезные для обработки, напр., момент пересечения створа опорных точек и иных предметов, захваченных съемкой Бюро, траверзы, глазомерно определенные расстояния до берега в начальной и в конечной точках галса, а также все сведения, касающиеся состояния погоды и озера (направление и скорость ветра, направление и сила волнения, наличие дрейфа или течения); далее в журнал заносятся компасный курс и моменты остановки машины и дачи хода при всякого рода остановках во время промера (вследствие неисправности двигателя или для измерения глубины на стопе).

§ 11. В промежуток времени между секстанными определениями технический персонал контролирует лотовых и производит добавочные наблюдения, связанные с определением поправки (§ 12).

§ 12. Для определения поправки на искривление лотлиня на ходу производятся специальные опыты путем расстановки буйков на точно измеренных глубинах с определением расстояния между буйками; измеряя глубины на ходу в моменты прохождения буйков (при этом учитывается скорость разматывания лотлиня, т. е. измерение начинается заблаговременно), определяют также скорость хода судна. Место испытания избирается в районе с медленно меняющимися глубинами (напр., в 5—10 *км* на SW от Шорджи).

Не полагаясь исключительно на производство специального испытания, для которого может не хватить времени и которое все равно не будет полноценным, если оно будет выполнено лишь на 1—2 глубинах и при 1—2 скоростях хода, — необходимые данные определяют попутно с выполнением промера, а именно:

а) не менее трех глубин на каждом галсе, не считая начальной и конечной точек, измеряется на стопе с определением места секстаном;

б) в М. Севане делается несколько контрольных галсов, перекрещивающихся с основными галсами;

в) возможно чаще определяется по секундомеру продолжительность падения груза на дно;

г) на различных скоростях хода измеряется с точностью до 2° углы отклонения лотлиня от вертикали.

§ 13. Каждое измерение глубины на стопе сопровождается взятием образца грунта с последующей передачей образца в лабораторию Бюро.

§ 14. Измеренные глубины, грунты и скорости (§ 12 в) записываются старшим лотовым в особый журнал. Устанавливается специальное обозначение для глубин, измеренных на стопе.

§ 15. По мере накопления полевого материала, в базе производится контрольная накладка точек, определенных секстаном на двухверстке с помощью прозрачной бумаги. Начерно проводятся изобаты и выводятся заключения о ходе работы и о необходимости повторить или дополнить промер в том или ином районе.

ИНСТРУКЦИЯ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ СУДОВОГО ПРОМЕРА
1931 г.

§ 1. Планшеты судового промера составляются в масштабе 1 : 25000 с разбивкой рамок в системе Гаусса-Крюгера.

§ 2. Точки судового промера, определенные секстаном, вычисляются по задаче Потенота и накладываются по координатам на планшеты.

§ 3. Положение начальной и конечной точек каждого галса проверяется накладкой на законченные планшеты масштаба 1 : 10000 для сличения с данными шлюпочного промера. Последний координируется более точными методами, поэтому, в случае расхождения, координаты проверяемой точки исправляются по данным шлюпочного промера.

§ 4. По расстояниям и по продолжительности хода судна между двумя секстанными определениями вычисляется скорость хода судна, принимаемая для данного участка за величину постоянную; промежуточные точки наносятся по счислению. Попутно учитываются все данные, занесенные в полевой журнал и позволяющие проконтролировать счисление и секстанные точки. В сомнительных случаях, когда секстанные точки без видимых причин ложатся в стороне от галса или дают колебания в скорости хода свыше 0,2 *м/сек*, ненадежные определения выбрасываются, и весь участок накладывается по счислению.

§ 5. Перед выписыванием на планшете отсчеты глубин приводятся к нулю; для этого глубины, измеренные на стопе, непосредственно исправляются, на величину g (§ 65, инструкция 1929 г.), а показания счетчика, полученные на ходу, сперва исправляются поправкой на запаздывание и на место нуля, а затем по таблицам приводятся к истинной глубине, которые и исправляются на разность уровней g.

§ 6. После проверки всех данных, перечисленных в §§ 4 и 5, составляется журнал судового промера, в который заносятся для каждого галса в отдельности номера глубин, даты (год, мес., число, часы, минуты) номера точек секстанных определений; координаты секстанных точек, измеренные и приведенные глубины, скорости хода и пройденные между двумя измеренными точками расстояния, грунт и всякого рода пояснения.

§ 7. Перед обработкой на планшеты судового промера пантографируются данные шлюпочного промера, после чего проводятся изобаты через 1 *м* с проставлением бергштрихов и характерных глубин. Прочие глубины удаляются, но основа промера, т. е. все секстанные точки и все промежуточные глубины снимаются на кальки, которые и хранятся как отчетный и справочный материал.

§ 8. Вычерчивание планшетов производится по „Условным знакам для планшетов топографической съемки в масшт. 1 : 25000 ГГУ ВСНХ 1931 г.“ с нижеследующими изменениями и дополнениями:

а) наносятся черной тушью изобаты через 1 *м* с утолщением изобат кратных пяти;

б) характерные глубины вычерчиваются по условным знакам ГУ РККА 1931 г.;

в) при расстояниях между изобатами менее 0,12 *мм* показываются обрывы;

г) вычисляются и вычерчиваются соответствующие скалы уклонов и крутизны скл[illegible]

д) в номенклатуре в системе Гаусса-Крюгера расстояние от экватора о[illegible] до 0,5 [illegible]

БИБЛИОТЕКА ЛЕНИНГРАДСКОГО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА