

626.17

Б-69

23455

Е. В. Б Л И З Н Я К

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ
ИЗЫСКАНИЯ

МОСКВА

1955

Е. В. БЛИЗНЯК
заслуженный деятель науки и техники,
профессор, доктор технических наук

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Д о п у щ е н о
Министерством высшего образования СССР
в качестве учебника для факультетов
гидротехнической специальности
инженерно-строительных вузов

23405



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ
Москва—1956

В книге рассмотрены методы топографо-геодезических, гидрологических, инженерно-геологических и других исследований рек, озер и водохранилищ, а также специальные изыскания при осуществлении гидротехнического строительства (разбивка сооружений, выравнивательные работы, изыскания каналов, изыскания для лабораторных исследований).

Книга является учебником для гидротехнических факультетов инженерно-строительных вузов. Она может быть использована как производственное пособие при гидротехнических изысканиях проектными и строительными организациями.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий учебник составлен в соответствии с программой курса «Гидротехнические изыскания», утвержденной Министерством высшего образования СССР для гидротехнических специальностей инженерно-строительных вузов. Учебник состоит из пяти разделов, из которых разделы I—III посвящены главным образом речным и озерным комплексным изысканиям и исследованиям, а также водохранилищам; в разделе IV рассматриваются специальные изыскания, куда входят разбивка сооружений, изыскания для выравнивательных работ, каналов, лабораторных исследований и др.; в разделе V описываются организация изысканий, составление норм, расценок и смет; раздел заканчивается главой о дальнейших усовершенствованиях методики изысканий.

Что касается гидрометрических работ и экономических вопросов, то они рассматриваются лишь попутно, в связи с другими изыскательскими работами, так как по гидрометрии и экономике водного хозяйства в учебных планах имеются отдельные курсы.

По недостатку места не описаны в настоящем труде изыскания и исследования на малых реках, для дноуглубительных работ, гидромеханизации.

Необходимо отметить, что гидротехнические изыскания, представляющие собой важную отрасль инженерного дела, развиваются в СССР в очень больших масштабах, в соответствии с громадным ростом гидротехнического строительства.

Считаю долгом поблагодарить проф. К. А. Михайлова за подробную ценную рецензию настоящего труда, доц. Ю. В. Александровского и редактора Н. М. Бочкова за ряд ценных замечаний. Ассистента В. В. Большакову благодарю за помощь при подготовке рукописи к изданию.

Раздел первый
**ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
ИЗЫСКАНИЙ**

**Глава I. ЗАДАЧИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ.
КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ
И ИССЛЕДОВАНИЙ ВОД В СССР**

§ 1. ЗАДАЧИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Гидротехнические изыскания представляют собой совокупность полевых, камеральных и лабораторных работ, выполняемых с целью получения материалов, необходимых для составления проектов использования водных ресурсов, проектов борьбы с вредным действием вод, проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений.

При гидротехнических изысканиях всегда следует учитывать необходимость комплексного использования водных ресурсов.

**§ 2. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОД
И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ**

**1. Допетровский и петровский периоды.
Последующие работы (до 1875 г.)**

В древнейшем памятнике русской культуры — в «Летописи Нестора» — содержатся сведения о реках и их притоках, отмечаются особые явления, например наводнения, паводки и др. Особый интерес представляет выдающийся труд «Древняя Российская гидрография» («Книга Большому чертежу»), составление которого относится к 1627 г., в нем помещено описание многих рек Европейской России и Сибири.

Однако начало систематического изучения рек и гидротехнических изысканий в России относится к петровскому периоду. В связи с проектированием и строительством водных путей сообщения были выполнены обширные работы по исследованиям рек и изысканиям водных соединений. Как известно, в то время была построена первая в России водная Вышневолоцкая система, ее строительством непосредственно руководил выдающийся русский строитель-самородок М. И. Сердюков.

В 1715 г. был организован первый водомерный пост на Неве; в последующие годы измерены расходы воды Волги у Камышина, произведены сравнительно большие съемочные и промерные работы.

Из гидрологических работ середины XVIII в. должны быть отмечены исследования, организованные великим русским ученым М. В. Ломоносовым, который в связи с составлением Академией наук Атласа России организовал в 1760 г. сбор и обработку некоторых сведений о сроках замерзания рек, паводках и т. д.

В 1767 г. было учреждено Главное управление водяных коммуникаций. С этого времени начались более планомерные работы по исследованию и описанию водных путей.

В 1809 г. был открыт Институт инженеров путей сообщения, в учебный план которого вошли геодезия, астрономия, гидрография; в том же году вышла в свет первая гидрографическая карта Европейской России.

2. Организация Навигационно-описной комиссии и последующие работы до Великой Октябрьской социалистической революции (1875—1917 гг.)

С 70-х годов прошлого столетия, с развитием капитализма в России, усилилось использование рек как путей сообщения. В связи с этим в 1875 г. была создана Навигационно-описная комиссия под председательством П. А. Фадеева, действовавшая до 1884 г. Для исследований (описания) рек были организованы специальные «описные партии», которые произвели исследования ряда рек в Европейской и Азиатской России; материалы исследований были изданы. Была организована сеть водомерных постов и гидрометрических станций.

Следует отметить работы образованной в 1894 г. по инициативе выдающегося ученого В. В. Докучаева и действовавшей до 1908 г. «Экспедиции по исследованию истоков главнейших рек Европейской России». Экспедицией были исследованы истоки и верховья Днепра, Оки, Западной Двины, Дона, Волги и изданы ценные труды. Программа работ экспедиции была значительно шире, чем Навигационно-описной комиссии.

Кроме описанных работ, имевших преимущественно водно-транспортное значение, необходимо отметить также исследования и изыскания, произведенные в 1873—1898 гг. в связи с осушением болот в Полесье.

Когда в начале XX в. возникла необходимость составления проектов использования водной энергии, создания глубоководных путей, орошения значительных земельных площадей, была вновь произведена в 1906—1914 гг. коренная переработка действовавших инструкций по производству водных исследований со зна-

чительным расширением состава и объема изыскательских работ с учетом требований гидротехники.

В период (1909—1917 гг.) была организована довольно обширная сеть гидрометрических станций и водомерных постов.

Что касается водноэнергетических изысканий, то планомерных работ в этой области организовано не было, и изыскания производились в зависимости от тех или иных задач текущего момента, например изыскания для гидростанций на реках Волхове, Великой и др.

3. Гидротехнические изыскания после Великой Октябрьской социалистической революции (1917—1931 гг.)

После Великой Октябрьской социалистической революции коренным образом изменился характер исследований вод. В основу гидротехнических изысканий были положены задачи планового комплексного использования водных ресурсов.

Наиболее капитальными работами в течение первых лет после Великой Октябрьской социалистической революции следует признать изыскания в связи с постройкой на р. Волхове гидроэлектрической станции. Эти изыскания интересны как по объему работ, так и по обширности и комплексности программы.

Обширные изыскательские и проектные работы по ирригации развернулись в Средней Азии («Иртур»).

В 1919 г. в Ленинграде был организован первый в мире Государственный гидрологический институт (ГГИ). Роль ГГИ в развитии советской гидрологии и изучении вод исключительно велика.

В течение рассматриваемого периода был создан также ряд специализированных водноэнергетических и воднотранспортных проектно-изыскательских организаций для решения конкретных проектных задач. Из этих организаций впоследствии выросли проектно-изыскательские институты: Гидроэнергопроект, Гидропроект, Гипроречтранс, Гипровод и др.

Из работ периода (1923—1925 гг.) следует особо отметить изыскания для Днепровской ГЭС у Запорожья, для Свирской ГЭС, а также изыскания Мариинской системы, соединения Волги и Дона, для крупных оросительных систем в Средней Азии и др.

Большой интерес представляют изыскания в бассейне Волги, начавшиеся в 1930 г. в связи с проектом использования водной энергии в районе Самарской Луки и развернувшиеся в 1931 г. обширные изыскательские работы в связи с грандиозной пробле-

мой — Большая Волга, а также изыскания для канала Москва—Волга, ныне канала имени Москвы. При этих изысканиях широко применяли аэрофотосъемку.

В 1920 г. был утвержден VIII Съездом Советов план электрификации России — ГОЭЛРО, вдохновителем создания которого был В. И. Ленин. Этот исторический план послужил мощным толчком для широкого использования водных ресурсов СССР и развития гидротехнических изысканий.

В 1929 г. был организован Гидрометеорологический комитет при СНК СССР, объединивший изучение всех вопросов, относящихся к гидрологии, гидрографии, метеорологии, геофизике, преобразованный впоследствии в Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР.

4. Водный кадастр СССР. Дальнейшие исследования вод Советского Союза

Госпланом СССР в 1931 г. было принято важное решение о составлении Водного кадастра СССР, который представляет собой составленный по единой методике свод гидрологических сведений о водах Советского Союза, предназначенный для оценки водных ресурсов и составления планов и проектов их использования. В Водный кадастр СССР включаются сведения, характеризующие реки, озера, болота, ледники, подземные воды, моря.

По широте и комплексности программы, по глубине теоретического обоснования и по объему советский Водный кадастр является наиболее совершенным в мире.

В Водный кадастр вошли материалы с 1875 по 1935 гг., а с 1936 г. издаются Гидрологические ежегодники.

В Академии наук СССР разрабатывается методика составления Водохозяйственного кадастра СССР.

Особенно широкого размаха гидротехнические изыскания достигли в послевоенный период в связи с постановлениями Совета Министров СССР о строительстве крупнейших гидростанций: Куйбышевской и Сталинградской на Волге, Каховской на Днепре, а также Волго-Донского судоходного канала имени В. И. Ленина и др.

Гидротехнические изыскания приобретают еще большее значение в связи с небывалым размахом строительства гидроэлектростанций, предусмотренным директивами XX съезда КПСС. За пятилетие общая мощность гидроэлектростанций увеличится в 2,7 раза. Намечено создать единую энергетическую систему Европейской части СССР, Центральной Сибири и др. Все это, конечно, потребует проведения обширных гидротехнических изысканий.

Глава II. КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ. СОСТАВ РАБОТ

§ 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ И СВЯЗЬ ИХ С ПРОЕКТИРОВАНИЕМ

Гидротехническое строительство в СССР производится по утверждаемым в установленном порядке проектам, которые составляют на основании заданий на проектирование; в этих заданиях указывают: назначение проектируемых объектов, район или пункт строительства, сроки строительства, условия работы гидростанций в энергетической системе, данные по грузообороту водных путей, водопотребление и другие основные данные.

Проектирование ведется по следующим стадиям¹:

1) проектное задание; цель его выявить техническую возможность и экономическую целесообразность намечаемого в данном месте строительства и установить основные технические решения проектируемых объектов, стоимость строительства и основные технико-экономические показатели; при наличии вариантов должен быть выбран основной;

2) технический проект; в его задачу входит разработка принятых в проектном задании технических решений по сооружениям и основным вопросам использования водотока (для энергетики, водного транспорта, ирригации и др.), компоновка сооружений, определение объемов строительства, методов производства работ и т. д.; установление стоимости строительства по уточненной смете; кроме того, в проекте уточняют технологический процесс строительства и условия эксплуатации сооружений;

3) рабочие чертежи; они являются завершающей стадией проектирования, и по ним осуществляются строительные и монтажные работы. В рабочих чертежах производится увязка строительных конструкций с оборудованием, разработка конструкций оснований и фундаментов в увязке с уточненными данными изыскательских работ, проектирование вспомогательных сооружений по водному хозяйству, энергетике и другим элементам водохозяйственного комплекса.

Разрабатываются также диспетчерские планы работы водохранилищ, гидростанций и других объектов, выполняется отбивка зоны водохранилищ на местности.

Проектирование гидротехнического строительства ведется по трем перечисленным стадиям при сложных топографических, гидрологических, геологических и прочих условиях, при сложных конструкциях, больших масштабах строительства и пр.

¹ Инструкция по составлению проектов и смет по гидротехническому строительству (И 109-53), Госэнергоиздат, 1954.

Если же сооружения и физико-географические условия, в которых они находятся, не отличаются сложностью, то проектирование производится по двум стадиям: проектное задание и рабочая чертежи.

При проектировании особо сложных и ответственных объектов строительства, например комплексного водохозяйственного использования больших рек, использования водных ресурсов обширных районов, при проектировании больших каналов, крупных ирригационных систем и т. п., составляют вначале технико-экономический доклад (ТЭД) и схему использования водотоков.

В технико-экономическом докладе дается предварительная экономическая и техническая разработка вопросов.

Схема использования водотока имеет целью наиболее целесообразную разбивку его на участки и бьефы и установление места расположения гидроузлов, водозаборов, сбросов сточных вод и т. д.

Технико-экономический доклад и схема использования относятся к вневостадийному проектированию.

В соответствии с вышеизложенным производятся и изыскания, которые либо предшествуют проектным работам, либо выполняются параллельно с проектированием, несколько его опережая.

1) рекогносцировочные изыскания предшествуют составлению технико-экономического доклада;

2) предварительные изыскания, называемые также облегченными, предшествуют составлению проектного задания; они производятся для всех вариантов проекта;

3) подробные изыскания, называемые также окончательными, предшествуют составлению технического проекта; их следует выполнять только для утвержденного варианта проектного задания;

4) строительные изыскания, или предпостроечные, производятся для составления рабочих чертежей.

Для всемерного ускорения и удешевления проектирования сооружений необходимо сокращать число стадий изысканий и проектирования.

В зависимости от целевых установок гидротехнические изыскания могут быть разделены на комплексные, водно-энергетические, воднотранспортные, лесосилавные, ирригационные, осушительные, портовые, для водоснабжения и др.

Кроме этого, изыскания могут быть классифицированы по объектам: изыскания и исследования рек, озер, водораздельных районов, болот, ледников, подземных вод, морей, каналов и др.

Кроме указанных основных групп гидротехнических изысканий, имеется еще ряд специальных исследований; производятся они по особым заданиям и программам в зависи-

мости от требований проектов и поставленных ими целей. К ним относятся специальные исследования перекаатов, весенних паводков, специальные геотехнические исследования, исследования изгоплений, изыскания при землечерпани и многие другие.

Перечисленные изыскательские работы составляют группу так называемых технических изысканий и исследований. Кроме них, для обоснования проектов с экономической точки зрения обязательно производятся экономические изыскания по особым программам.

§ 4. СОСТАВ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ И ИХ КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Какой бы характер ни имели изыскания, в состав их входят следующие категории работ:

- 1) подготовительные;
- 2) полевые;
- 3) окончательные камеральные (обработка полевых материалов).

Кроме того, нередко производятся изыскания для специальных лабораторных работ.

Подготовительные работы разделяются на предварительные камеральные и организационные. Предварительные камеральные состоят в сборе и изучении до начала полевых работ всех главнейших материалов, относящихся к исследуемому водным объектам (река, озеро и т. п.). Сюда относятся материалы по геодезии, картографии, гидрологии, геологии, геоморфологии, гидрогеологии, гидрохимии, гидробиологии, экономике района и вообще все материалы, которые могут быть использованы как при изысканиях, так и при последующем проектировании.

Организационные работы заключаются в выявлении объемов и составлении плана организации гидротехнических изысканий, выработке программ, инструкций, составлении сметы, заготовке инструментов, оборудования и пр.

Полевые работы состоят из операций, производимых на месте, в поле (съёмка, нивелирование, промеры глубин и др.), согласно разработанным программам, согласованным с требованиями проекта.

Целью окончательных камеральных работ является обработка материалов полевых работ (составление отчетных документов, профилей, карт и т. д.).

В состав специальных изысканий могут быть включены изыскания для лабораторных исследований на моделях узлов сооружений, отдельных сооружений, русловых процессов, специальные химические анализы, механические испытания и т. п.

Глава III. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

§ 5. ОБЩИЕ ДАННЫЕ. ОСНОВНЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ. ГЛАВНЕЙШИЕ МАТЕРИАЛЫ

Дать сколько-нибудь исчерпывающие указания, какие именно материалы следует собирать при тех или иных изысканиях, трудно. Во всяком случае необходимо использовать работы предшественников для наиболее всестороннего изучения водного объекта.

Так как картографические, гидрологические и геологические данные представляют собой основные материалы, на изучение их надо обратить внимание в первую очередь.

Рекомендуется ознакомиться с материалами, имеющимися в Геокартфонде Главного управления геодезии и картографии, учреждениях Гидрометеорологической службы, особенно в Государственном гидрологическом институте, в Министерстве геологии и охраны недр, Министерстве речного флота, институтах Гидроэнергопроект и Гидропроект Министерства электростанций, Министерстве сельского хозяйства и др. Можно использовать также материалы, имеющиеся в Академии наук СССР, филиалах Академии наук СССР и в академиях наук союзных республик.

Из основных печатных материалов необходимо отметить следующие: 1) Справочники по водным ресурсам СССР; 2) «Сведения об уровне воды» (1881—1935 гг.); 3) Водный кадастр СССР. Материалы по режиму рек СССР (1875—1935 гг.); 4) Гидрологические ежегодники (выходят с 1936 г.); 5) издания Главной геофизической обсерватории; 6) «Известия и труды Государственного гидрологического института» и другие его издания; 7) труды Географического общества СССР и его отделений; «Вопросы географии» (сборники Московского филиала Общества); 8) издания Министерства геологии; 9) издания министерств морского и речного флота.

Во всех случаях при сборе материалов необходимо производить их оценку и анализ для установления качества материалов и их надежности. При сборе материалов необходимо их систематизировать, чтобы облегчить использование их при дальнейших работах.

На основании этих материалов составляются предварительные очерки по топографии, геологии, гидрогеологии, гидрологии и т. д.

По этим данным и полученному заданию составляют план изысканий, программы полевых работ и методические инструкции для производства отдельных исследований (см. гл. XX).

Раздел второй РЕЧНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

А. ПОДРОБНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕК

Глава IV. СОСТАВ РАБОТ, ВХОДЯЩИХ В ПОДРОБНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕК

§ 6. СОСТАВ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

В состав подробных комплексных исследований рек входят работы: камеральные предварительные, организационные, полевые, обработка полевых материалов, специальные лабораторные.

Краткие сведения о предварительных камеральных работах приведены в гл. III.

Ниже приводится перечень полевых работ:

- 1) предварительная рекогносцировка;
- 2) работы геодезические и топографические: а) проложение опорной сети; б) нивелирование; в) съемка.
- 3) работы промерные (промеры глубин); траление;
- 4) работы гидрологические: а) устройство водомерных постов и производство наблюдений над колебаниями уровня воды; б) приведение полевых работ к срезочному (условному) уровню и вычисление срезки; в) определение скоростей течения и расходов воды; г) наблюдения над наносами и переформированиями русла; д) определение уклонов и коэффициентов шероховатости; е) исследования температурного режима, замерзания, зимнего состояния и вскрытия рек; ж) наблюдения над цветом и прозрачностью воды; з) наблюдения над волнением (на больших реках);
- 5) работы метеорологические и климатические;
- 6) работы инженерно-геологические;
- 7) исследования почвенные;
- 8) исследования геоботанические;
- 9) исследования гидрохимические;
- 10) исследования гидробиологические (изучение флоры и фауны вод), в частности исследования ихтиологические (рыбного хозяйства);
- 11) работы разные: а) фотографические; б) собирание дополнительных сведений — картографических, гидрологических, геологических, метеорологических, о судоходстве и сплаве, по использованию водной энергии, мелиорации, по рыбному хозяй-

ству, экономических и др.; в) описание гидротехнических и других сооружений на реках.

12) исследования специальные (в зависимости от требований проекта и задания).

Перечисленные работы не всегда выполняются по развернутым программам. В частности, работы, перечисленные в п. 7—10, при воднотранспортных и водноэнергетических изысканиях производятся по сокращенным программам; в этих случаях они могут быть отнесены к специальным. При гидромелиоративных изысканиях почвенные и геоботанические исследования занимают видное место. В каждом случае необходимо учитывать требования проектов. Надо добавить, что при изысканиях крупных и сложных объектов для выполнения отдельных работ нередко привлекаются (по договорам) специальные организации, например для производства аэрофотосъемки, почвенных исследований, специальных исследований и др.

Так как в состав гидротехнических изысканий входит ряд работ, производство которых описывается в специальных курсах (геодезия, геология, гидрометрия и др.), то ниже при рассмотрении соответствующих работ обращается лишь внимание на их особенности при производстве изысканий, а также описываются те из них, которые не излагаются в указанных курсах и которые предусмотрены в программе.

§ 7. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РЕКОГНОСЦИРОВКА

Перед началом подробных изысканий должна быть произведена предварительная рекогносцировка исследуемого участка реки для общего ознакомления с ее характером и состоянием опорных геодезических знаков, которые могут быть использованы при дальнейших работах, а также для проверки гидрологических и метеорологических наблюдений, проводимых в районе.

Особое внимание надо обратить на использование материалов аэрофотосъемки.

Одновременно уточняются сведения, относящиеся к организации изысканий: обеспечение рабочими и материалами, питание, размещение изыскательских отрядов и т. п. Само собой разумеется, основные сведения должны быть по возможности получены при выполнении подготовительных работ (камеральных и организационных).

Глава V. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

§ 8. СОСТАВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И ТОПОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

В состав геодезических и топографических работ входят: проложение опорной сети, нивелирование, съемка.

При выполнении их надлежит иметь в виду следующие основные положения:

1) вследствие чрезвычайно большого разнообразия условий, в которых производится гидротехнические изыскания, и значительной стоимости геодезических и топографических работ, необходимо с особой тщательностью выбирать методы их производства: класс триангуляции или полигонометрии, класс нивелирования, способы съемок и в особенности масштабы съемок;

2) следует в точности соблюдать утвержденные инструкции и обеспечивать высокое качество работ;

3) необходимо использовать материалы съемок и нивелировок, имеющихся в исследуемом районе, и произвести привязку топографо-геодезических работ к опорным плановым и высотным пунктам государственной опорной сети;

4) следует обратить особое внимание на тщательное закрепление работ знаками на местности, имея в виду требования строительных работ, а также возможность производства повторных и дополнительных изысканий для последующих стадий проектирования в будущем.

§ 9. ПРОЛОЖЕНИЕ ОПОРНОЙ СЕТИ

1. Основные положения

Перед производством съемок необходимо определить на местности ряд опорных плановых и высотных точек с большой точностью, в таком количестве, чтобы, пользуясь ими, можно было в дальнейшем обеспечить требуемую точность нанесения на план необходимых подробностей и изображения рельефа и ситуации местности.

Опорные точки могут определяться астрономическими способами, по наблюдениям небесных светил; такие точки называются астрономическими пунктами; точки, определенные посредством триангуляции, называются тригонометрическими пунктами; точки, определенные посредством полигонометрии, называются полигонометрическими пунктами.

2. Астрономические определения

Астрономические определения ведутся посредством астрономических наблюдений, позволяющих установить географические координаты точек (широту и долготу), что отличает их от триангуляции, при которой получают относительные положения точек. Второй способ (триангуляция) нахождения положения точек точнее, чем первый способ (астрономический). Меньшая точность астрономических наблюдений объясняется тем, что при

ошибке в измерении углов $\pm 0,5''$ * получается погрешность в определении координат, равная около ± 14 м, в то время как при той же величине ошибки в измерении углов треугольника (триангуляция) со сторонами около 60 км на земле точки определяются с точностью до нескольких сантиметров. Обычно астрономическим способом определяют несколько точек, которые включаются в триангуляционную сеть.

Кроме того, астрономические определения координат отдельных точек и азимутов линий производятся при проложении полигонометрических ходов, при производстве изысканий в мало изученных районах и др.

3. Триангуляция

Сущность триангуляции заключается в следующем. С особой тщательностью измеряют базис (предельная ошибка в первоклассных триангуляциях не превышает $1 : 600\,000 - 1 : 1\,000\,000$), который входит в сеть разбиваемых на местности треугольников (рис. 1); углы последних измеряют точными угломерными инст-

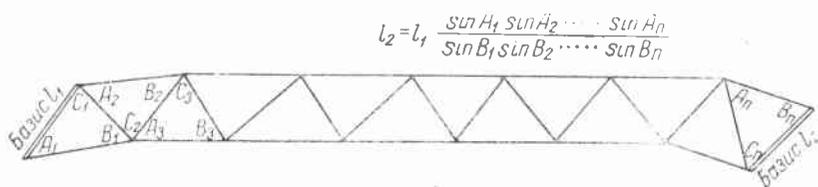


Рис. 1. Схема триангуляции

рументами (теодолитами и универсалами). Решая треугольники, начиная с первого, одной из сторон которого является базис, вычисляют длину их сторон.

В конце ряда треугольников измеряют новый базис, длина которого вычисляется в результате решения последнего треугольника. Из сравнения длины базиса, вычисленной и измеренной, можно судить о точности триангуляционных работ. После увязки полученной расходимости между вычисленной и измеренной длиной базиса путем введения соответствующих поправок можно вычислить координаты опорных точек — вершин треугольников — с требуемой точностью. Следует добавить, что кроме аналитических методов увязки триангуляционных сетей можно иногда применять также и графические методы; в этой области представляют интерес графические методы, разработанные Н. И. Товстолесом **.

* $\pm 0,5''$ — точность первоклассных астрономических определений координат пунктов.

** Н. И. Товстолес, Методы строительной механики в применении к решению задач геодезии и маркшейдерии, Киев, 1953.

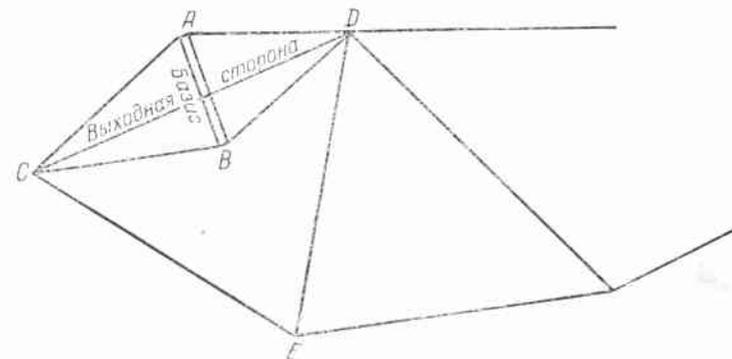


Рис. 2. Базисная сеть

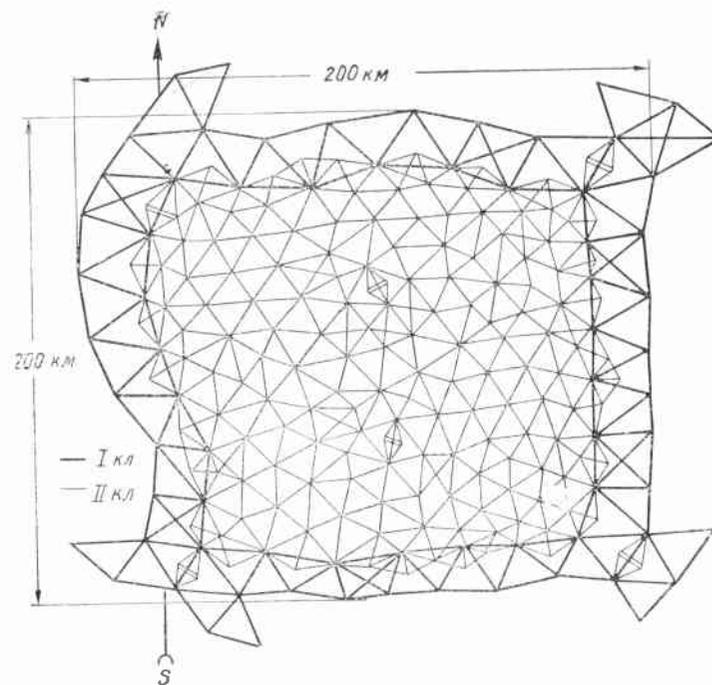


Рис. 3. Схема триангуляционной сети

Для уменьшения измеряемой длины базиса строят так называемую базисную сеть в виде четырехугольника (рис. 2), в котором непосредственно измеряется малая диагональ AB , являющаяся базисом; измерив все углы в четырехугольнике, можно вычислить большую диагональ CD , которая является стороной первого треугольника и называется выходной стороной.

Государственная опорная сеть (на основе триангуляции и полигонометрии) разделяется на классы I, II, III, IV, причем основным методом развития опорной государственной сети является триангуляция.

На рис. 3 показана схема опорной сети I—IV классов.

В настоящее время триангуляция I и II классов на территории СССР в основном (за исключением некоторых отдаленных районов) закончена.

При проведении гидротехнических изысканий фактически приходится иметь дело со сгущением триангуляционной сети внутри I и II (а иногда и III) классов до III и IV классов. Для многих районов СССР уже имеется в непосредственной близости от русел рек также сеть триангуляционных пунктов III и IV классов, поэтому в этом случае задача проложения опорной сети значительно облегчается.

В связи с развитием крупномасштабных съемок в СССР (до масштабов 1 : 5 000 и крупнее). Главным управлением геодезии и картографии разработана приведенная выше новая схема проложения геодезической сети, согласно которой длины сторон треугольников должны быть: I класс 20—25 км, II класс около 13 км, III класс около 8 км, IV класс 1,5—6 км. Благодаря этому будет получена более точная и более густая сеть опорных пунктов (по сравнению с прежней) и облегчится производство гидротехнических изысканий.

На основе пунктов сети I—IV классов, для обоснования съемки реки и ее поймы производят дальнейшее сгущение сети. При этом применяют:

- 1) триангуляцию V класса (аналитические сети) со сгущением сети дополнительными пунктами (определяемыми засечками) и пунктами микротриангуляции (VI класса);
- 2) полигонометрию V класса со сгущением сети полигонометрией VI класса или микротриангуляцией.

Триангуляция V класса прокладывается в виде сети треугольников со сторонами длиной 1—3 км, в зависимости от ширины реки и ее поймы (и вообще от ширины полосы съемки).

Микротриангуляция состоит из сети треугольников со сторонами длиной 0,3—1 км. Не реже чем через 15—20 треугольников микротриангуляция должна опираться на пункты или стороны тригонометрической или полигонометрической сети.

4. Полигонометрия

Сущность полигонометрии заключается в следующем. На местности прокладывается ряд ломаных линий разных длин. Длины всех линий и углы поворота точно измеряются. Начало и конец полигонометрического хода желательно привязывать к тригонометрическим пунктам.

Проложение полигонометрических ходов может оказаться целесообразным в тех случаях, когда район изысканий сильно вытянут в длину, а ширина полосы (поймы), подлежащей съемке, незначительна; равным образом полигонометрия может применяться в горных и закрытых районах, заросших лесом, и при городских съемках.

Длины линий, входящих в состав полигонов, измеряются разными способами (см. ниже).

При построении полигонометрической опорной сети соблюдается, как и в триангуляции, основной принцип перехода от общего к частному, т. е. полигонометрические ходы низших классов опираются на ходы высших классов.

На рис. 4 показано построение полигонометрического хода.

Так как непосредственное измерение главных сторон в большинстве случаев невозможно, то между главными пунктами прокладывают промежуточные ходы с более короткими сторонами. Например, для определения длины AB (рис. 4) проложен промежуточный ход $AabB$, образующий вместе с главной стороной AB так называемое промежуточное звено, при этом углы a , b , а также примыкающие углы α и β должны быть измерены.

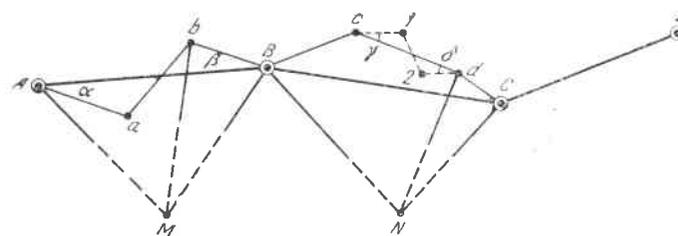


Рис. 4. Схема полигонометрического хода

Иногда для уменьшения длин линий промежуточного хода приходится прокладывать вспомогательные ходы, например $c-1-2-d$.

Для получения большего числа опорных точек определяют дополнительные пункты M , N и другие посредством прямых засечек, производимых не менее чем с трех пунктов.

Полигонометрия делится на классы, причем по точности определения пунктов классы полигонометрии соответствуют классам триангуляции.

В зависимости от способа измерения длин линий в полигонометрических ходах различают три вида полигонометрии: магистральная (траверсы); параллактическая, дальномерная (оптическая).

Магистральная полигонометрия (траверсы). Длины линий измеряются непосредственно с высокой точностью (в зависимости от класса) с применением соответствующих измерительных приборов (инварных проволок, лент и т. п.).

Ввиду высокой точности, с которой должно производиться измерение длин линий, применение траверсов I—III и даже IV классов возможно лишь при наличии особенно благоприятных

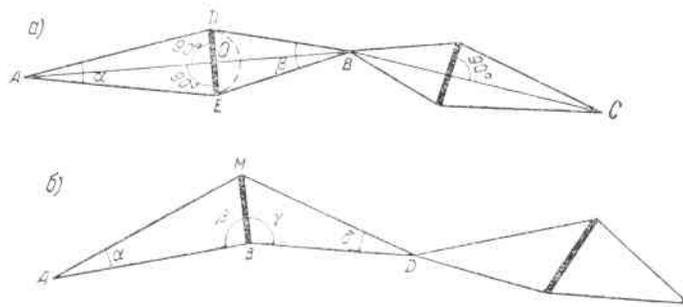


Рис. 5. Схема параллактического полигонометрического хода

условий — железных, автомобильных или хороших грунтовых дорог. При производстве гидротехнических изысканий такие условия весьма редки.

Параллактическая полигонометрия. Сущность параллактического метода определения длин линий полигонометрического хода AB и BC (рис. 5 а) состоит в следующем. Измеряем длину базиса DE с большой точностью, разбив его нормально к AB таким образом, чтобы $DO=OE$; измеряем параллактические углы α и β

Если длина базиса равна l , то

$$AB = AO + OB = \frac{l}{2} \left(\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} \right). \quad (1)$$

Ромб $ABDE$ называется звеном Данилова.

Можно решить задачу определения длин и другим способом, как показано на рис. 5, б.

В этом случае

$$AB = \frac{l \sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha}. \quad (2)$$

Параллактическая полигонометрия имеет то преимущество перед магистральной (траверсами), что она применяется и при сравнительно мало благоприятных условиях местности,

так как длина базиса (постоянная) в виде инварной проволоки обычно равна 24 м.

При длине базиса 24 м проложение полигонометрического хода, например в залесенной местности, все же встречает затруднение ввиду необходимости делать широкие просеки. Поэтому в гидротехнических изысканиях получает распространение так называемая короткобазисная параллактическая полигонометрия, разработанная А. С. Филоненко. Сущность ее заключается в следующем.

В качестве базиса-жестла служит 3-метровая деревянная штриховая рейка, применяемая для высокоточного нивелирова-

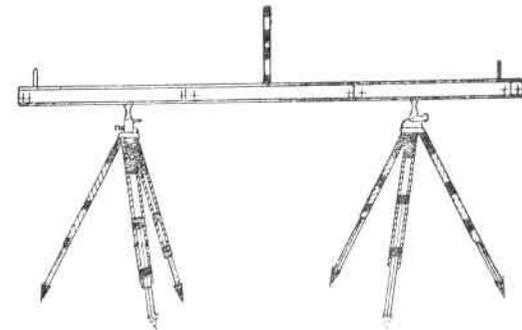


Рис. 6. Трехметровый базисный жестл

ния; на ней натянуты с двух сторон инварные ленточки с штриховыми делениями. На концах каждой стороны жестла (рейки) нанесены штрихи так, что расстояние между ними равно 3 м (рис. 6). Жестл компарируется с точностью 1 : 50 000. Углы измеряются оптическими теодолитами с точностью до 1".

Положим, требуется определить длину линии BE (рис. 7, а) с точностью 1 : 20 000; длина линии BE может колебаться в пределах 150—850 м.

Выбирают точку A , отстоящую от точки B на расстояние не более 42 м, и устанавливают на двух штативах в горизонтальном положении базисный жестл CD перпендикулярно и симметрично линии AB . Затем в точках E , A и B устанавливают оптические теодолиты и производят измерения углов $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$.

Длина линии BE определяется (путем вычислений) с точностью 1 : 20 000.

Кроме базисной сети, изображенной на рис. 7, а, могут быть построены базисные сети и других типов.

На рис. 7, б показана схема проложения базисной сети в местности. Здесь AB и BC — главные стороны хода; $AabcdeB$ — промежуточный ход, состоящий из звеньев согласно рис. 7, а;

P, Q, R — боковые точки, длина главных сторон — 5—8 км*.

При производстве изысканий на больших реках с широкой поймой обычно основой является сеть триангуляции II класса со сторонами треугольников 10—15 км; между пунктами II класса могут прокладываться описанные выше параллактические ходы (III класса).

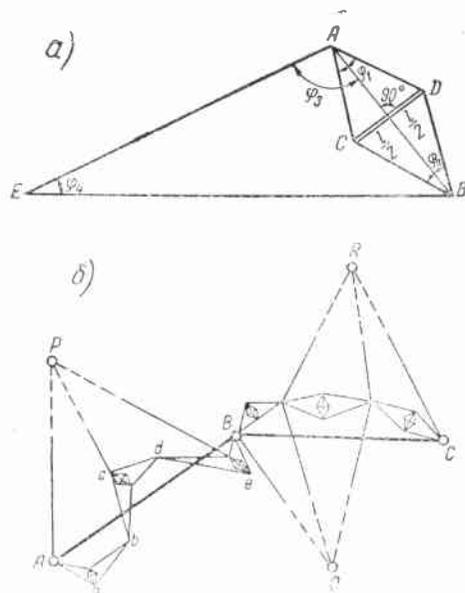


Рис. 7. Короткобазисная параллактическая полигонометрия
а — схема сложного звена; б — схема базисного хода

Если не имеется триангуляционных пунктов II класса, то можно прокладывать параллактическую полигонометрию III класса на значительном протяжении; в этом случае в начале и конце параллактического хода определяют астрономические пункты II и III класса, кроме того, необходимо определять астрономические азимуты через определенное число точек хода.

В дальномерной полигонометрии длины линий измеряются посредством дальномеров, имеющих повышенную точность (до 1 : 5 000). Применяя созданные в СССР новые типы дальномеров, можно обеспечить геодезическое обоснование для съемок 1 : 2 000 и мельче. Разрабатываются новые типы электронно-оптических дальномеров и др. (радиодальномеров, световых дальномеров).

* Подробности содержатся в «Руководящих указаниях о производстве работ по короткобазисной параллактической полигонометрии при изысканиях для гидроэнергетического строительства» (ПУ 13-54), Госэнергоиздат, 1955.

5. Метод геодезических засечек

В последние годы распространяется новый метод построения опорных сетей, разработанный Л. И. Дурневым и названный им методом геодезических засечек. Сущность этого метода заключается в следующем.

На «маршруте» в виде прямой или ломаной линии, называемой ходовой линией, в начале и в конце ее измеряют два базиса, с обоих концов базисов определяют засечками приметные пункты, расположенные по двум сторонам ходовой линии, обычно на возвышенных местах. Кроме того, производят засечки этих пунктов с различных точек ходовой линии. В результате последовательного решения треугольников могут быть определены координаты как вспомогательных пунктов, так и тех точек на ходовой линии, с которых были произведены засечки. Благодаря этому имеется возможность контролировать точность засечек. Описанный метод с успехом может быть применен при съемке речных пойм, трасс каналов и т. п.

6. Измерение длин с повышенной точностью при триангуляционных, полигонометрических и других работах. Измерение углов

Измерение длин с повышенной точностью требуется для определения длины базисов при триангуляции и при параллактической полигонометрии, а также при проложении траверсов и при различных разбивках инженерных сооружений, проектируемых на основе материалов гидротехнических изысканий (см. гл. XVI).

Поэтому ниже приводится краткое описание некоторых мерных приборов и методов измерений длин.

Основными приборами для точного измерения длин линий являются шкаловые ленты и проволоки. Длина лент обычно равна 20 м, проволоки — 24 и 48 м (иногда 96 м); материал — сталь и инвар. Можно считать целесообразным увеличение длины лент и проволоки.

Ленты и проволоки должны быть сверены с нормальной мерой (компарированы) и иметь сертификат, т. е. свидетельство о производстве такой сверки, с указанием отклонений от нормальной меры.

При измерении длин линий, ленты и проволоки должны быть натянуты с той же силой, с какой они натягивались при компарировании (обычно 10 кг). Для натяжения лент (при менее ответственных измерениях) применяют динамометры, для натяжения проволоки используют специальные приборы (рис. 8).

Ленты и проволоки снабжаются на концах шкалами с делениями через 1 мм, как показано, например, на рис. 9, а и б.

Измерения производятся по башмакам или по штативам, имеющим крестообразные метки, причем делаются отсчеты по

обеим шкалам проволоки; башмаки и штативы устанавливают по теодолиту на измеряемой линии.

В значения измеренных длин вносят поправки на температуру и уклон. Для этого термометром измеряют температуру ленты, а по башмакам или штативам производят нивелирование. Базисы приводят к уровню моря.

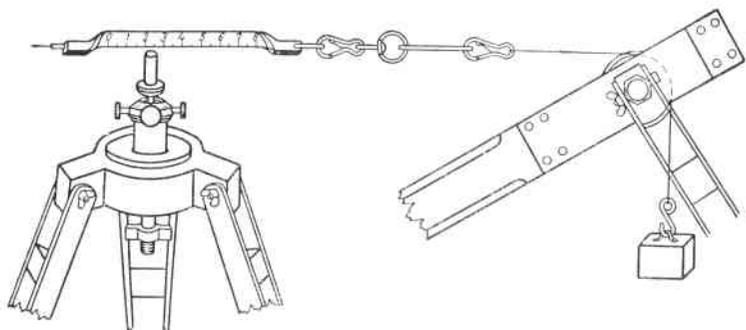


Рис. 8. Схема измерения длины линии инварной проволокой

При проложении триангуляции и траверсов V класса для измерения базисов и линий можно пользоваться кольями, на поверхности которых прочерчивают тонкие штрихи или забивают иглы.

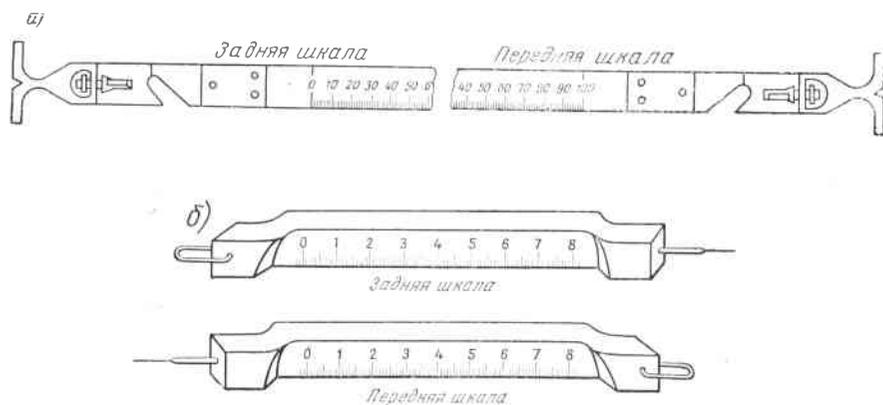


Рис. 9. Роспись шкал
а—мерной ленты; б—мерной проволоки

Для измерения углов применяют теодолиты разных систем и точности в зависимости от класса триангуляции. Углы измеряют способом круговых приемов (основной способ) или способом повторений, иногда применяют и комбинированный способ.

7. Обозначение и закрепление пунктов триангуляции и полигонометрии

Для обозначения и закрепления на местности вершин треугольников триангуляции и главных пунктов полигонометрии в вершинах углов устанавливают геодезические знаки.

Тригонометрические знаки (пирамиды, простые и сложные сигналы), установленные в вершинах треугольников, улучшают видимость при визировании на них с вершин соседних треугольников.

Конструкция полигонометрических знаков, устанавливаемых в главных углах поворота, зависит от длины главных сторон хода; при значительной длине линий конструкция полигонометрических знаков близка к конструкции тригонометрических знаков.

Для закрепления вершин треугольников в земле применяют так называемые центры, конструкция которых зависит от класса триангуляции и местных условий, в особенности от характера грунта (скала, песок и т. д.); обычно они имеют вид бетонных монолитов, в которые закладывают марки.

8. Производство работ по проложению опорной геодезической сети

Работы по проложению опорной геодезической сети, когда они входят в состав гидротехнических изысканий, производят в следующей последовательности.

Если имеются надежные опорные геодезические пункты, то составляется и наносится на карту проект сгущения опорной сети с учетом методов съемки. Если же исследования производятся в районе, где государственной опорной сети не имеется, то прокладывают сети III—V классов, в зависимости от ширины снимаемой площади, или параллактические ходы соответствующих классов (см. § 9, п. 4).

На рис. 10 дан пример проложения опорной сети для съемки реки в ущелье. Основой является триангуляционная сеть I, 2, 3, ..., 13, опирающаяся на два базиса (в начале и конце). Для сгущения сети и получения опорных точек для съемки (фототеодолитной) проложены полигонометрические параллактические ходы I, II, III, ..., XV.

§ 10. НИВЕЛИРОВАНИЕ

1. Опорная высотная сеть

Общие данные. Для высотного обоснования съемочных и других работ служит сеть опорных точек, отметки которых определяют нивелированием. Согласно действующим основным

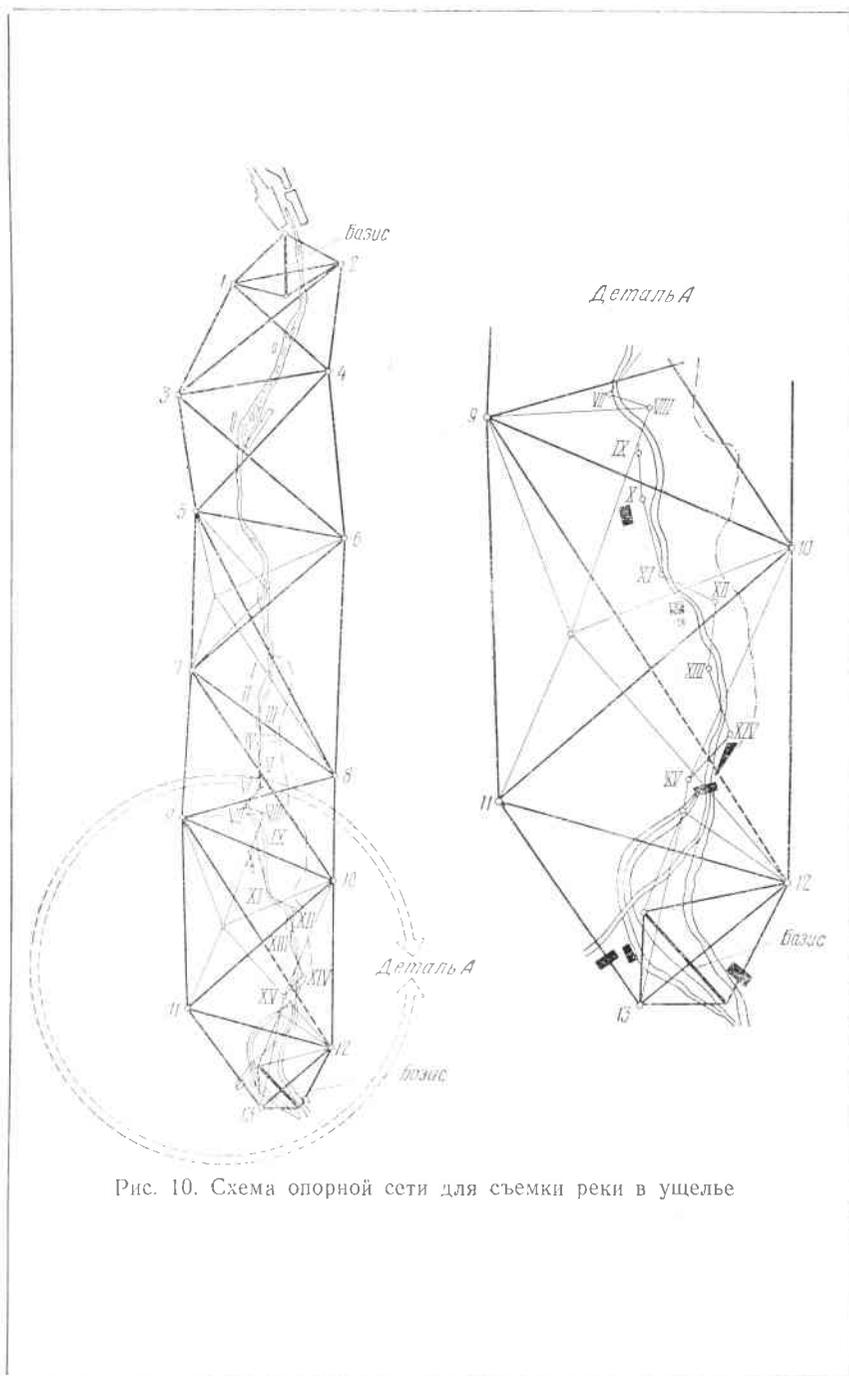


Рис. 10. Схема опорной сети для съемки реки в ущелье

положениям построения государственной геодезической сети, нивелирование подразделяется на четыре класса (I—IV).

Нивелированием определяются отметки высотных реперов и отметки местности, а также отметки уровней воды, проектных горизонтов, частей сооружений и др.

Для передачи отметок от реперов при съемке рельефа местности, а также при производстве некоторых специальных технических работ применяют нивелирование облегченного типа, которое можно называть техническим нивелированием, или нивелированием V класса; отметки, определяемые нивелированием V класса, не входят в опорную высотную сеть.

Как видно из изложенного, образование опорной высотной сети совершенно аналогично созданию опорной плановой сети, т. е. оно основано на том же принципе перехода от общего к частному.

В табл. 1 приведены краткие данные, характеризующие нивелирование I—V классов.

Выбор класса нивелирования при производстве гидротехнических изысканий. При наличии в районе изысканий государственной опорной высотной сети основным является нивелирование IV класса. Нивелирование этого класса может быть принято в качестве основного и при отсутствии государственной опорной высотной сети, если предложено оставить реку в свободном (нешлюзованном) состоянии. Если же намечается устройство плотин на реке и образование подпертых бьефов, то при длине реки более 100 км основным является нивелирование III класса. В некоторых случаях, особенно при исследованиях равнинных рек, на которых проектируются большие водохранилища, приходится применять нивелирование II класса, как это было принято, например, при исследованиях рек Волгова, Днепра, Волги и др.

Указанные в табл. 1 предельные длины нивелирных ходов II, III и IV классов при производстве изысканий в малонаселенных районах могут быть увеличены; при этом надо учитывать и требования задания.

Отметки абсолютные и условные. Все нивелирные отметки должны быть, как правило, приведены к одному основному уровню; в качестве такого в СССР принят нуль Кронштадтского футштока (водомерной рейки), и все отметки реперов государственного нивелирования отнесены к названному уровню, к так называемой Балтийской системе (в прежних геодезических работах иногда применялась другая система отметок).

Отметки, исчисленные от уровня Балтийского моря, называются абсолютными; во всех отчетных документах необходимо указывать название и номер репера (марки), к которому привязана данная нивелировка.

Данные о нивелировании I—V классов

Класс	Наибольшая длина хода в км	Нивелиры		Расстояние от нивелира до рейки в м		Способ установки реек	Рейки		Ошибки на 1 км в мм			
		цена деления в сек.	кратность увеличения (по сколько раз)	нормальное	предельное		длина в м	деления	случайные	средние	предельные	систематические
I	600—1200	3—5	44	50		На башмаках по уровню	3	Двусторонние инварные (0,5 см) штриховые	±1	±2	±1	±0,2
II	500—600	4—8	35—40	65	75	То же	3	Двусторонние штриховые (0,5 см) или штриховые инварные	±2	±4	±2	±0,4
III	200	10—15	30	75	100	На башмаках или костылях по уровню	3 с приставным местром	Двусторонние шапечные (1 см)	±1	±8	±1	±0,8
IV	100	20—25	25—30	100	150	На башмаках, костылях или колыях	То же	То же	±10	±20	±10	±2
V	15—25	25	25—30	100	200	То же	4	Двусторонние (1 см) и односторонние шапечные	±20	±40	±20	±4

При отсутствии реперов государственного нивелирования принимают в качестве исходной отметки какую-либо условную, и тогда все отметки называют условными.

Привязка нивелирных ходов, входящих в состав гидротехнических изысканий, к реперам государственного нивелирования, а также к реперам других нивелировок (воднотранспортных, горючих, портовых) необходима. Следует учитывать, что реперы прежних нивелировок могут иметь высотное изменение вследствие деформации грунта (осадки, выпучивания), поэтому желательно производить привязку к двум и более реперам прежних нивелировок¹.

2. Производство нивелирования

При гидротехнических изысканиях нивелирование выполняют для обоснования съемки, обоснования промеров глубин, получения продольного профиля реки, съемки рельефа.

Для обоснования съемки нивелирование производят по реперам, устанавливаемым, как описывается ниже. Если ширина реки более 1 км, то нивелирование желательно вести по обоим берегам с замыканием ходов в удобных местах (в сужениях реки). Нивелирные ходы прокладывают либо вблизи провки, либо по пойме, либо по приплеску.

Обычно нивелирование ведется двойным ходом по одному берегу; в случае необходимости производится перекидка нивелирного хода на другой берег. Так как реперы устанавливают вдали от уровня воды, то надо следить за тем, чтобы все реперы были обязательно связывающими точками.

Описываемое нивелирование, называемое продольным, является основной, весьма ответственной работой.

При включении в состав работ поперечного нивелирования для характеристики рельефа поймы по поперечным профилям производят нивелирование V класса.

При перекидках хода через реку необходимо принимать все меры для увеличения точности работ, избегать нивелирования в жаркие часы (для уменьшения влияния рефракции), делать несколько стоянок и пр.

Предельное расстояние от нивелира до рейки не должно превышать 300 м. Нивелирование производится двукратной установкой инструмента на обоих берегах по двум сторонам реек и при двух горизонтах визирования на каждом месте стоянки инструмента. Расхождение при нивелировании с двух берегов не должно превышать 5 мм.

Если река шире 300 м и если невозможно воспользоваться широким или отмелью с целью перекидки хода без превышения

¹ М. С. Успенский, Условия устойчивой высоты геодезических центров реперов, Геодезиздат, 1955.

расстояния визирования в 300 м, то на каждом берегу устанавливают по реперу и производят нивелирование между этими реперами зимой по льду. Иногда применяются нивелиры специальных типов, например с увеличением трубы в 60 раз и с уровнем высокой чувствительности 5". Используют и другие способы перекидки.

3. Нивелирование уровня воды

Нивелирование уровня воды реки производят с той же точностью, что и нивелирование реперов.

Уровень воды реки нивелируется по главному руслу, причем расстояние между пронивелированными точками не должно превышать 500 м. На порогах, перекатах и в других местах, отличающихся переломами продольного профиля, уровень воды нивелируется чаще; в этих случаях необходимо определять отметки уровня воды в начале каждого порога (переката) и в конце его, а также в его характерных местах.

В случае исследования рукавов реки, представляющих интерес для судоходства, ирригации и энергетики, необходимо по ним произвести продольное нивелирование уровня воды.

В местах порогов, крутых поворотов нивелирование уровня воды производится у обоих берегов. Отметки уровня воды должны определяться также у всех реперов. Точки, у которых определяются отметки уровня воды, рекомендуется закреплять прочными свайками, забиваемыми несколько выше уреза воды.

При перекидке с одного берега на другой необходимо определять отметки уровня воды у обоих берегов. Необходимо также определять отметки уровня воды каждый раз при окончании работы, а также при ее возобновлении (например, при остановках на обед, в конце работы вечером и в начале работы утром).

Следует по возможности определять отметки наивысших (исторических) уровней воды и ледохода, пользуясь следами, оставленными водой на берегах, зданиях, деревьях, сваях, мостах, а также путем распросов жителей и изучения архивных материалов.

Определение рельефа водной поверхности. На практике могут встретиться случаи, когда нужно определить отметки уровня воды не только у берегов, но и посередине реки, а также в других точках для установления рельефа водной поверхности реки, так как при наличии в русле реки камней, мелей, искусственных сооружений, на перекатных участках и т. п. отметки уровня воды у берегов являются недостаточно характерными. В этих случаях можно применять способ нивелирования уровня воды по пловучей рейке или посредством специальных приборов.

4. Закрепление спорных высотных точек.

Установка реперов

Для закрепления высотных точек применяются реперы разных типов. Положение их в плане должно быть определено с требуемой точностью.

По степени долговечности реперы разделяются на постоянные (основные) и временные (вспомогательные). Особую группу выделяют вековые и специальные реперы.

Постоянные реперы следует изготавливать из долговечных материалов (чугуна, стали, камня, бутовой кладки, бетона, железобетона). Временные реперы могут быть деревянными. Самые прочные реперы — из чугуна; однако рекомендуется пользоваться каменными и бетонными реперами в целях экономии металла.

Расстояние, на котором устанавливают постоянные реперы друг от друга, должно быть не более 5 км. В промежутках между постоянными реперами ставят временные реперы, не менее одного в каждом промежутке.

Постоянные реперы следует обязательно устанавливать у каждой гидрометрической станции, на водомерных постах, на значительных гидротехнических сооружениях (водозаборах, насосных станциях), близ устьев больших притоков, в местах пересечения рек железнодорожными и большими автомобильными мостами и у всех затруднительных для судоходства мест. В частности, реперы должны быть установлены у всех перекатов, где производится землечерпательные, выправительные и другие работы.

Реперы устанавливают на устойчивых берегах, не подверженных размыву и разрушению ледоходом.

Если на реке предполагается устройство плотины и образование водохранилища, то основные реперы должны быть установлены также вне пределов затоплений.

Нередко применяют также реперы потайные, т. е. скрытые под землей.

На рис. 11, а изображен потайной репер утвержденного типа в виде бетонного массива с заделанной в него металлической трубой.

На рис. 11, б изображен репер в виде винтовой сваи; длина сваи 3 м, диаметр 0,115 м, вес около 150 кг.

Винтовые сваи представляют собой надежный, быстро устанавливаемый тип репера; они особенно удобны при наличии грунтовых вод вблизи поверхности земли.

Вместо чугунных свай можно применять чугунные колонны в тех случаях, когда не могут использоваться винтовые сваи (при наличии тяжелых, каменных, с валунами, грунтов). Тип чугунной колонны показан на рис. 11, в; длина колонны 2,85 м, диаметр 0,115 м, вес около 130 кг.

Дешевым и в то же время надежным типом репера являются

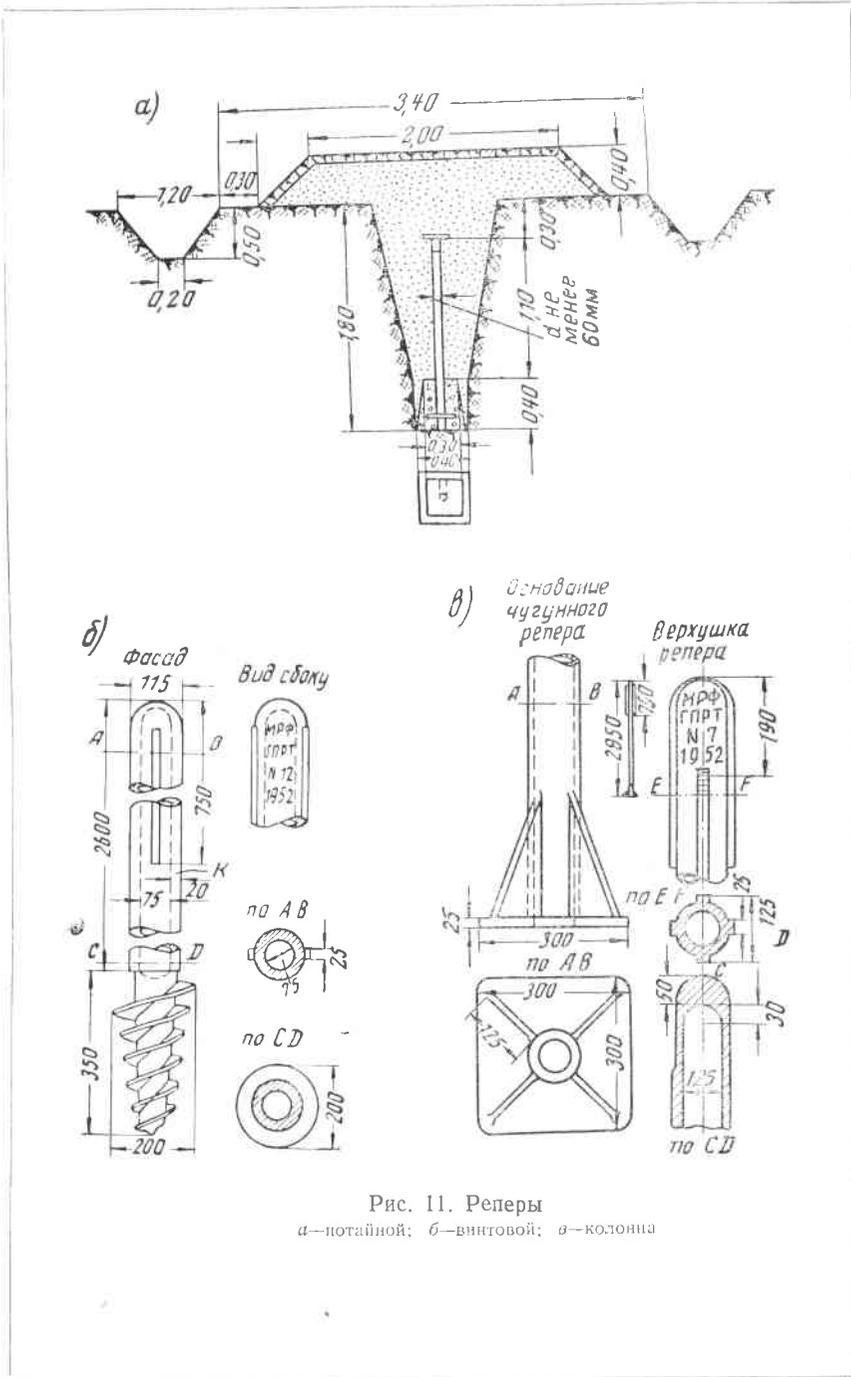


Рис. 11. Реперы
а—потайной; б—винтовой; в—колонна

марки. Обычно марка (чугунная) состоит из двух частей: лицевой (собственно марки) и хвоста (рис. 12, а). Для большей надежности можно заменять чугунный хвост завершенным стальным.

Применяются также типы марок с уступом, на котором устанавливается рейка (рис. 12, б). Лицевую часть марки заделывают заподлицо. Для определения нивелированием отметки

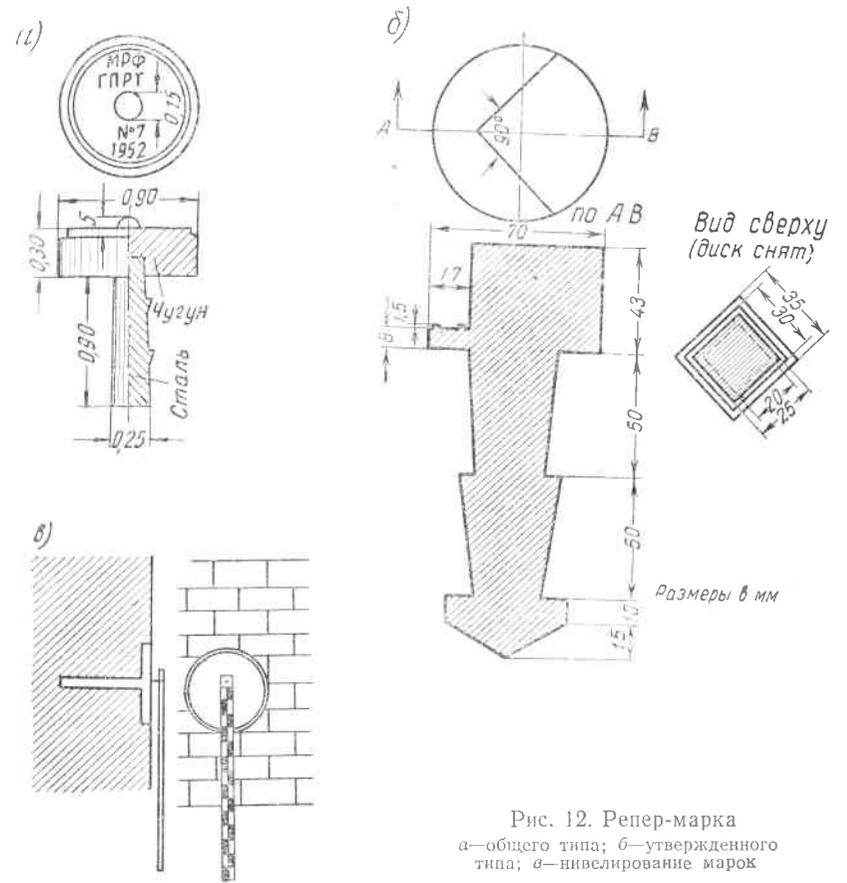


Рис. 12. Репер-марка
а—общего типа; б—утвержденного типа; в—нивелирование марок

центра марки применяют однометровую рейку, подвешиваемую в центре марки на обточенном стальном штыре, который ставится в центре марки (рис. 12, в).

В районах вечной мерзлоты и глубокого промерзания земли применяют реперы с п е ц и а л ь н ы х типов; глубина заложения таких реперов должна быть больше глубины, на которую оттаивает грунт (примерно в 2 раза); сверху реперы необходимо защитить от действия тепла. Обычно в рассматриваемом случае

реперы устраивают из обсадных буровых труб и защищают сверху деревянным срубом с теплоизоляцией. Нижняя часть трубы перфорированная, т. е. имеет отверстия. Налитая в трубу вода прощкает в мерзлый грунт и замерзает, образуя как бы якорь.

В качестве временных реперов применяются деревянные свай-столбы, пни, завершенные штыри.

На рис. 13 изображен деревянный репер в виде столба диаметром 12—16 см.

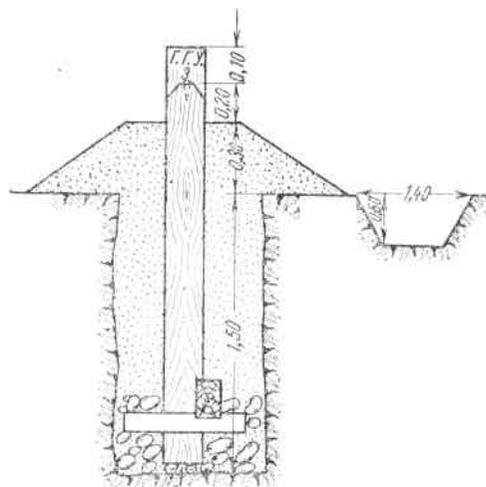


Рис. 13. Временный деревянный репер

При изучении осадок сооружений, исследованиях оползней и т. п. устанавливают специальные (фундаментальные) реперы, конструкция которых должна удовлетворять требованиям задания (см. гл. XVI).

§ 11. СЪЕМКА

1. Основные данные. Масштабы

Применяют следующие виды съемок: мензультную, тахеометрическую, нивелирную, наземную фототеодолитную, иначе называемую наземной стереофотограмметрической, и аэрофото-съемку.

Основным видом государственных съемок в СССР в последние десятилетия стала аэрофото-съемка. Этот наиболее совершенный способ получает все большее распространение и при гидротехнических изысканиях.

Наиболее распространенным из наземных способов является мензультная съемка, при которой горизонталь на план-

шете наносятся обязательно в поле; в этом ее преимущество перед тахеометрической. Только при малом объеме работ и при неблагоприятных условиях погоды, затрудняющих применение мензулы, можно пользоваться тахеометрической съемкой.

Съемка нивелирная производится главным образом для выяснения рельефа поймы, заросшей лесом и кустарником, а также на открытой равнинной местности со слабо выраженным рельефом, особенно для подсчета объемов земляных работ.

Наземную фототеодолитную съемку следует применять в малодоступных районах со сложным рельефом, например при изысканиях в горных ущельях и в местах сооружений.

Масштабы съемки выбирают в зависимости от ее цели, а также от мощности реки, характера ее поймы и пр. Распространенным масштабом съемки при подробных исследованиях средних рек с широкой поймой является 1 : 10 000. Для более мощных рек и для рек с широкой поймой может быть применен масштаб 1 : 25 000. В случае съемки малых рек, а также в случае необходимости получения детальных планов, например в местах сооружений, применяют масштабы 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500.

Иногда при исследованиях одной и той же реки применяют разные масштабы: например, площадь, намечаемая под водохранилища, снимается в масштабе 1 : 25 000 и даже 1 : 50 000, русло реки и прибрежная полоса — в масштабе 1 : 10 000.

2. Координаты

Пользование географическими координатами (широтой и долготой) при крупномасштабных съемках довольно сложно, поэтому в СССР с 1928 г. введена прямоугольная поперечно-цилиндрическая зональная система координат, называемая сокращенно проекцией Гаусса, по которой поверхность эллипсоида разбита на зоны, ограниченные меридианами, отстоящими друг от друга на 6°. Меридиан, делящий зону на две равные части, называется осевым.

В проекциях Гаусса масштаб искажения по оси x равен единице, т. е.

$$M_x = 1, \quad (3)$$

а по оси y масштаб искажения M_y будет расти по мере удаления точки A от осевого меридиана:

$$M_y = 1 + \frac{y^2}{2R^2}, \quad (4)$$

где R — радиус земли.

Осевые меридианы шестиградусных зон совпадают со средними меридианами листов карты масштаба 1:1 000 000 и имеют в пределах территории Советского Союза следующие долготы: 21°, 27°, 33° и т. д.

Для крупномасштабных съемок (начиная с масштаба 1:5 000) применяют трехградусные зоны, осевые меридианы которых имеют долготы 21°, 24°, 27° и т. д.

Координаты по оси x исчисляются от экватора, а по оси y от осевого меридиана, координата которого принимается равной 500 км. Для отличия координат различных зон впереди координаты помещается номер зоны. Таким образом, например, $y = 12\ 525$ км обозначает точку, находящуюся в 12-й зоне, на расстоянии 25 км к востоку от осевого меридиана (500).

Если при гидротехнических изысканиях используются съемки, уже исполненные в других системах координат, то эти съемки привязывают к данной с перечислением координат другой системы в систему координат Гаусса; данная же съемка обязательно ведется в системе координат Гаусса.

3. Мензульная съемка

Объем съемочных работ (посредством мензулы и кипрегеля) определяется главным образом требованиями задания. Если требуется дать полную характеристику реки и ее поймы, то съемку можно ограничить пределами поймы, находящимися выше уровня самых высоких вод, с некоторым запасом, например 1 м.

При подробных комплексных изысканиях, производимых для обоснования технических проектов, границы съемки устанавливаются согласно требованиям проекта и определяют главным образом отметкой проектного подпорного горизонта, с тем чтобы имелась возможность выявить контуры проектируемого водохранилища. Таким образом, в программе съемочных работ нередко намечается та или иная горизонталь, до которой требуется довести съемку.

Если не имеется в виду создавать искусственный подпор на реке, то в задании указывают ширину съемки полосы по обоим берегам, считая от бровки. Ширина такой полосы колеблется в пределах 100—400 м и увеличивается в тех местах, где это требуется по заданию. Для общей же характеристики поймы в таких случаях через соответствующие расстояния прокладывают поперечные профили, по которым производят нивелирование V класса с установкой реперов; поперечные профили доводят выше уровня самых высоких вод на 0,5—1 м.

Для обеспечения съемки дополнительными опорными плановыми и высотными точками необходимо наметить их на местности и затем нанести на планшет. С этой целью применяются различные способы так называемого съемочного (рабочего) обоснования, а именно: 1) графическая триангуляция; 2) теодолитные ходы; 3) мензульные ходы; 4) тахеометрические ходы.

Если производятся исследования реки, которую по проекту намечается использовать в свободном состоянии, то съемка имеет некоторые особенности.

В этом случае на ширине, определяемой в задании, съемка русла реки и береговой полосы (русловая съемка) производится в более крупном масштабе — 1:10 000, 1:5 000, 1:2 000, в зависимости от ширины реки. Съемка же поймы ведется в более мелком масштабе — 1:25 000, 1:10 000, в зависимости от ширины поймы, и выполняется либо на всем протяжении реки, либо на отдельных ее участках. При съемке поймы нередко применяются облегченные методы.

4. Нивелирная съемка рельефа

Для характеристики рельефа закрытой местности нивелирование производят по поперечным профилям, привязываемым к опорным плановым и высотным точкам; иногда в качестве опорных высотных точек могут служить отметки уровня воды при условии введения соответствующих поправок на колебания уровня, определенного при помощи показаний передвижного водомерного поста (см. § 17).

Поперечные профили разбивают как по прямым, так и по ломаным линиям. Расстояния удобно измерять дальномером.

Для характеристики рельефа открытой местности на всей снимаемой площади разбивают сеть квадратов. Длина сторон квадрата зависит от характера рельефа и от требования задания. Обычно она колеблется в пределах 50—200 м. В вершинах квадратов забивают колья, которые снабжаются сторожками с надписями.

В обоих случаях применяют нивелирование V класса¹.

5. Фототеодолитная съемка

Фототеодолитную (стереофотограмметрическую) наземную съемку производят при сложном рельефе, в малодоступной местности, например в каньонобразных долинах горных рек с крутыми склонами. Кроме того, ее применяют при решении специальных задач: изучении волнения, ледохода, зимнего режима рек и озер, оползлей, геологического строения берегов и т. п.

Рассматриваемый вид съемки основан на использовании в геодезических целях фотографических снимков, которые, как известно, представляют собой перспективное изображение местности, подчиняющееся определенным геометрическим закономер-

¹ Заслуживают внимания нивелиры-автоматы, устанавливаемые на автоматах, например, прибор, изготовленный МИИГА и К по заданию Гидропроекта; посредством этого прибора можно получить профиль на фотопленке и определять разности высот; по предварительным данным, средняя квадратичная ошибка при длине рейса 15—20 км со скоростью до 30 км/час составляет 22 см.

ностям. Так, если обозначить координаты какой-либо точки на местности через X, Y, Z , а координаты той же точки на фотоснимке через x, y, z , то можно установить определенные зависимости:

$$X = f(x), \quad Y = \varphi(y), \quad Z = \psi(z). \quad (5)$$

Нахождение приведенных зависимостей составляет одну из задач стереофотограмметрии, являющейся важным разделом геодезии.

Основным прибором для наземной фототеодолитной съемки является фототеодолит (рис. 14). Так как, кроме фото-

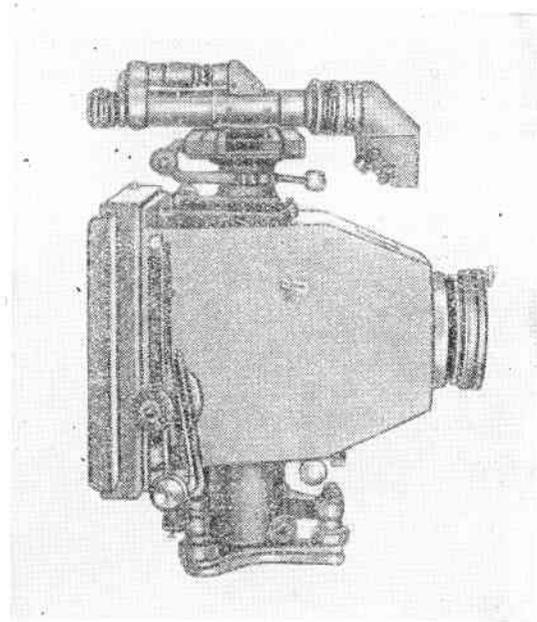


Рис. 14. Фототеодолит (вид сбоку)

графирования местности, в состав фототеодолитной съемки входит измерение базисов и привязка их к опорной сети, то обычно в состав фототеодолитного комплекта входят: 1) фотокамера с ориентирующим устройством для установки камеры в требуемом положении относительно базиса и горизонта; 2) теодолит со специальным дальномером для измерения длины базиса; 3) набор реек.

Имеются конструкции фототеодолитов, в которых фотокамера и фототеодолит соединены вместе.

Сущность фототеодолитной съемки основана на определении координат точек посредством прямых засечек с двух концов ба-

зиса, положение которого должно быть привязано к опорной сети.

Координаты точек определяют путем измерения их на парных фотоснимках (стереопарах).

Так как измерение координат должно производиться с большой точностью, то для решения этой задачи сконструирован специальный прибор — стереокомпаратор (рис. 15), работа с помощью которого производится следующим образом. Оба негатива (левый и правый) рассматривают в бинокулярный микроскоп,

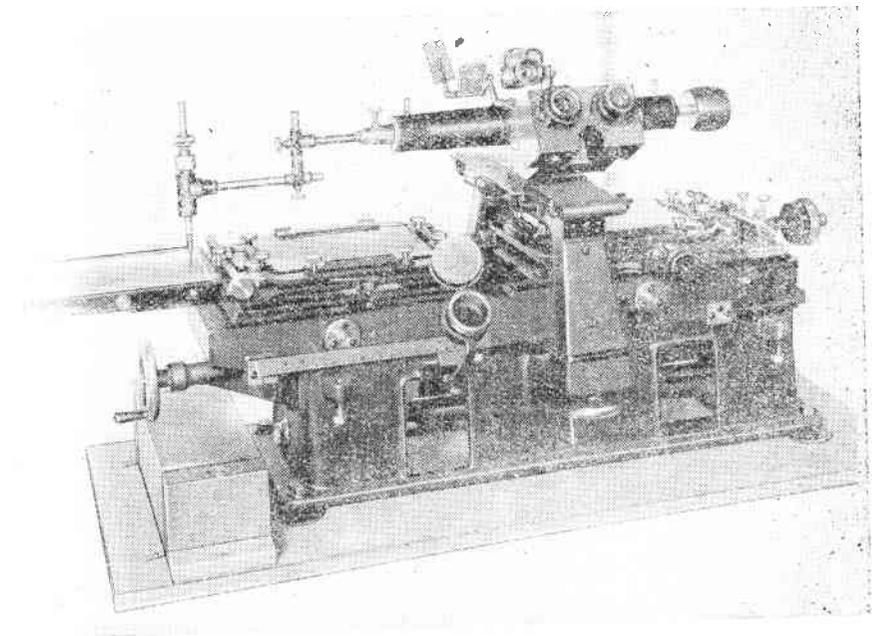


Рис. 15. Стереокомпаратор

благодаря чему получается изображение стереоскопической модели местности в малом масштабе. Бинокулярный микроскоп снабжен двумя марками для визирования на любые точки снимков посредством вращения штурвалов. При этом определяемые величины могут быть измерены с высокой точностью по соответствующим шкалам.

Обработав таким образом каждую пару фотоснимков, можно определить координаты ряда точек, нанести их на план, а затем провести горизонтали на плане.

Описанный способ обработки фототеодолитных снимков довольно трудоемкий; поэтому чаще применяют другой, более совершенный прибор — стереоавтограф, с помощью которого можно автоматически вычертить план в ортогоналях.

Стереоавтограф представляет собой стереокомпаратор, к которому присоединен координатограф с карандашом для вычерчивания горизонталей.

Опорная сеть для фототеодолитной съемки. Для фототеодолитной съемки должна быть проложена соответствующая опорная геодезическая сеть. Здесь, кроме триангуляционной сети, применяют и полигонометрические ходы соответствующих классов; базисы, с которых производится съемка, должны быть привязаны к опорной геодезической сети. Опорная сеть для фототеодолитной съемки ущелья одной реки показана выше на рис. 10. Масштабы фототеодолитной съемки в горных условиях: 1 : 500—1 : 10 000. Нередко фототеодолитная съемка сочетается с аэрофотосъемкой.

6. Аэрофотосъемка

Аэрофотосъемку применяют для составления планов значительных площадей. Этот вид съемки надо признать наиболее совершенным как по скорости процесса съемки, так и по ее качеству, а равно и по стоимости работ. Масштаб, в котором производится съемка, влияет на ее стоимость значительно меньше, чем при применении, например, мензульной съемки.

Применяемые масштабы аэрофотосъемки обычно колеблются в широких пределах — от 1 : 5 000 до 1 : 100 000. В последние годы при гидротехнических изысканиях с успехом производились съемки в масштабах 1 : 2 000, 1 : 1 000 и даже 1 : 500.

Необходимо добавить, что кроме применения аэрофотосъемки для решения картографических задач, ее широко используют в различных отраслях исследований: гидрологических, геоморфологических, почвенных, геоботанических, при железнодорожных и автодорожных изысканиях, изысканиях каналов и др. В последующих главах описываются способы применения аэрофотосъемки в составе гидротехнических изысканий.

Прежде чем приступить к аэрофотосъемке, необходимо проложить опорную геодезическую сеть, которая развивается в виде триангуляции и полигонометрии методами, описанными выше.

Для получения аэроснимков применяют аэрофотоаппарат, устанавливаемый на самолете объективом вниз, чтобы на аэроснимке получать плановое изображение местности (рис. 16, а). Если ось камеры имеет наклонное (не вертикальное) положение, то получается перспективный снимок (рис. 16, б).

Аэрофотоаппарат (рис. 17, а и б) состоит из общего корпуса 1, конуса 2 с объективом 3 и кассеты 4; в кассете помещаются две катушки 5 и 6, вращающиеся на осях. На первой катушке намотана светочувствительная целлулоидная пленка; конец пленки закрепляется на второй катушке.

Фотографирование местности во время полета производят через определенные промежутки времени таким образом, чтобы каждый последующий снимок перекрывал предыдущий примерно на 60%. Для этого пленка автоматически перематывается с од-

ной катушки на другую (длина пленки 35—60 м, размеры 18×18, 23×23, 30×30 см и др.).

Если линия AB на местности равна L (рис. 16), а на пленке аэрофотоаппарата l , то при высоте полета H и величине главного фокусного расстояния F

$$\frac{l}{L} = \frac{F}{H} = \frac{1}{M}, \quad (6)$$

где M — знаменатель масштаба съемки.

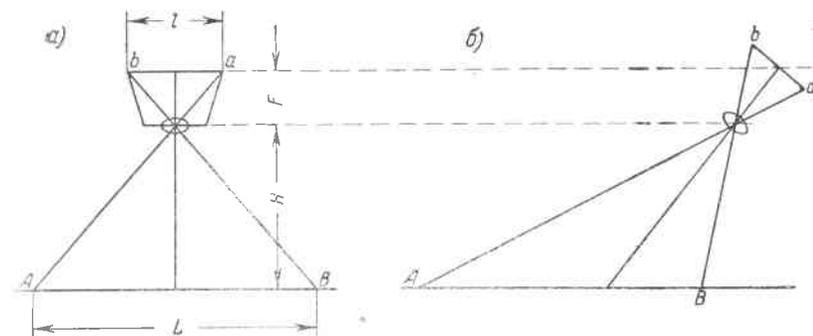


Рис. 16. Схема получения аэроснимка
а — планового; б — перспективного

Кроме указанного выше продольного перекрытия снимков, при полете по маршруту требуется также поперечное перекрытие примерно на 40%.

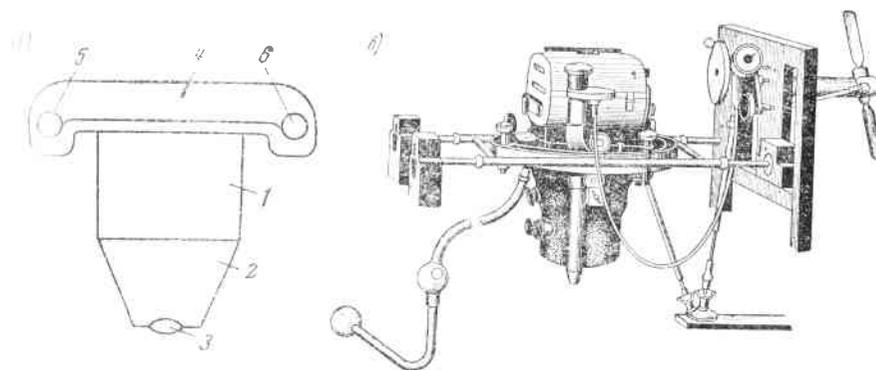


Рис. 17. Аэрофотоаппарат
а — схема; б — аппарат

На рис. 18 показана схема продольного и поперечного перекрытий.

Продольное и поперечное перекрытия обеспечивают полную съемку местности без пропуска каких-либо частей территории; кроме того, продольное перекрытие необходимо для получения

стереоскопического эффекта, используемого стереофотограмметрией при обработке каждой стереопары снимков, подобно тому, как это делается при фототеодолитной съемке.

Несмотря на принимаемые меры, полет во время съемки часто совершается не на одной высоте, а кроме того, происходят поперечные и продольные колебания самолета.

Это вызывает искажения на аэроснимках от нарушения заданного масштаба съемки вследствие колебаний самолета, а также от влияния рельефа.

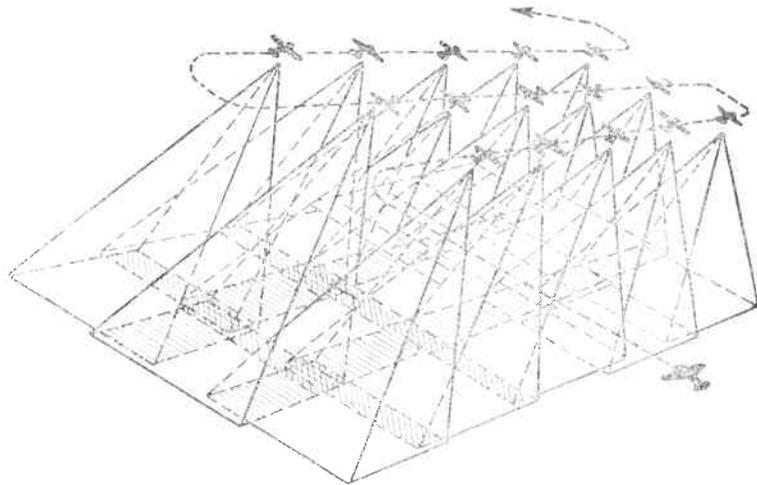


Рис. 18. Схема продольного и поперечного перекрытий при аэрофотосъемке.

После того как закончен летносъёмочный процесс, пленку проявляют и фиксируют, далее с негативов получают контактные отпечатки на светочувствительной бумаге. Если наложить снимки один на другой таким образом, чтобы более или менее точно совпали общие части, изображенные на обоих смежных снимках, то получается так называемый накидной монтаж; он производится на больших деревянных щитах путем прикрепления аэроснимков кнопками. Обычно с накидного монтажа снимают фотокопию в уменьшенном масштабе, которая используется при последующей работе.

Если аэроснимки тщательно наложить последовательно друг на друга и срезать боковые части, а затем наклеить оставшиеся центральные части их на картон или фанеру, то получится так называемая фотограмма. Для предварительных проектных и исследовательских работ фотограмма является ценным материалом.

Для выявления на аэроснимках тех объектов, которые должны быть указаны на карте, а также для других целей (в зависи-

мости от задания) производится дешифрирование аэроснимков. Для этого пользуются стереоскопами; пособием служат специальные альбомы, в которых изображены аэроснимки различных объектов с пояснениями. При одновременном рассмотрении с помощью стереоскопа двух взаимно перекрывающихся

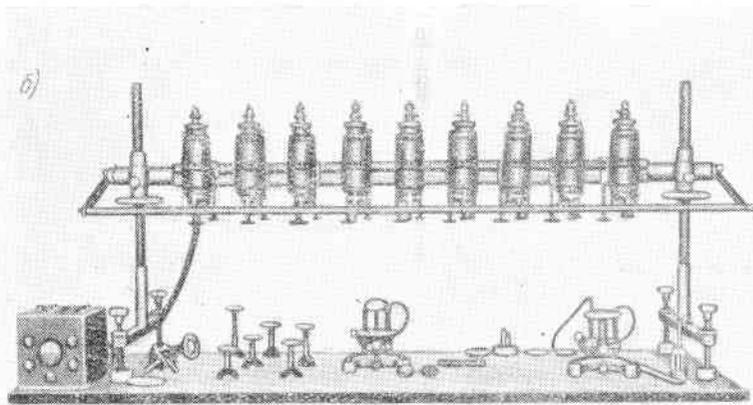
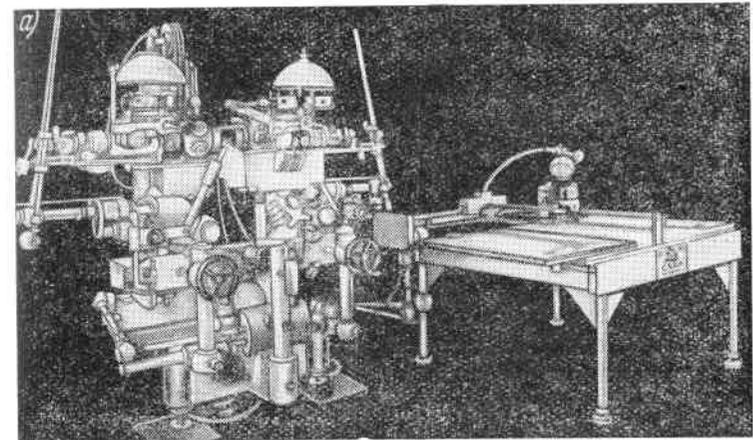


Рис. 19. Стереogramметрические приборы
а—стереопланиграф; б—мультиплекс

аэроснимков получается стереоскопическая модель местности; при применении топографических стереоскопов можно нарисовать рельеф (горизонтали).

Для устранения искажений и приведения всех снимков к одному масштабу производят так называемое трансформирование аэроснимков специальным прибором — трансформатором.

Если произвести трансформирование всех аэроснимков и смонтировать их на планшете с нанесенными опорными точками то, срезав соответственно накладываемые друг на друга части, можно получить так называемый фотоплан.

После изготовления фотопланов в виде планшетов последние прикрепляют к мензуральной доске и производят съемку рельефа посредством мензулы и кипрегеля. Такой метод называется комбинированной аэрофотосъемкой.

Наиболее распространенной является стереофотограмметрическая аэрофотосъемка, при которой плановые и высотные опорные точки определяют топографо-геодезическими методами в ограниченном количестве, а все остальные работы — сгущение опорной сети, рисование рельефа — производят камеральным способом с применением стереофотограмметрии. Для этой цели используют специальные стереофотограмметрические приборы: стереопланиграф, мультиплекс, стереометры и др. (рис. 19, а и б), описание которых дается в специальных курсах.

7. Авиационная разведка в составе гидротехнических изысканий

Кроме аэрофотосъемочных работ, занимающих видное место при гидротехнических изысканиях, широкое применение имеет также авиационная разведка; производят ее для изучения гидрологических и метеорологических явлений, геологии, геоморфологии, почвенного и растительного покрова, а также для специальных целей: выбора створа плотины, обзора зоны водохранилища и др. В этих случаях визуальные наблюдения производят с самолета с соответствующими зарисовками на картах (см. § 38).

Глава VI. ПРОМЕРЫ ГЛУБИН. ТРАЛЕНИЕ

§ 12. ПРОМЕРЫ ГЛУБИН

1. Общие данные

Промеры глубин производятся для выявления рельефа дна и, в частности, имеющих в русле реки препятствий для судоходства (мельей, осередков, камней, карчей и пр.). Кроме того, в ряде случаев промеры производят для изучения русловых процессов (на перекатах и т. п.), а также для определения объемов земля-

ных, бетонных и других работ, необходимых при возведении плотины и других сооружений в русле.

Промеры, как правило, удобнее всего производить при низких уровнях, когда обнажаются косы, мели, отдельные камни и пр., так как наиболее точно должны быть установлены именно наименьшие глубины.

2. Приборы для измерения глубин

Для измерения глубин применяют следующие приборы: наметку; ручной лот; рыбалот; эхолот.

Наметка (рис. 20) представляет собой шест из сосновой или еловой жерди, длиной 4—6 м. Нижний конец ее снабжают легким железным башмаком или трубкой для взятия проб грунта (длиной 6 см). Наметку окрашивают и размечают на десятые доли метра.

Ручной лот представляет собой свинцовую или чугунную гирию (рис. 21) весом 3—6 кг пирамидальной или конусообразной формы, с ушком, к которому прикрепляют пеньковый несмоленный лотлинь



Рис. 20. Наметка

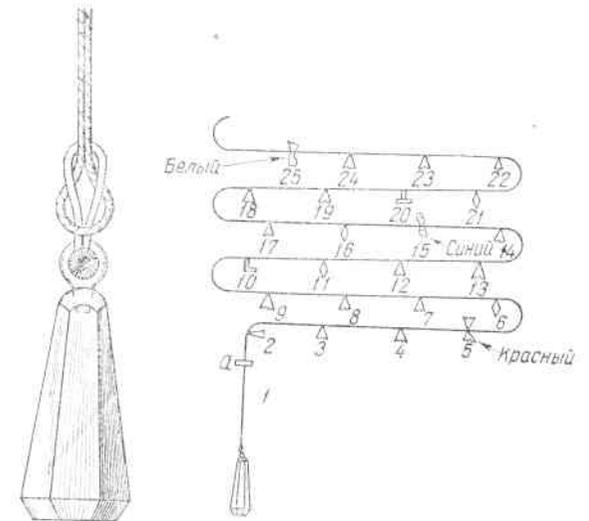


Рис. 21. Ручной лот

диаметром 5—6 мм. Ручной лот применяют для измерения глубин более 5—6 м, при скоростях течения не более 1 м/сек.

Поправка на прогиб лотлиня, определяемая из сравнения глубин, полученных наметкой и лотом, обычно не превышает 5—10%; поправочный коэффициент лотлиня равен

$$k = \frac{h_k}{h_d}, \quad (7)$$

где h_d — действительная глубина;
 h_n — глубина, измеренная лотом.

Применение во всех случаях одинакового по величине k является грубым способом, так как зависимость между действительными и измеренными глубинами значительно сложнее.

Разметка лотлиня ведется через 20 см. В целях сохранения длины линия перед разметкой его замачивают (2—3 дня), а затем вытягивают, подвесив с грузом 50—100 кг по концам между столбами. При работе необходимо ежедневно проверять длину лотлиня по мерной ленте.

Рыбалот имеет грузило рыбообразной обтекаемой формы (рис. 22, а), состоящее из массивного тела и хвоста. В верхней

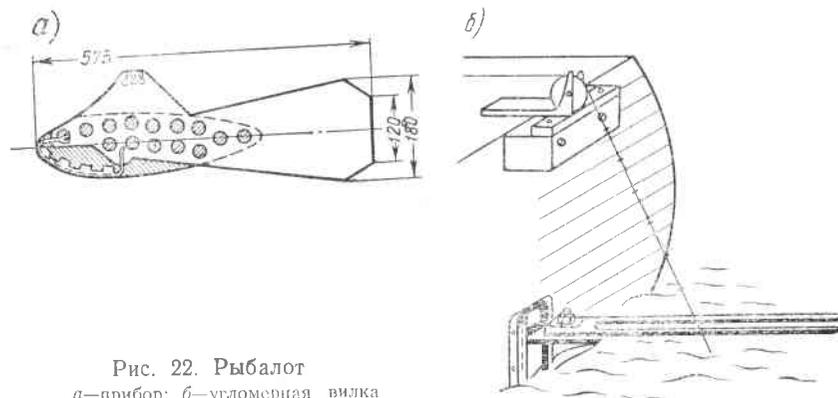


Рис. 22. Рыбалот
 а—прибор; б—угломерная вилка

части грузила имеются отверстия для прикрепления лотлиня; последний изготовляют из тонкого тросика (проволоки) диаметром 1—2 мм. Вес грузила равен 15—30 кг. Регистрация глубин производится особым блок-счетчиком или обычным способом по размеченному лотлиню.

Для измерения углов, составляемых лотлинем с вертикалью, применяются угломеры простейшей конструкции. На рис. 22, б показан угломер в виде вилки, прикрепляемой к корме шлюпки (ближе к правому борту) и вращающейся около вертикальной оси.

При измерении глубин рыбалотом грузило после каждого промера из воды не извлекают, а лишь приподнимают на некоторую высоту (1—1,5 м), поэтому промеры рыбалотом можно производить на ходу при значительных скоростях течения.

Чтобы облегчить установление момента прикосновения лота ко дну реки, рыбалот снабжают электроконтактом.

При применении рыбалота поправки на относительный прогиб лотлиня производят по таблицам и номограммам.

Рыбалот применяется для измерения глубин, больших 5—6 м, и при скоростях, больших 1 м/сек.

Эхолоты измеряют глубину путем определения времени, необходимого для прохождения ультразвукового импульса от вибратора-излучателя до дна реки и обратно к вибратору-приемнику. Действие эхолота иллюстрирует рис. 23.

Если привести в колебательное состояние вибратор-излучатель С, находящийся под водой у борта или днища судна, то, отразившись от дна в точке В, под углом, равным углу падения, ультразвуковая волна в виде эха возвращается к месту посылки ультразвука и может быть принята приемником А. Путь, проходимый ультразвуковой волной, равен

$$CB + BA = 2l. \quad (8)$$

Зная скорость распространения ультразвуковой волны в воде v и измерив время t , необходимое для прохождения ею пути $2l$, можем записать

$$vt = 2l, \quad (9)$$

откуда

$$l = \frac{vt}{2}. \quad (9')$$

Искомая глубина h может быть вычислена по формуле

$$h = h_1 + a = \sqrt{\frac{v^2 t^2}{4} - b^2} + h_0 - d, \quad (10)$$

где b — половина базы эхолота, т. е. половина расстояния между вертикальными осями отправителя и приемника;

h_0 — осадка судна;

a — расстояние от поверхности воды до плоскости излучателя и приемника;

d — вертикальное расстояние от днища судна до плоскости АС.

Величины b , h_0 , a и d могут быть непосредственно измерены без особых затруднений.

Скорость распространения звука в воде v зависит от солёности и температуры воды. В среднем можно принять $v = 1500$ м/сек.

Основные достоинства эхолота — непрерывность промера, что позволяет сделать 200—300 промеров в 1 мин.

Для измерения малых глубин эхолоты начали применять лишь недавно.

Заслуживает особого внимания конструкция речного эхолота РЭЛ-1*, разработанного и изготовленного по инициативе и при

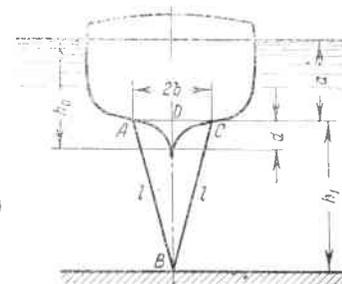


Рис. 23. Общая схема эхолота

участии коллектива инженеров и техников Государственного института проектирования и изысканий на речном транспорте (Гипроречтранс). В этом эхолоте (рис. 24, а) в качестве излучателя и приемника звуковой энергии использованы пакеты из никелевых пластинок. Вибратор-излучатель А приходит в колебательное состояние при прохождении по нему электрического тока, так как продольное намагничивание пакета вызывает изменение его линейных размеров (магнитоstrictionный эффект). Благодаря этому в воду посылается ультразвуковой импульс, частота колебаний в котором определяется частотой колебаний вибратора-излучателя.

Вибратор-приемник С по конструкции подобен вибратору-излучателю; разница только в том, что первый имеет остаточный магнетизм, его периодически подмагничивают.

Вследствие механического воздействия отраженных от дна волн пакет вибратора-приемника изменяет свои линейные размеры, а следовательно, и магнитное состояние (обратный магнитоstrictionный эффект), что вызывает в обмотке вибратора-приемника электродвижущую силу.

Напряжение поступает с обмотки вибратора-приемника на усилитель, после прохождения которого оно возрастает до 300—350 в. Далее импульс передается на тонкую стальную пластинку, которая имеет бегущий контакт с бумагой в месте соприкосновения со спиралью на ведущем барабане, вследствие этого при искровом разряде происходит прожигание на специальной бумаге в виде отметок черного цвета. Время от момента послышки импульса и до момента появления отметки на бумаге будет соответствовать прохождению звука до дна и обратно, что и определяется расстоянием на бумаге от начальной ее линии до отметки.

Общий вид эхолота РЭЛ-1 показан на рис. 24, б; батиграмма показана на рис. 25.

В результате опыта эксплуатации эхолота РЭЛ-1 на ряде рек (Волге, Дону, Днепре, Аму-Дарье, Енисее и др.) можно сделать следующие основные выводы:

- а) эхолот является надежным прибором для автоматического скоростного промера глубин от 0,3—0,4 до 20 м;
- б) точность промера во всех случаях — не менее 0,1 м;
- в) эхолот может быть легко и быстро установлен на любой шлюпке или катере; промер эхолотом можно производить на весельном или моторном судне с подвесным и стационарным двигателем;
- г) практические рабочие скорости промера колеблются от 6 до 20 км/час;

* В конце 1951 г. изготовлен более совершенный эхолот РЭЛ-2; в настоящее время изготовлена модель ПЭЛ.

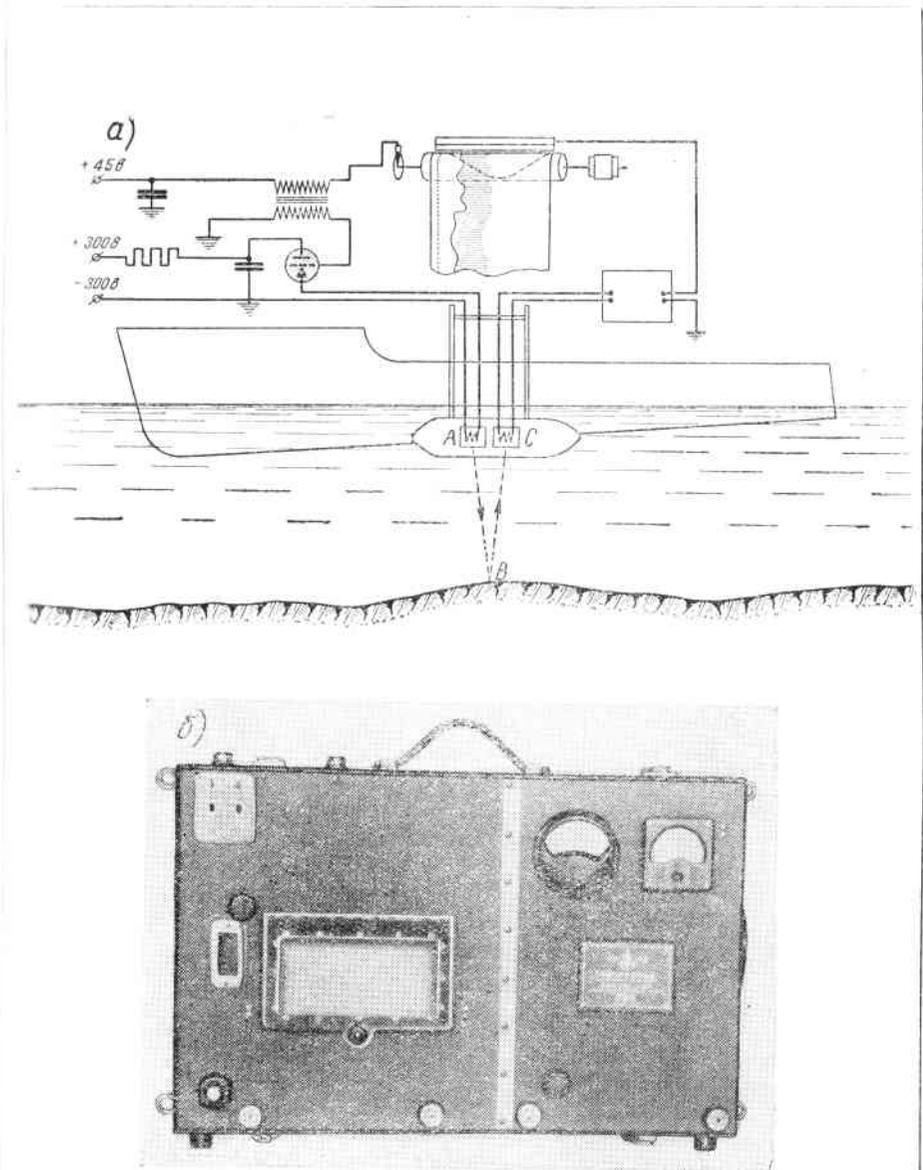


Рис. 24. Эхолот РЭЛ-1
а—схема прибора; б—внешний вид

д) точность и подробность зарисовки рельефа дна (непрерывный профиль) значительны.

При применении эхолота для промеров глубин засечки производят описанным ниже способом (п. 3). В момент засечки при нажатии специальной кнопки на эхолоте производится отметка на батиграмме, при этом на батиграмме прочерчивается вертикальная линия (рис. 25). Засечки необходимы ввиду того, что лодка перемещается по профилю с переменной скоростью, а лента батиграммы — с постоянной.

Для получения на батиграмме положения промерных точек можно применить так называемый радиолаг (радиодальномер), изготовленный б. Московским отделением ЦНИИ речного флота совместно с ЦНИИ геодезии, аэрофотосъемки и картографии. Сущность этого устройства следующая¹.

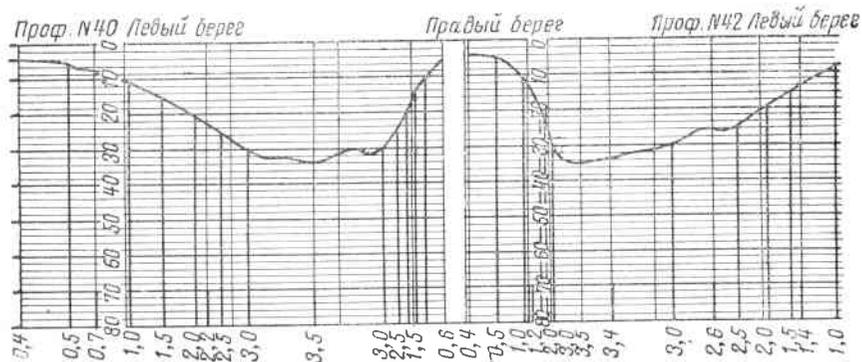


Рис. 25. Обработанная батиграмма поперечного промера эхолотом РЭЛ-1

На промерном судне, снабженном эхолотом, устанавливается задающая радиостанция одного из существующих типов; на берегу в двух пунктах, привязанных к геодезической основе, устанавливают две отражательные станции, расстояние между которыми (базис) известно. При движении промерного судна (по любой траектории) радиолаг непрерывно регистрирует на ленте эхолота приращение расстояний от промерного судна до обеих отражательных станций путем подачи электрических сигналов на реле записи счета циклов разности фаз. Таким образом, на ленте эхолота получаются три записи: глубины и расстояний до двух концов базиса; благодаря этому засечки промерных точек мензулой (теодолитом) не требуются. Определенные посредством радиолага точки могут быть использованы для привязки к ним съемки островов, берегов и т. п. Эхолот вместе с радиолагом с

¹ Н. Доманевский, Новый метод промерных работ, «Речной транспорт» № 11, 1955.

успехом может быть применен для промеров рек, озер, водохранилищ, речных дельт и т. п.

3. Промерные работы

Промеры малых рек, шириной до 50—200 м, при скоростях течения 1—1,5 м/сек обычно производят по натянутой с берега на берег тонкой пеньковой снасти (диаметром 10 мм) или стальному тросу (диаметром 3 мм); снасть (трос) разбивают марками из цветного материала через равные промежутки, обычно через 2,5—5 м.

При ширине реки, большей 150—200 м, а также при скоростях течения более 1,5 м/сек производят промеры по попереч-

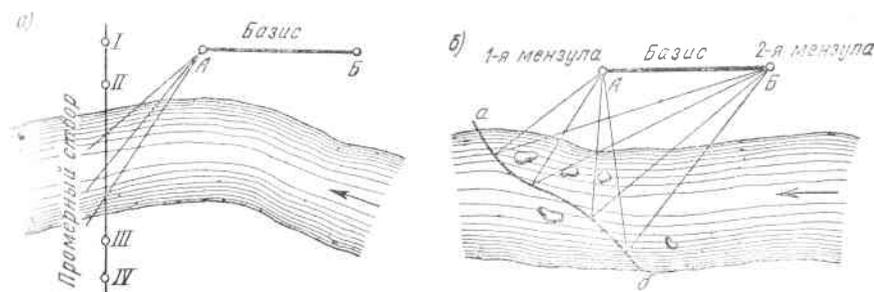


Рис. 26. Засечки промеров
а—одним инструментом; б—двумя инструментами

ным профилям с засечками промерных точек мензулой с кипрегелем, теодолитом или секстаном. Для промеров применяют лодки с подвесным мотором, моторные лодки и катеры, паровые баркасы; применяют также весельные лодки.

Засечки промерных точек производят обычно одной мензулой (рис. 26, а), но если вследствие большого числа препятствий в русле или неправильного и быстрого течения промерная лодка не может держаться в створе, а также если ввиду крутизны берегов нельзя выставить створы, засечки производят двумя мензулами (рис. 26, б).

Засечками определяют не все промерные точки, а лишь расположенные через известные промежутки, например: четыре точки без засечек, пятая засекается и т. д.

Вместо мензулы с кипрегелем можно применять для засечек теодолит, однако применение мензулы более целесообразно.

На больших реках с малодоступными берегами можно применять для засечек промеров глубин портативный отражательный углоизмерительный инструмент секстан (рис. 27).

При работе с этим инструментом наблюдатель, находясь в промерной лодке, передвигающейся по створу $ABCD$ (рис. 28, а), измеряет секстаном угол α , для установления положения промерной точки m . Если пункт S и положение профиля $ABCD$ определены в плане, то для засечки промера в следующей точке n измеряется угол β и т. д.

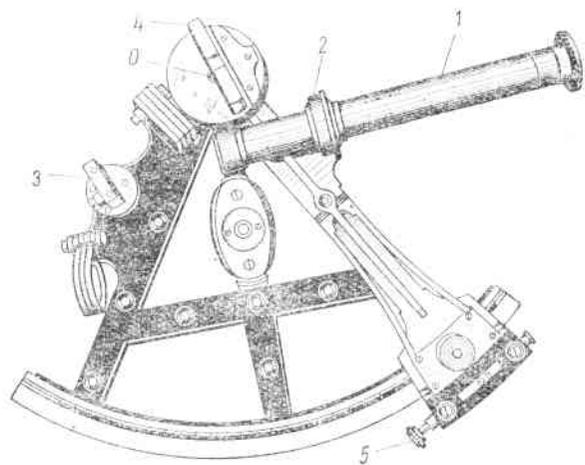


Рис. 27. Общий вид секстана
1—труба; 2—оправа; 3 и 4—зеркало; 5—микрометрический винт

Если установка створа является затруднительной, например при заросших берегах, особенно при высоких уровнях воды, то промерные точки можно определять посредством засечек с лодки двумя секстанами, направление же створа выдерживается по буссоли; в описываемом случае на берегу должно быть три пункта: A, B, C (рис. 28, б), координаты которых известны. Указанные пункты должны располагаться на высоких открытых местах для удобства визирования на них с лодки. Измеряя секстанами углы α и β , можно получить положение промерной точки путем решения задачи Потенота.

Если река имеет значительные скорости течения, большие чем $1,5$ м/сек, и если по тем или иным причинам (обилие камней, отсутствие самоходного судна и др.) невозможно делать промеры по поперечным профилям, то их производят по косым галсам, т. е. по профилям, наклоненным к линии фарватера под углом $30-45^\circ$ (рис. 29). При значительной ширине реки применяют двойную систему перекрестных галсов; можно разбивать также тройные и четверные галсы.

При промерах больших рек для определения рельефа дна иногда производят дополнительные промеры по продольным

профилям, комбинируя их также с промерами по поперечникам и косым галсам.

Если требуется одновременно определить и направление струй, то работа организуется следующим образом. Лодка с промерным отрядом без гребцов идет по течению; промеры произ-

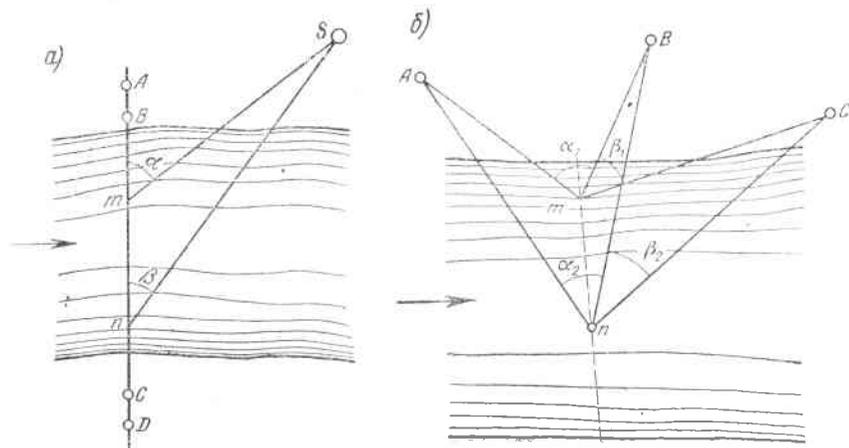


Рис. 28. Засечки секстаном
а—при работе одним секстаном; б—при работе двумя секстанами (задача Потенота)

водят посредством рыбабота или эхолота с засечками посредством двух мензул.

В некоторых случаях приходится вести промеры в зимнее время со льда. Зимние промеры производят следующим образом:

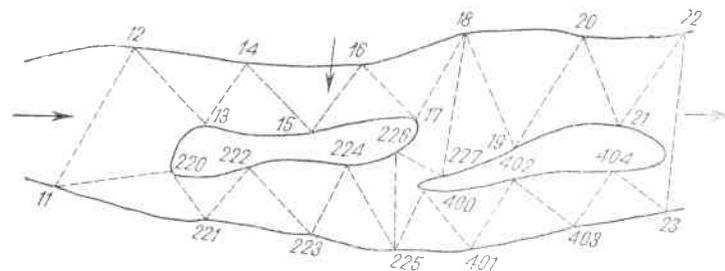


Рис. 29. Схема косых галсов

по разбитым створам намечают через определенные расстояния промерные точки; затем очищают эти места от снега, пробивают пешней или ледовым буром лунку и измеряют наметкой или лотом глубину; отметки уровня воды в лунке определяют нивелированием на данном профиле; одновременно измеряют и толщину льда. Обычно разбивка лунок производится по квадратам.

4. Разбивка поперечных профилей и косых галсов

Разбивку поперечных профилей и косых галсов производят различными способами. При наличии магистрали промерные профили привязывают к ней.

Можно производить промеры независимо от магистрали. Техник, ведущий промеры, устанавливая вехи с флагами, намечает промерные профили, положение их затем наносит на планшеты идущий позади мензульщик.

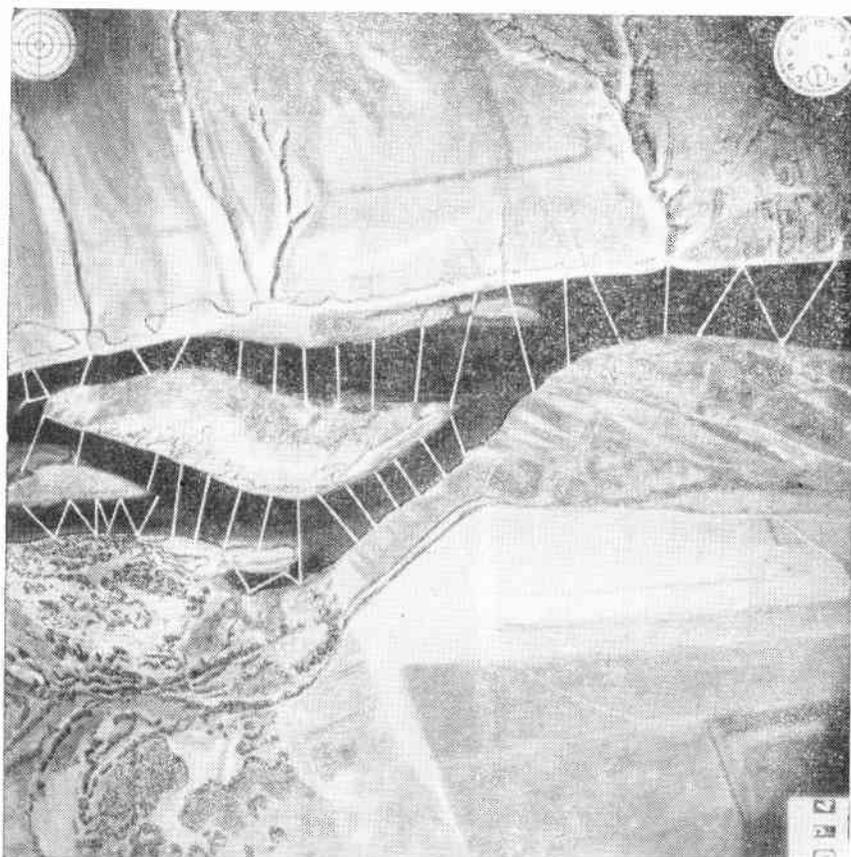


Рис. 30. Аэрофотоснимок с промерными профилями

Особенно эффективна разбивка промерных профилей по фотоплану или фотосхеме (рис. 30). В этом случае необходимо опознать на местности точки, выбранные на снимке: отдельные деревья, кусты, камни и т. п.

Створные знаки, применяемые при речных промерах, обычно делают переносными; форма и размеры их зависят глав-

ным образом от ширины реки. Расстояние между створными знаками зависит от ширины реки и колеблется в пределах 5—50 м.

Расстояние между промерными профилями и галсами назначается с таким расчетом, чтобы рельеф дна был изображен с такой же подробностью, как и берега. Если же река в свободном состоянии используется для судоходства, то промеры производят с большей подробностью. В этом случае расстояние между промерными профилями и галсами устанавливается на плесах $\frac{1}{4} B$, но не более 500 м, а на перекатах $\frac{1}{4} B$, но не более 250 м (B — ширина реки).

Расстояние между промерными точками на профилях и галсах устанавливается в среднем равными $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{50}$ ширины реки, но не более чем через 20 м на реках, используемых для судоходства, и 50 м на других реках.

5. Особенности промеров больших рек и устьевых участков

Промеры больших рек (например, Нижнего Енисея, Лены, Оби, Амуре и др.) имеют ряд особенностей; обычно они производятся с самоходных судов (паровых баркасов, моторных катеров и т. п.).

Для измерения глубин в этих случаях следует рекомендовать эхолот (или рыбалот), а для определения положения промерных точек в плане — секстан.

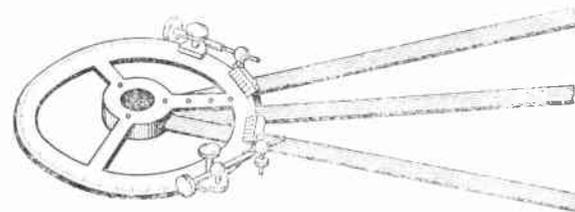


Рис. 31. Протрактор

В описываемых случаях предварительно производится: рекогносцировка участка реки (с использованием аэрофотоснимков), разбивка промерных профилей и галсов и расстановка береговых знаков в опорных пунктах для засечек.

Накладку промерных точек следует производить в поле, нанося заблаговременно на планшет опорные пункты, урезы воды, направления профилей (галсов). Можно аналогичную накладку промерных точек производить на фотоплане.

При производстве работ промерное судно движется по створу (галсу), обставленному створными знаками; положение промерных точек определяют по трем опорным береговым пунктам, заранее нанесенным на планшет, пользуясь решением задачи Потенота (рис. 28, б).

Накладку промерных точек обычно производят специальным прибором — протрактором, служащим для графического решения задачи Потенота.

Протрактор (рис. 31) состоит из круга с лимбом, одной неподвижной и двух подвижных линеек с микрометренными винтами и нониусами для отсчета углов с точностью до 1'. В центре протрактора имеется круг с вырезом и иглой для накола точек. Закрепив линейки так, чтобы углы, образуемые гранями линеек, были равны α и β , нетрудно найти положение искомой точки на планшете, на котором нанесены опорные пункты.

6. Определение характера грунта

Кроме визуального определения характера грунта при промерах, берутся пробы грунта посредством наметки, лота, а также при помощи щупов различных систем. Число точек, в которых берутся пробы, зависит от требования проекта.

Для взятия проб грунта пользуются донными щупами: штанговыми — при малых глубинах и тросовыми — при больших глубинах.

Если дно реки сложено из крупного гравия или гальки, то пробы берут дночерпателями, состоящими из двух черпачков, вращающихся на горизонтальной оси.

7. Обработка материалов промеров

Перед окончательной обработкой материалов промеров производят приводку измеренных глубин к определенному уровню, для чего вычисляют величины так называемых срезовок (подробнее о вычислении срезовок см. гл. VIII).

Значения приведенных к одному уровню глубин выписывают на планшете в сантиметрах, после чего проводят линии равных глубин — изобаты. После нанесения изобат закрепляют тушью лишь характерные глубины.

На планах в масштабах 1 : 1 000 и 1 : 2 000 изобаты проводят через 0,25 или 0,5 м; в масштабе 1 : 5 000 — через 0,5 м; в масштабе 1 : 10 000 — через 1 м и в масштабе 1 : 25 000 — через 2 м.

Пользование изобатами весьма удобно для целей судоходства, для проектирования же сооружений более удобны горизонтали. Для нанесения горизонталей вычисляют отметки дна, вычитая глубины из отметок уровня воды, определенных нивелированием, после чего на планшетах в русле реки выписывают отметки дна и проводят горизонтали так же, как и на суше.

Точки наибольших глубин на профилях (галсах) соединяют плавной кривой, называемой линией наибольших глубин (рис. 32)¹.

На пересечениях линии наибольших глубин с каждым поперечным профилем (галсом) выписывают соответствующие глубины или отметки.

На планах, используемых для судоходства, линия наиболь-

¹ Не следует смешивать линию наибольших глубин с фарватером, так как последний представляет собой полосу водной поверхности, используемую для судоходства.

ших глубин, называемая в этом случае линией судового хода, имеет вид, примерно соответствующий действительной траектории хода судов (по течению).

На линии наибольших глубин графически разбивают пикеты через 100 м и километры, обозначаемые условными знаками (рис. 32).

Счет километров рекомендуется вести от устья реки — от пункта, закрепленного надлежащим образом (репер, водомерный пост и пр.); реже счет километров ведут сверху вниз по течению, начиная, например, от населенного пункта, расположенного в начале исследуемого участка.

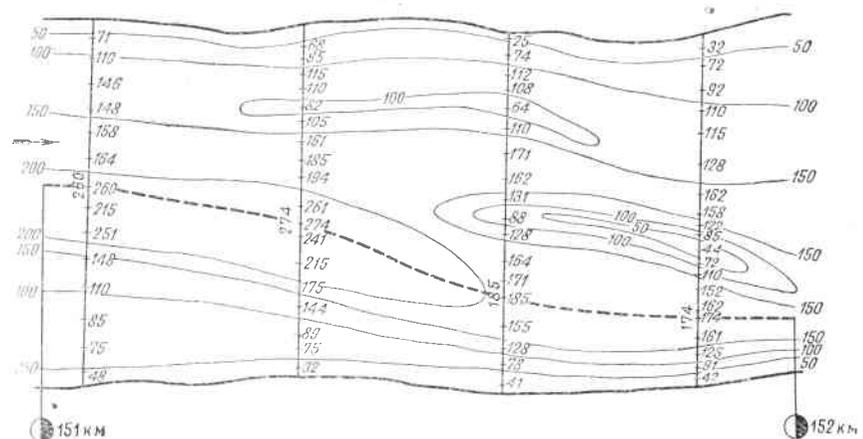


Рис. 32. План участка реки в изобатах

§ 13. ТРАЛЕНИЕ

Траление широко применяют в дополнение к промерам, особенно на каменистых участках рек, при проверке результатов взрывных работ по очистке русла от камней, при обстановке фарватера на порожистых и каменистых участках рек и др.

Траление заключается в том, что посредством особого прибора, называемого тралом, выясняют, имеются ли какие-либо препятствия на определенной глубине.

Наиболее простым приспособлением для траления является железная или деревянная рама (рис. 33), опускаемая на определенную глубину на специальном понтоне, который иногда устраивают на двух спаренных лодках. Этот понтон спускают

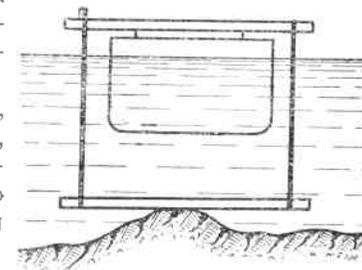


Рис. 33. Схема простейшего трала

вниз по течению, и все препятствия, имеющиеся на глубине, меньшей той, на которой производится траление, будут задеты рамой и отмечены на плане засечками по сигналам с понтона. В зависимости от ширины судового хода и ширины трала траление производят по частям за несколько раз.

Более совершенные системы тралов описываются в специальных руководствах.

Глава VII. ГЛАВНЕЙШИЕ ОТЧЕТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ И ПРОМЕРНЫМ РАБОТАМ

§ 14. ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ИЗЫСКАНИИ

Полученные во время полевых работ материалы изысканий необходимо обработать для дальнейшего их использования (для проектирования, издания в печати и т. п.).

Обработанные материалы должны отличаться четкостью, наглядностью, простотой и удобством для пользования и издания.

Обработка материалов изысканий может быть подразделена на полевую и окончательную.

Ниже описывается обработка материалов по топографо-геодезическим и промерным работам; краткие сведения относительно обработки материалов по другим работам приводятся в соответствующих главах, посвященных этим работам.

В задачи полевой обработки материалов, выполняемой в тот же день, когда производятся полевые работы, входят: уточнение, дополнение и поправка дневников, проверка журналов работ, постраничные подсчеты отметок и сверка результатов, полученных, например, первым и вторым нивелировщиками, предварительное вычисление рабочих координат, контрольные сверки съёмочных работ (особенно если съёмка производится несколькими съёмочными отрядами), полевое дешифрирование планшетов аэрофотосъёмки, предварительная обработка промеров глубин и т. п. На все материалы по окончании полевых работ должна быть составлена опись.

Окончательная обработка материалов начинается с проверки полевых книжек и планшетов и составления окончательной их описи.

Так как при полевых работах обычно пользуются так называемыми «рабочими координатами» опорных пунктов, то необходимо произвести уравнивание сети и окончательное вычисление координат способами, указанными в курсах геодезии.

В первую очередь производят окончательный подсчет отметок реперов и рабочих уровней воды; все подсчеты ведутся дважды. Если нивелирование велось по замкнутому полигону или между государственными опорными высотными пунктами, то

производится увязка способами, излагаемыми в соответствующих руководствах.

Затем на планшетах в русле реки проводят горизонталы (иногда изобаты) и линии наибольших глубин.

При окончательной отделке и раскрашивании планшетов необходимо придерживаться утвержденных условных обозначений, вводя в них дополнения в зависимости от местных условий.

§ 15. ГЛАВНЕЙШИЕ ОТЧЕТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

1. Планы реки

Планы реки оформляют в виде планшетов, рамки которых разбиваются согласно требованиям инструкций Главного управления геодезии и картографии.

На рис. 34 изображен в уменьшенном виде образец-копия части планшета в масштабе 1 : 10 000. При оформлении оригинала планшета пользуются различными красками согласно утвержденным условным знакам.

2. Сборная карта планшетов

Сборная карта планшетов составляется в масштабе от 1 : 250 000 до 1 : 500 000.

На сборной карте даются номера и границы отдельных планшетов. Сборная карта облегчает нахождение требующегося плана. Для уменьшения планов, копии которых помещаются на сборной карте, рекомендуется применять фотомеханический способ (вместо пантографирования).

3. Карта бассейна реки и исследуемого района

Масштаб карты выбирается в соответствии с площадью исследуемого района и с масштабами имеющихся карт. Можно рекомендовать масштабы: 1 : 250 000, 1 : 500 000, 1 : 1 000 000, 1 : 2 500 000 и более мелкие.

4. Продольные профили

Продольный профиль составляется двух видов: подробный и сокращенный.

Образец подробного продольного профиля показан на рис. 35. Масштабы назначаются, например, следующие: горизонтальный — 0,5 км в 0,01 м; вертикальный — 1 м в 0,01 м или 0,5 м в 0,01 м.

Сокращенный продольный профиль составляют в значительно более мелких масштабах и на нем приводят наиболее существенные данные.

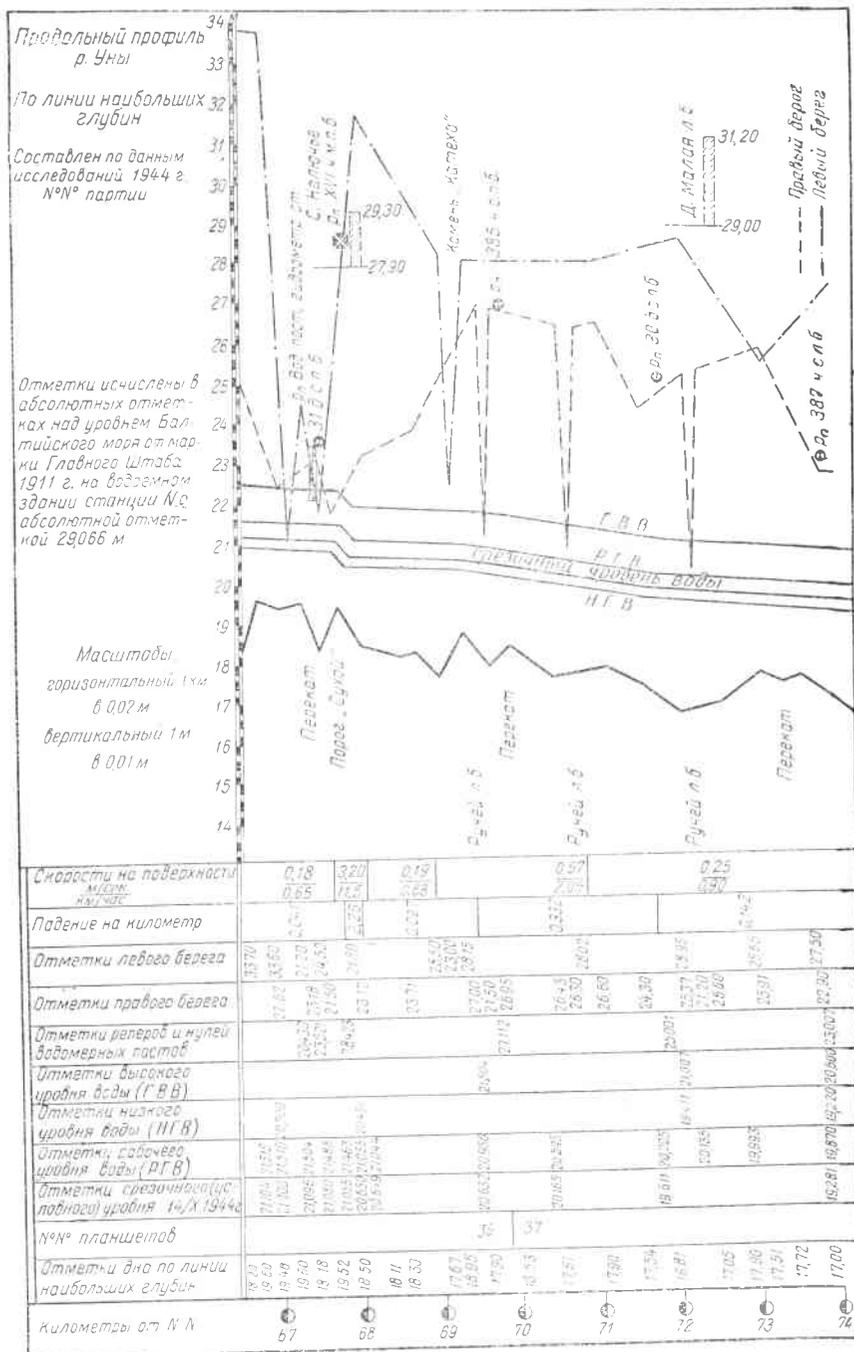


Рис. 35. Продольный профиль реки

5. Поперечные профили

Поперечные профили русла реки составляют на участках, где располагаются гидрометрические станции, в местах проектирования плотин и других сооружений, а также в случаях нивелирной съемки рельефа. Масштабы этих поперечных профилей выбирают в зависимости от их общей длины, глубин и высот, причем вертикальный масштаб принимается большим, чем горизонтальный.

Глава VIII. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

§ 16. ЗАДАЧИ И СОСТАВ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ. КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

1. Задачи гидрологических работ

В задачи гидрологических работ входит всестороннее изучение водного режима реки: уровней, скоростей течения, расходов и стока, наносов, твердого стока, русловых процессов, ледовых явлений и т. д.

Основную часть гидрологических работ составляют гидрометрические, в задачу которых входит получение числовых характеристик названных выше элементов. Получаемые в результате этих работ данные служат основой для гидрологических расчетов при гидротехническом проектировании.

Само собой разумеется, что состав и объем гидрологических работ прежде всего зависят от характера гидрологического режима исследуемой реки. Необходимо также иметь в виду, что полное познание гидрологического режима в отрыве от среды, в которой он формируется, т. е. в отрыве от географических ландшафтов водосборного бассейна, невозможно. Состав и объем гидрологических работ зависят также от целей и способа использования реки.

2. Гидрометрические, гидрометеорологические и гидрологические станции и посты

Большинство перечисленных работ, за исключением приведенных материалов полевых работ к условному уровню, выполняются на определенных пунктах; состав наблюдений на них бывает различным, в зависимости от цели исследований.

Основная сеть станций находится в ведении Главного управления гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР; сюда входят станции опорной сети и специаль-

ны е. Так как на них ведутся как гидрологические, так и метеорологические наблюдения, то они называются гидрометеорологическими.

На опорной сети гидрометеорологических станций ведутся исследования исходных данных для составления прогнозов, информации и расчетов; наблюдения на опорной сети ведутся постоянно в течение длительного периода, согласно утвержденным наставлениям.

Гидрометеорологические станции опорной сети подразделяются на: 1) материковые; 2) речные; 3) озерные; 4) болотные и 5) морские.

Кроме того, действуют гидрометеорологические посты, которые отличаются от станций меньшим объемом наблюдений (обслуживаются обычно только одним наблюдателем).

По составу работ станции и посты подразделяются на типы, всего имеется 40 типов.

Специальные станции обслуживают текущие нужды водного транспорта и других отраслей народного хозяйства, не охватываемых пунктами опорной сети.

Специальные станции могут быть постоянными и временными. К числу специальных могут быть также отнесены ведомственные станции, организуемые различными ведомствами в связи с разработкой тех или иных проектов или для обслуживания соответствующих отраслей народного хозяйства (транспорта, сельского хозяйства и т. п.). Ведомственные станции производят гидрологические и некоторые метеорологические работы; они обычно называются гидрологическими или гидрометрическими; посты же называются водомерными¹.

Кроме стационарных гидрологических (гидрометрических) станций, действующих непрерывно и обслуживаемых постоянным штатом, организуются также временные гидрометрические створы (выездные), на которых время от времени производятся измерения расходов воды техническим персоналом ближайшей станции.

В случае необходимости детального изучения тех или иных вопросов организуют русловые станции — для изучения формирования речного русла, ледовые, стоковые станции, а также стоковые площадки — для изучения режима стока и т. п.

Необходимо еще упомянуть гидрологические обсерватории, в задачу которых входит: выполнение научно-исследовательских работ по особым программам, руководство научно-исследовательской работой станций, разработка и проверка методики наблюдений.

¹ При производстве гидротехнических изысканий гидрометрические станции разделяются на 4 разряда.

Следует отметить, что при советской власти за период с 1917 по 1940 г., за 24 года, организовано водомерных постов и гидрометеорологических станций примерно в 4,5 раза больше, чем до Великой Октябрьской социалистической революции за 42 года (1875—1916 гг.); число гидрометеорологических постов и станций в СССР к 1951 г. достигло 5 135.

§ 17. НАБЛЮДЕНИЯ НАД КОЛЕБАНИЯМИ УРОВНЯ ВОДЫ

1. Устройство водомерных постов и водомерные наблюдения

Перед началом полевых работ необходимо устроить на всем последующем участке реки водомерные посты (в дополнение к существующим, если они имеются) и организовать на них наблюдения над колебаниями уровня воды до начала работ по nivelированию, промерам, съемке и пр.

Кроме наблюдений над колебаниями уровня воды, на водомерных постах ведутся наблюдения над температурой воды, температурой воздуха, погодой (ветер и волнение), осадками, водной растительностью, вскрытием и замерзанием реки, ледоходом, толщиной ледяного покрова, началом и концом прохода судов и шлюзов в данную навигацию.

Новые посты необходимо располагать с таким расчетом, чтобы на каждом участке реки, значительно отличающемся от соседних величиной расхода воды, характером поймы или русла, был устроен по крайней мере один пост. Поэтому целесообразно устраивать водомерные посты ниже и выше устьев значительных притоков, а также и на самих притоках. Расстояния между постами в основном зависят от целей, для которых посты устраиваются.

В дополнение к основным водомерным постам нередко устраивают вспомогательные — при необходимости более подробного изучения колебаний уровня воды во время работ, а также в тех пунктах реки, где колебания уровня имеют местные особенности: у порогов (выше и ниже их), вблизи заторов и зажоров, на участках, подверженных действию стонных и нагонных ветров, ниже устьев притоков, на участках, где проектируются сооружения, и т. п.

Водомерные посты различают следующих основных типов: речные, свайные, смешанные и самоиссысы уровней (лимниграфы). Последние устраивают на горных реках с ливневыми паводками, ледниковым питанием и резко выраженным суточным ходом колебаний уровней, на реках с приливами и отливами, наводными и стонными явлениями, с зарегулированным стоком. Для организации правильной эксплуатации водохранилищ самоиссысы уровня могут быть установлены в разных пунктах, в том числе и на притоках, с передачей сведений о колебаниях уровня в центральный пункт (см. гл. XV).

Определение отметок наивысших уровней на водомерном посту является обязательным. При отсутствии самописцев можно пользоваться простейшими автоматическими рейками, описываемыми в гидрометрии.

2. Передвижной водомерный пост

Кроме стационарных водомерных постов, наблюдения над уровнем могут вестись и на так называемом передвижном посту, который устраивают в месте стоянки изыскательской партии. Такой пост служит для получения более подробных данных о колебаниях уровня воды на том участке реки, на котором производятся исследования в данный день.

Передвижной водомерный пост состоит из двух сваек, одну из которых забивают в воду, другую — на берегу. Первая сваяка служит для наблюдений над колебаниями уровня воды, вторая является временным репером. При установке сваек должны быть связаны нивелированием друг с другом.

На передвижном водомерном посту наблюдения производятся ежедневно особыми рейками с точностью отсчетов до 2 мм.

При изменении места стоянки партии на новом месте устраивается такой же пост, при этом первое наблюдение на нем должно быть произведено одновременно или, если это представляется затруднительным, не позднее последнего наблюдения на старом посту. Это необходимо для построения непрерывного графика колебания уровней на передвижном посту.

На передвижном водомерном посту с большим удобством могут быть применены и переносные самописцы уровня (лимниграфы).

§ 18. ПРИВЕДЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОЛЕВЫХ РАБОТ К СРЕЗОЧНОМУ (УСЛОВНОМУ) УРОВНЮ И ВЫЧИСЛЕНИЕ СРЕЗКИ

1. Выбор срезочного (условного) уровня

Во время изысканий так называемый рабочий уровень воды в реке, при котором производились полевые работы — нивелирование, промеры, съемка, — колеблется. Поэтому для использования материалов изысканий (уровней воды, промеров глубин, очертаний реки в плане) необходимо привести отметки их к одному мгновенному уровню, называемому срезочным или условным. В качестве срезочного (условного) уровня нередко принимают наиболее низкий, устойчивый уровень, наблюдавшийся в период изысканий.

Выбранный уровень должен быть по возможности охарактеризован на основании материалов стационарных водомерных наблюдений на опорной сети района с установлением процента обеспеченности (в многолетней перспективе); для этого должны быть построены кривые обеспеченности уровней по многолетним наблюдениям опорных водомерных постов (рис. 40).

При вычислении срезки условный (срезочный) уровень целесообразно выбирать совпадающим с проектным уровнем, если таковой уже известен. Во всех случаях необходимо привести надлежащее обоснование выбора срезочного условного уровня.

2. Приведение рабочего уровня к срезочному (условному)

Способ первый. Во всех точках, в которых были определены нивелированием отметки рабочего уровня, одновременно на всем протяжении исследуемого участка реки, в определенный момент (по сигналу или по часам), забивают колья вровень с поверхностью воды. Затем определяют отметки верха колея посредством нивелирования от реперов или дополнительных сваек, установленных во время нивелирования рабочего уровня у тех точек, где определялись нивелированием отметки уровня воды (§ 10, п. 3).

Таким образом могут быть получены отметки так называемого мгновенного уровня на всем исследуемом участке реки (рис. 36).

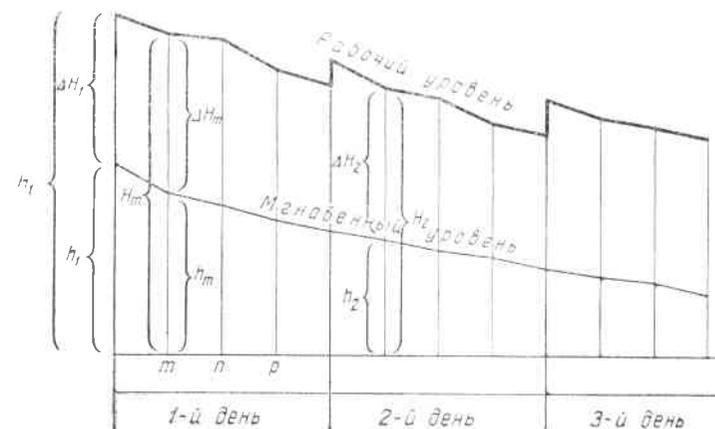


Рис. 36. Рабочий и мгновенный уровни воды

Величина срезки ΔH равна разности между отметкой рабочего H и мгновенного срезочного (условного) уровня h , т. е.

$$\Delta H = H - h. \quad (11)$$

Способ второй. Исследуемую реку разделяют на участки длиной примерно 50—70 км и так, чтобы конец каждого участка и начало последующего совпадали на одном и том же из установленных основных реперов. Необходимо также, чтобы на каждом участке находился хотя бы один водомерный пост. Ка-

ждый такой участок поручается одному технику-нивелировщику, который в лодке спускается вниз по течению и у всех реперов (основных и временных), а также и у точек, закрепленных свайками (где определялись во время полевых работ отметки рабочего уровня воды), нивелирует от репера-свайки уровень воды, записывая число, месяц, час и минуты, когда это нивелирование было произведено.

Длина участка, поручаемого одному технику, должна быть такой, чтобы связка срезочного (условного) уровня воды с реперами могла быть произведена в кратчайший срок, желательно в 2—3 дня.

Приняв за срезочный (условный) уровень, к которому намечается приведение полевых работ, измеренный уровень в один из моментов водомерных наблюдений (например, в 8 час.) и зная время, когда произведена связка условного уровня воды с тем или иным репером, можно, пользуясь данными наблюдений на ближайшем водомерном посту, вычислить отметку срезочного уровня у каждого репера и величину срезки ΔH .

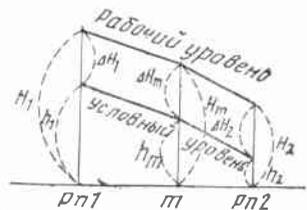


Рис. 37. Определение срезки в промежуточной точке

Способ третий. Если точки, в которых были определены нивелированием отметки рабочего уровня, не были закреплены дополнительными свайками (или если те или иные свайки или реперы повреждены), то отметки срезочного уровня в этих точках вычисляют интерполированием (см. ниже). При этом считают, что разность срезок у реперов изменяется пропорционально либо падению уровня воды, либо расстоянию между реперами.

Обозначим через H_1, H_2, \dots, H_m отметки рабочего уровня воды соответственно у реперов $Pn1, Pn2$ и точки m , лежащей между $Pn1$ и $Pn2$ (рис. 37), а также отметки срезочного (условного) уровня у $Pn1$ и $Pn2$, определенные повторным (по окончании основных полевых работ) нивелированием, соответственно через h_1 и h_2 . Тогда величины срезки будут у $Pn1$

$$\Delta H_1 = H_1 - h_1$$

и у $Pn2$

$$\Delta H_2 = H_2 - h_2.$$

Так как падение рабочего уровня между реперами $Pn1$ и $Pn2$ равно $H_1 - H_2$, то падение рабочего уровня между реперами $Pn1$ и точкой m будет равно $H_1 - H_m$.

Обозначив через ΔH_m величину срезки в точке m и считая, что разность срезок изменяется пропорционально падению, получим

$$\Delta H_m = \Delta H_1 - \frac{\Delta H_1 - \Delta H_2}{H_1 - H_2} (H_1 - H_m). \quad (12)$$

или

$$\Delta H_m = \Delta H_2 + \frac{\Delta H_1 - \Delta H_2}{H_1 - H_2} (H_m - H_2). \quad (12')$$

Если интерполирование производится по расстоянию между реперами, то будем иметь

$$\Delta H_m = \Delta H_1 - \frac{\Delta H_1 - \Delta H_2}{L} l_1, \quad (13)$$

где L — расстояние между реперами;

l_1 — расстояние от точки m до репера $Pn1$.

Отметка условного уровня h_m в точке m равна

$$h_m = H_m - \Delta H_m. \quad (14)$$

Основной для расчетов является формула (12), т. е. интерполирование по падению; расчеты же по формуле (13) могут производиться только при рекогносцировочных исследованиях равнинных рек, если не производилось нивелирование продольного профиля водной поверхности реки.

Необходимо добавить, что рабочий уровень воды между двумя смежными реперами, где были определены отметки условного уровня, должен быть предварительно приведен к одному какому-либо определенному моменту; для этого служит график колебаний уровня на передвижном водомерном посту.

3. Приведение глубин к срезочному (условному) уровню

Так как нивелирование рабочего уровня воды и промеры глубин производятся не одновременно, то для приведения результатов промерных работ к срезочному (условному) уровню необходимо ввести соответствующие поправки в величины срезки, вычисленные, как описано выше. Эти поправки определяют, пользуясь графиком передвижного водомерного поста.

4. Нанесение на планы урезов срезочного (условного) уровня воды

На планах должны быть нанесены урезы срезочного (условного) уровня воды. Если русло реки изображено в горизонталях, то линии урезов соответствуют отметкам срезочного уровня воды; если же в русле реки проведены изобаты, то линиями урезов воды являются изобаты с нулевыми глубинами. В обоих случаях, нанеся на планшет отметки дна (или глубины) по направлениям промерных профилей, можно графически найти положения некоторых точек линий урезом.

5. Приведение работ к проектному уровню

Проектным уровнем, назначаемым в проектах выправительных и других работ, обычно является уровень заданной обеспеченности, например 95%. Отметки этого проектного уровня заданной обеспеченности на водомерных постах определяют, пользуясь кривыми обеспеченности уровней, построенными по многолетним наблюдениям на водомерных постах (рис. 40).

Когда полевые исследования приведены к тому или иному срезочному (условному) уровню, то для приведения их к указанному проектному уровню вычисляют величины срезок на водомерных постах как разности между отметками срезочного (условного) и проектного уровней и по формуле (13) величины срезок в промежуточных точках (между водомерными постами).

Применение описанного метода требует обязательного соблюдения следующих условий:

- 1) наличия надежных многолетних водомерных наблюдений;
- 2) не слишком больших расстояний между водомерными постами;
- 3) сравнительно небольшой разности между отметками срезочного и проектного уровней (желательно не более 0,5 м).

6. Общие замечания

Следует иметь в виду, что приведение полевых работ к срезочному (условному) уровню дает удовлетворительные результаты лишь при устойчивом русле, возможно меньших расстояниях между противелированными точками срезочного (условного) уровня и при небольших величинах срезки.

Если русло реки неустойчиво и наблюдаются намывы и размывы русла, то в случае промеров русла при высоких уровнях, т. е. при наличии намывов (на перекатах), срезка может дать глубины, сильно искаженные и не соответствующие фактическим, так как размыв русла не будет учтен. В таких случаях необходимо произвести повторные промеры на перекатах при низком уровне, близком к срезочному.

§ 19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ И РАСХОДОВ ВОДЫ. ВЫЧИСЛЕНИЕ СТОКА

1. Размещение гидрометрических станций

При выборе мест расположения гидрометрических станций и створов необходимо, во-первых, принимать во внимание местоположение опорных гидрометеорологических станций Гидрометеослужбы, действующих в бассейне данной реки, во-вторых, учесть влияние имеющихся на исследуемой реке наиболее значительных притоков, в-третьих, определить места для станций ниже и выше устьев этих притоков, если это позволяют местные условия.

Места ниже и выше устьев притоков удобны в том отношении, что, намечая один створ ниже впадения притока, а другой выше его устья (вне влияния подпора), а также и на самом притоке, можно получить более подробные данные для характеристики водоносности исследуемой реки и контролировать расчеты стока (треугольник).

Если при проектировании гидростанций намечается использовать тот или иной второстепенный рукав, то гидрометрические наблюдения организуются и на этом рукаве.

2. Способы определения скоростей течения и расходов воды

Работы по определению скоростей течения и расходов воды делятся на две группы.

Первая группа. Определение расходов основывается на измерении скоростей течения воды в отдельных точках живого сечения и определении его площади. Для этого применяют: вертушки различных систем, батометр-тахиметр, гидрометрические трубки различных систем, поплавки поверхностные и глубинные, гидрометрические шесты.

Вторая группа. Определение расходов производится без измерения скоростей течения в отдельных точках путем непосредственного измерения расхода, замером и расчетом посредством водосливов, способом смешения раствора-индикатора и прочими способами.

Подробности этих методов определения скоростей течения и расходов воды описываются в курсах гидрометрии.

При гидротехнических изысканиях надо обращать особое внимание на то, чтобы были измерены или вычислены расходы при наиболее высоких и наиболее низких уровнях.

Особую ценность для проектирования при этих определениях расходов имеют данные отметок высоких (исторических) уровней на основании следов на берегах, сооружениях и т. п., а также показания старожилков, изучение литературных, архивных и других материалов. Поэтому в створах гидрометрических работ должны быть съемки участка и профиля реки до границ упомянутого исторического уровня.

3. Определение стока

В результате обработки материалов по наблюдениям над колебаниями уровней и по определению расходов могут быть получены следующие основные отчетные документы: график колебаний уровня воды $H=f(t)$ (рис. 38) и кривые расходов воды $Q=f(H)$, живых сечений $\Omega=\varphi(H)$ и средних скоростей $v=\psi(H)$ в живом сечении (рис. 39). Пользуясь графиком $H=f(t)$ и кривой $Q=f(H)$, нетрудно построить график $Q=f(t)$ — так называемый гидрограф, измерив площадь которого (посредством

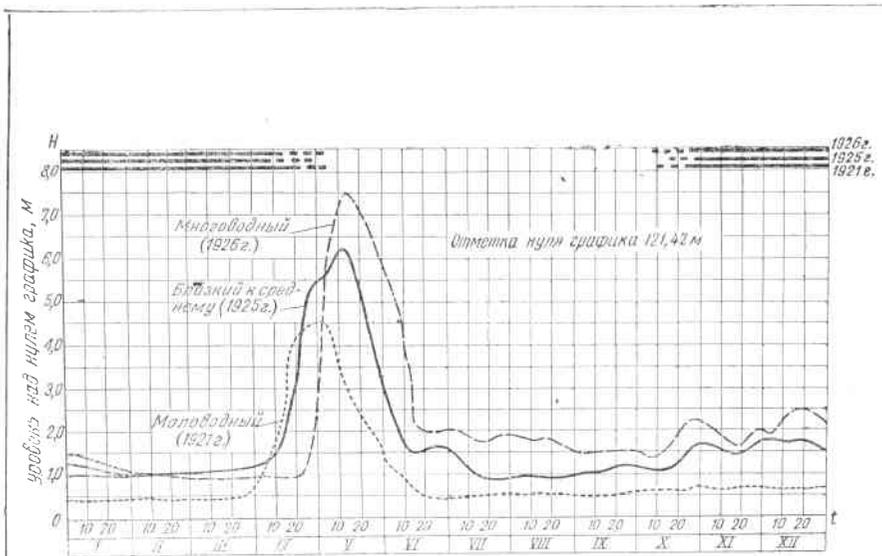


Рис. 38. График колебаний уровня воды $H = f(t)$

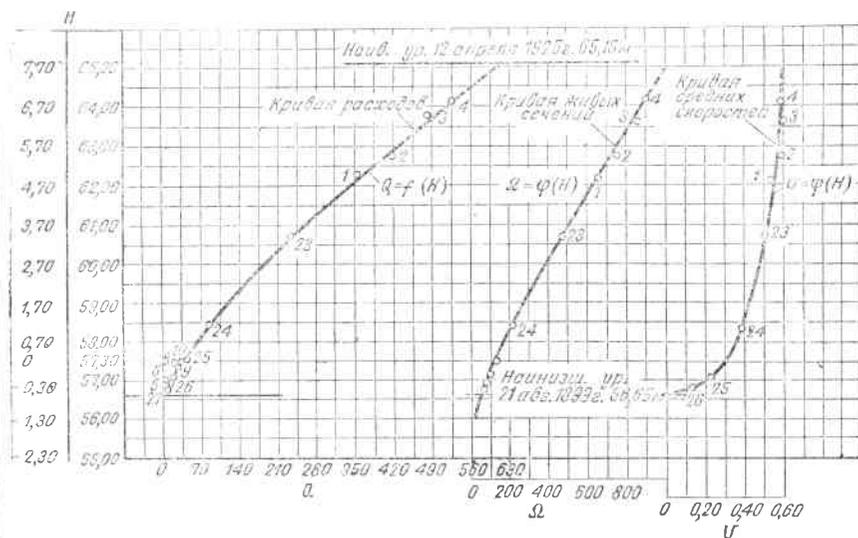


Рис. 39. Кривые $Q = f(H)$, $\Omega = \varphi(H)$, $v = \psi(H)$

планиметрирования), можно определить годовой сток в данном створе.

Вычисления стока часто производят аналитически — по таблицам.

Обычно строят гидрографы для среднего по водности года, для многоводного и маловодного. Гидрограф имеет вид, близкий к графику колебаний уровня воды; при его построении на оси X откладывается время, а по оси Y — расходы воды, определяемые по кривой $Q = f(H)$.

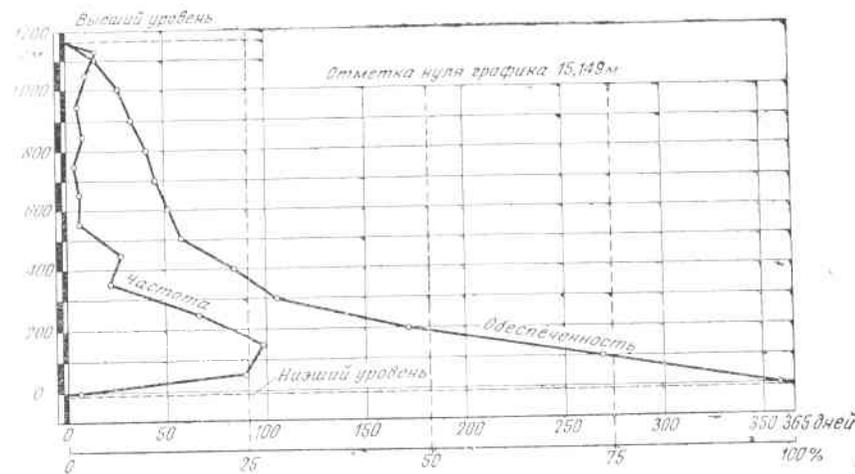


Рис. 40. Кривая частоты и кривая обеспеченности уровней

Широкое применение в практике проектирования имеют кривые повторяемости и обеспеченности уровней и расходов воды, которые строят на основании многолетних наблюдений; на рис. 40 показаны такие кривые уровней воды.

§ 20. НАБЛЮДЕНИЯ НАД НАНОСАМИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА НАНОСОВ. ИЗУЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ РУСЛА

1. Наблюдения над наносами

Наносы подразделяются на взвешенные, придонные (полувзвешенные), донные (влекомые) и растворенные. Эта классификация в значительной мере является условной, и приведенное подразделение объясняется главным образом требованиями методики наблюдений над наносами. Сток взвешенных и донных наносов называют твердым стоком, а сток растворенных наносов — химическим или ионным стоком.

Наблюдения над наносами производятся в тех же гидрометрических створах, где измеряют расходы воды. В курсах гидрометрии описываются приборы, применяемые для изучения наносов (бафометры разных систем), методы полевых измерений (детальные и сокращенные), методы лабораторной и камеральной обработки. Необходимо отметить, что исследования наносов представляют собой весьма трудоемкую работу, особенно в лабораторной части. Поэтому каждый раз надо тщательно устанавливать объем исследований с учетом требований проектирования, без излишеств. В ряде случаев могут быть применены, например, упрощенные методы (при исследованиях взвешенных наносов — интеграционные вместо детальных и др.). Необходимо всемерно механизировать процесс выделения наносов из проб и вообще все производство лабораторного анализа их.

2. Определение стока взвешенных, донных и растворенных наносов

Измерив расходы взвешенных наносов $R_{v1}, R_{v2}, \dots, R_{vn}$, проходящих через живое сечение в гидрометрическом створе (в кг/сек), при разных уровнях H_1, H_2, \dots, H_n и измерив при тех же уровнях расходы воды Q_1, Q_2, \dots, Q_n , устанавливают зависимость $R_n = f(Q)$ * или $R_n = f(H)$ (рис. 41); далее строят гидрограф расходов воды $Q = f(t)$, а затем и гидрограф взвешенных наносов $R_n = f(t)$.

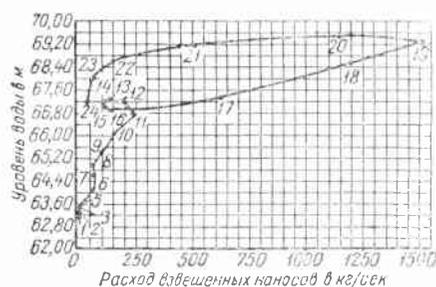


Рис. 41. Кривая $R_n = f(H)$

Измерив площадь этого гидрографа планиметрированием (или аналитически по таблицам), находят годовой сток взвешенных наносов S_n .

Гидрограф стока донных наносов $R_d = f(t)$ строится на основании измеренных расходов донных наносов

$R_{d1}, R_{d2}, \dots, R_{dn}$, проходящих через гидрометрический створ при разных уровнях воды. Измерив площадь этого гидрографа, получают годовой сток донных наносов S_d .

Определение стока донных наносов можно произвести также и аналитически.

Следует отметить, что связь между расходами воды и расходами наносов зачастую имеет весьма сложный вид петлеобразных кривых, и поэтому использование их в подсчетах стока не дает точных результатов.

* Обычно пользуются зависимостью $R_n = f(Q)$.

Сток растворенных наносов определяют следующим образом. Зная расход воды Q и так называемую минерализацию α , т. е. количество растворенных наносов (в г/м³ или мг/л), которые выделены из воды посредством химического анализа проб воды, взятых в данном створе, расход растворенных наносов R_p определяют по формуле

$$R_p = \alpha Q. \quad (15)$$

Уравнение (15) справедливо, если минерализация α вследствие турбулентного перемешивания одинакова во всех точках живого сечения; в этом можно удостовериться, если взять несколько проб в разных пунктах исследуемого створа. Иногда изучение неоднородности химического состава воды в отдельных створах или на тех или иных участках реки является объектом специальных исследований; так, например, известно, что воды Оки при впадении в Волгу на протяжении около 180 км не достигают полного смешения.

Определив $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ при разных уровнях H_1, H_2, \dots, H_n , можно построить график колебаний α в течение года, т. е. $\alpha = f(t)$.

Построив гидрограф расходов воды $Q = f(t)$ и пользуясь им совместно с графиком $\alpha = f(t)$, можно построить гидрограф растворенных наносов $R_p = f(t)$, а затем посредством планиметрирования или аналитических расчетов определить годовой сток растворенных наносов S_p (химический сток).

Полный годовой сток наносов равен

$$S = S_n + S_d + S_p. \quad (16)$$

При расчетах заиления водохранилищ пользуются величиной твердого стока

$$S' = S_n + S_d. \quad (16')$$

Необходимо добавить, что сток донных наносов равнинных рек представляет сравнительно небольшую величину по сравнению со стоком взвешенных наносов.

3. Изучение механического состава наносов и участия их в русловых процессах

При исследовании наносов необходимо обратить особое внимание на изучение гранулометрического (механического) их состава. Следует установить, какой крупности (фракции) наносы транспортируются течением реки и какие наносы могут отлагаться на соответствующих участках реки; при этом должны быть учтены гидрологические особенности режима реки и гидравлическая структура потока при разных уровнях.

При составлении программ этих изысканий надо учитывать также требования проекта. Так, например, при воднотранспорт-

ных изысканиях должно быть обращено внимание на процессы отложений наносов на перекатах и других участках, могущих вызвать затруднения для судоходства (см. п. 4); при изысканиях же для устройства водохранилищ заслуживает особого внимания вопрос твердого стока (объемы заиления).

4. Изучение на русловых станциях процессов формирования русла

Для изучения русловых процессов на исследуемом участке реки, например на некоторых типичных перекатах, кроме гидрологических станций, организуют так называемые русловые станции. В задачу этих станций входит главным образом исследование процессов формирования русла и установление закономерностей, которым подчиняются эти процессы. Число русловых станций определяется требованием проекта и местными условиями.

В состав работ, выполняемых русловыми станциями, входят:

- 1) систематическое изучение рельефа русла реки и его изменений (посредством промеров);
- 2) изучение гидрологических и гидравлических элементов, связанных с формированием русла (уклонов, скоростей течения, направления струй, расходов воды и наносов и их распределения на исследуемом участке, ледового режима);
- 3) периодические исследования выше- и нижележащих участков реки для определения основных изменений русла (топографо-геодезические и промерные съемки русла, изменений характера отложений наносов и т. д.).

§ 21. ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА РЕКИ

1. Термометры

Для измерения температуры воды применяют термометры различных типов: ртутные, ртутные опрокидывающиеся, электрические. Если термометры применяются для измерения температуры воды на поверхности, то они называются **поверхностными**, а если на той или иной глубине, — **глубинными**.

Измерение температуры поверхностных слоев воды можно производить обыкновенным ртутным термометром, опуская его в ведро, наполненное водой из реки.

Более удобным для измерений является специальный ртутный водный термометр, так называемый **родниковый** (рис. 42, а). Термометр этот имеет резервуар для ртути, защищенный от действия температуры наружного воздуха (после извлечения термометра из воды) малотеплопроводным материалом, например пробкой, резиной и т. п. Для большей сохранности термометр помещается в металлическую оправу. Деления на шкале термо-

метра нанесены через 0,2 или 0,5°. Такой термометр показывает температуру воды через 2—3 мин., поэтому называется «ленивым».

Изготавливаются также ртутные термометры в оправе, снабженной металлическим цилиндром с отверстиями в верхней крышке или сбоку для заполнения его водой при опускании термометра в водоем (рис. 42, б).

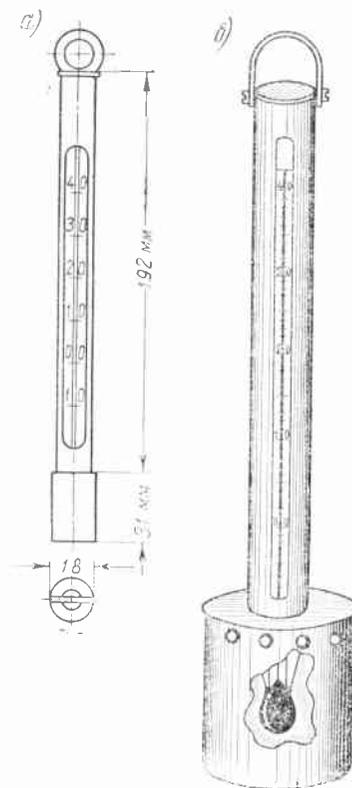


Рис. 42. Термометры для воды
а—родниковый; б—с резервуаром

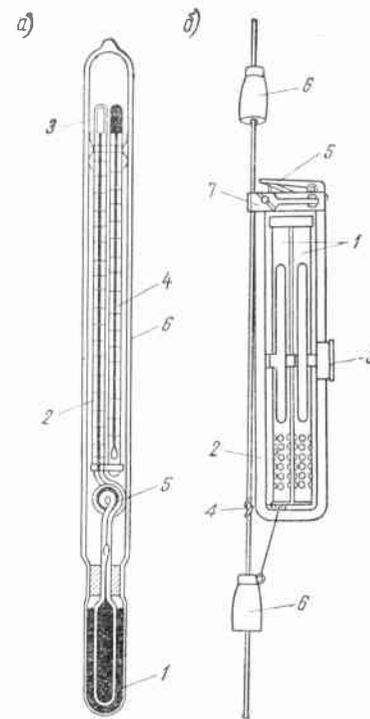


Рис. 43. Глубинный опрокидывающийся термометр
а—термометр; б—рама

Глубинный опрокидывающийся ртутный термометр (рис. 43, а) применяют для измерения температуры воды на значительных глубинах; его широко используют преимущественно при исследованиях водохранилищ озер и морей.

Прибор состоит из двух термометров: основного 2 и вспомогательного 4, скрепленных друг с другом и заключенных в толстостенную стеклянную трубку 6. Вблизи от ртутного резервуара 1 капилляр термометра сужен и изогнут, вследствие чего при

повороте термометра резервуаром вверх часть ртути, прошедшая узкое изогнутое колено 5, отделяется и падает в противоположный конец капилляра, где имеется расширение 3, поэтому деления в термометре нанесены от конца капилляра к резервуару.

Высота оторвавшегося столбика ртути показывает температуру воды в момент опрокидывания. Так как производить отсчет приходится в воздухе при иной температуре, то в показание глубинного термометра вводят поправку, которую вычисляют по показанию вспомогательного термометра.

Глубинный термометр заключен в металлическую гильзу 1 (рис. 43, б) и помещается в специальную металлическую раму 2, при помощи которой он опрокидывается. Вращение рамы термометра происходит вокруг горизонтальной оси под действием пружины, заключенной в коробке 3. От вращения термометр первоначально удерживается прижимаемым пружиной рычагом 5, конец которого входит в углубление, сделанное в обойме термометра. Посредством зажима 7 и направляющего кольца 4 термометр прикрепляется к тросику. Посыльный груз 6, скользящий по тросику, ударяет по рычагу 5, разъединяет сцепление, и рама с термометром опрокидывается.

Электрические термометры подразделяются на термометры сопротивления и термоэлектрические.

Термометр сопротивления имеет следующее устройство. Металлическая проволока диаметром 0,03—0,04 мм, сопротивлением 50—100 Ом наматывается на кварцевую трубочку, изолированную от воды посредством другой кварцевой трубочки с запаянным концом (рис. 44). Концы проволоки идут к двум клеммам, которые могут быть присоединены к измерительному прибору. При измерении температуры пользуются мостиком сопротивления.

Кроме металлической проволоки, применяют также полупроводники; в этом случае термометры называют термисторами. В отличие от проводников (металлов), сопротивление полупроводников уменьшается с ростом температуры, и поэтому термисторы значительно более чувствительны к изменениям температуры; при нагреве полупроводников на 1° сопротивление понижается на 3—6% (а в металлах при нагреве на 1° сопротивление повышается на 0,3—0,4%).

Термоэлектрические термометры составляют так называемую термопару (рис. 45) из двух металлов (например,

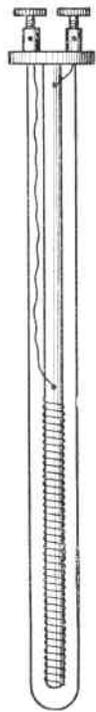


Рис. 44. Электрический термометр сопротивления

из железа и меди), спаянных в точках А и В; при разности температур в них t_1 (горячий спай) и t_2 (холодный спай) возникает электрический ток.

Включив в цепь гальванометр и сделав отсчет, можно записать

$$N = k(t_1 - t_2); \quad (17)$$

$$t_1 = \frac{N}{k} + t_2, \quad (17')$$

где N —отсчет по гальванометру;

k —постоянный коэффициент, устанавливаемый градуированием по тающему льду.

Если погрузить холодный спай в тающий лед, то $t_2 = 0$ и

$$t_1 = \frac{N}{k}, \quad k = \frac{N}{t_1}. \quad (18)$$

Для увеличения чувствительности термоэлектрического термометра составляют термобатарею из нескольких термопар (например, из 100).

Точность измерения температуры воды электрическими термометрами может быть доведена до 0,01—0,001°.

2. Измерение температуры воды и обработка материалов

Измерение температуры воды производят на водомерных постах и на гидрометрических (гидрологических) станциях с точностью до 0,1° ежедневно в 8 час. за исключением периода устойчивого ледостава. Одновременно измеряют температуру воздуха термометром-пращем с точностью до 0,5°. Если колебания температуры воды имеют ясно выраженный суточный ход, то устанавливают дополнительные сроки наблюдений. Глубинные измерения температуры воды производят по специальной программе, особенно в связи с изучением образования глубинного льда; в последнем случае применяют описанные выше чувствительные электрические и термоэлектрические термометры с точностью измерения до 0,001°. При точных измерениях температуры необходимо обеспечить систематическую проверку применяемых электрических термометров.

В результате обработки измерений составляют таблицы и строят совмещенные графики колебаний температуры воды и воздуха в пунктах наблюдений.

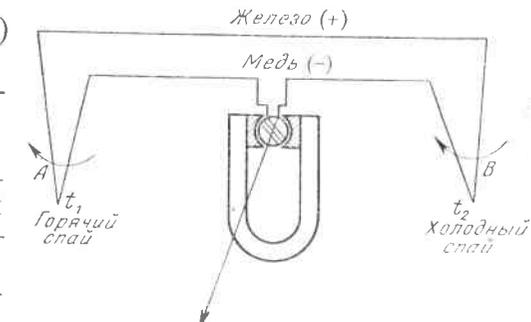


Рис. 45. Термопара

В случаях особых заданий подсчитывают количество тепла, переносимого рекой (тепловой сток).

§ 22. ИЗУЧЕНИЕ ЗАМЕРЗАНИЯ РЕКИ, ЕЕ ЗИМНЕГО РЕЖИМА, ВСКРЫТИЯ И ЛЕДОХОДА

1. Задачи и состав зимних исследований

От наступления устойчивых отрицательных температур в реке до очищения ее от льда весной производятся специальные исследования, которые сокращенно называют зимними исследованиями. Они могут быть подразделены на следующие периоды:

1) изучение процессов замерзания реки, осеннего ледохода и прочих явлений вплоть до ледостава — **предледоставный период**;

2) изучение зимнего состояния реки, ледяного покрова и других явлений до начала вскрытия реки — **ледоставный период**;

3) изучение процессов вскрытия реки и очищения ее от льда — **последледоставный, весенний период**.

Изыскания, связанные с исследованиями зимнего режима рек¹ имеют особое значение при проектировании гидростанций и сбросных сооружений (шугосбросы, пропуск льда, электрообогрев), а также для освещения режима нижнего бьефа (режим полыньи, попуски в зимнее время и т. д.).

Большое значение эти изыскания имеют также для проектирования каналов, транспортирующих воду в зимнее время, и для разработки проектов эксплуатации рек и водохранилищ для суходождства.

2. Организация зимних исследований

Исследования зимнего режима производят на водомерных постах, гидрометрических (гидрологических) станциях (стационарные наблюдения), а также путем систематических объездов исследуемого участка реки и производства наблюдений (экспедиционные наблюдения).

Для более детального изучения режима уровней в период исследований устраивают дополнительные водомерные посты (в промежутках между основными). Чтобы зафиксировать наивысший уровень воды, на всех водомерных постах, гидрометрических створах, а также в характерных местах между постами устанавливают максимальные рейки.

Если суточные колебания уровня незначительны, наблюдения

¹ Первые в мировой практике исследования зимнего режима рек на большом протяжении (400 км) — работы на Енисее, от Красноярска до Енисея, выполненные в 1912 г. под руководством Е. В. Близняка.

производят один раз в день; если же они становятся значительными, то наблюдения производят чаще — 3—8 раз в день.

Расходы воды измеряют как на основных гидрометрических створах, так и на дополнительных, устраиваемых в характерных участках реки.

Необходимо помнить, что в зимний период соотношение между уровнями и расходами обычно резко отличается от соотношения их в открытом русле, и кривая расходов $Q=f(H)$ для этого периода нередко не может быть построена. Поэтому следует угадать замеры расходов, используя их непосредственно для подсчета стока.

Важно также наблюдать за состоянием заторов, зажоров, наледей и изменениями в связи с ними уровней и расходов воды.

Значительную помощь в этих исследованиях даст измерение температуры воды.

Особенное значение имеет изучение распределения температуры воды на тех участках реки, где появляется глубинный лед; необходимо применять в этих случаях, как указано выше, особо чувствительные (например, электрические) термометры, причем общая постановка работ должна иметь научный характер.

Использование материалов аэрофотосъемки при производстве зимних исследований является весьма эффективным.

3. Наблюдения в предледоставный период

В предледоставный период необходимо тщательно изучать процессы замерзания реки по ее длине и ширине, отметки уровней осеннего ледохода (самые низкие, средние, самые высокие), скорости течения, температурный режим воздуха и воды, продолжительность и интенсивность ледохода, расходы льда, проходящего через данный створ (ледовый сток), осенние заторы и зажоры; влияние притоков; если на реке имеется глубинный лед, то условия его образования должны быть изучены детально по специальной программе. Необходимо обратить внимание на изучение процесса образования шуги с применением шугобатометров и на определение ледового стока.

4. Наблюдения в ледоставный период

В состав основных работ по изучению реки в ледоставный период входят: измерение толщины льда, изучение ледяного покрова, маршрутные периодические исследования и картирование ледяного покрова на всем протяжении данного участка реки, изучение отдельных мест, имеющих особенности зимнего режима (выход ключей, наледи и пр.), лабораторные исследования физических и механических свойств льда.

Кроме того, должны быть сделаны промеры характерных поперечных профилей и составлен сокращенный продольный про-

филь реки с указанием толщины снежного и ледяного покрова, скоплений шуги и т. п.

В дополнение к описанным выше маршрутным исследованиям ледяного покрова изучают более детально отдельные места, имеющие особенности (наиболее значительные наледи, полыньи, незамерзающие участки реки, промерзание до дна и т. п.).

5. Наблюдения в послеледоставный (весенний) период

В задачи наблюдений входит подробное изучение процессов вскрытия реки и ледохода. Наблюдения производятся главным образом стационарные, т. е. на водомерных постах, гидрометрических станциях и створах.

В послеледоставный период изучают: уровенный режим, процесс вскрытия реки по длине, во времени, подвижки льда; вскрытие на участках, где наблюдаются наледи, промерзание реки до дна и т. п.; температурный режим воды и воздуха, влияние притоков, зажоры, отметки и процесс ледохода, размеры льдин и скорости их движения, заторы и др. Определение размеров льдин можно вести посредством фототеодолитов путем наблюдений за прохождением льдин через створы, разбитые на берегу. Для исследования процесса вскрытия реки и ледохода по длине реки желательны применение аэроразведки и аэрофотосъемки.

§ 23. ОТЧЕТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РАБОТАМ

В состав отчетных документов по гидрологическим работам входят: 1) карта расположения водомерных постов, гидрометеорологических, гидрометрических, метеорологических станций и других наблюдательных пунктов; 2) паспорта водомерных постов; 3) графики и таблицы колебаний уровня воды; 4) таблицы замерзания, вскрытия реки и продолжительности навигации; 5) кривые расходов; 6) ведомости расходов; 7) годовые таблицы расходов; 8) годовые гидрографы расходов; 9) годовые таблицы наносов (растворенных, взвешенных и донных); 10) кривые зависимости расходов взвешенных наносов от расходов (уровней) воды; 11) годовые гидрографы наносов (растворенных, взвешенных и донных); 12) материалы по механическому и химическому анализу наносов; 13) материалы по русловым процессам; 14) материалы по определению уклонов реки и коэффициентов шероховатости; 15) материалы по приведению работ к среднему (условному) уровню, определению мгновенных уровней и вычислению срезки; 16) материалы по исследованиям температурного режима реки; 17) материалы по замерзанию, зимнему состоянию, вскрытию реки, ледоходу; 18) материалы по прозрачности и цветности воды.

Глава IX. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

§ 24. ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Гидрологические явления тесно связаны с метеорологическими, поэтому в состав гидротехнических изысканий необходимо включать в том или ином объеме метеорологические работы. Из метеорологических элементов в этом случае подлежат изучению: температура воздуха и почвы, влажность воздуха, облачность, осадки, испарение, давление воздуха, ветер, различные атмосферные явления.

При метеорологических наблюдениях необходимо учитывать следующие основные положения:

1) все метеорологические наблюдения должны производиться с точным соблюдением наставлений и инструкций Гидрометеорологической службы СССР;

2) метеорологические приборы, применяемые для наблюдений, должны быть проверены в соответствующих учреждениях Гидрометеорологической службы и иметь свидетельства о результатах проверки.

§ 25. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

Различают температуру воздуха — срочную, максимальную, минимальную.

Измерение срочной температуры воздуха производят с точностью до $0,1^\circ$ ртутным термометром. В северных районах СССР, где температура падает ниже точки замерзания ртути (-39°), применяют спиртовые термометры.

При наблюдениях в походных условиях, а также на водомерных постах температуру воздуха можно измерять термометром-пращом, представляющим собой обычный ртутный термометр без оправы, имеющий сверху небольшое кольцо, к которому прикрепляется шнур. Термометр быстро вращают в течение 1—2 мин. при помощи этого шнура над головой и, сделав отчет, вновь вращают еще секунд 15—20, после чего делают второй отчет; если разность отчетов не превышает $0,5^\circ$, то измерение считают законченным.

Максимальную температуру в течение определенного промежутка времени измеряют максимальным термометром. Особенность его в том, что около резервуара со ртутью капиллярная трубка его несколько сужена. Благодаря этому при повышении температуры ртуть легко проходит из резервуара через узкое отверстие, а при понижении температуры не может пройти через суженное место, обрывается и остается в капиллярной трубке, показывая таким образом максимальную температуру.

Минимальный термометр наполняют спиртом (или толуолом), замерзающим при более низкой температуре, чем ртуть. Внутри капиллярной трубки, наполненной спиртом, помещен стеклянный штифтик, свободно движущийся в спирте. Перед наблюдением, наклоняя термометр, приводят конец штифтика в соприкосновение с мениском спирта в трубке, после чего термометр устанавливают горизонтально. При повышении температуры спирт свободно проходит мимо штифтика, а при понижении штифтик увлекается по трубке поверхностной пленкой. Таким образом верхний край штифтика показывает минимальную температуру за период между наблюдениями.

Для непрерывной записи температур воздуха применяют термограф (рис. 46). Приемной частью прибора является

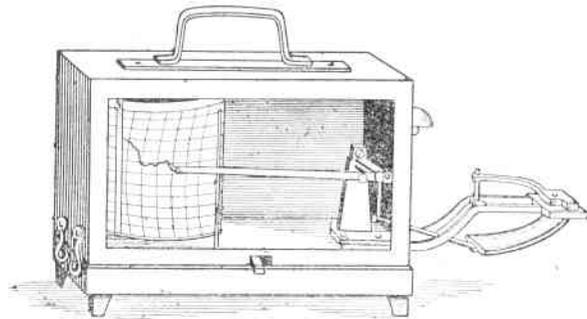


Рис. 46. Термограф

изогнутая сплюснутая латунная трубка, наполненная толуолом, которая при изменении температуры воздуха деформируется. Посредством рычага, на конце которого находится перо, вычерчивается термограмма на бумаге, надетой на вертикальный цилиндр, приводимый в движение часовым механизмом.

Ежедневно в 1, 7, 13 и 19 час. показания термографа сверяют с показаниями термометра.

Термометры и термографы периодически проверяют в метеорологических учреждениях; в результате поверки каждому прибору дают табличные поправки (в свидетельстве).

Термометры помещают в специальной будке (рис. 60).

§ 26. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Для измерения влажности воздуха служат приборы: психрометры, гигрометры, гигрографы.

Стационарный психрометр (рис. 47) помещается в будке, состоит из двух термометров: «сухого», показывающего температуру воздуха, и «смоченного». Резервуар последнего обтянут батистом и постоянно поддерживается влажным, для чего

конец кусочка батиста погружен в стаканчик с дистиллированной водой. Пользуясь показаниями обоих термометров, можно вычислить абсолютную и относительную влажность воздуха (для облегчения расчетов имеются специальные «психрометрические» таблицы).

Аспирационный психрометр (Ассмана) (рис. 48) состоит тоже из двух термометров, резервуары которых помещены в трубках; один резервуар обернут батистом, который перед наблюдением смачивают дистиллированной водой с помощью пипетки. Посредством вентилятора, заводимого ключом, достигается циркуляция воздуха около резервуаров обоих термометров. Психрометр удобен для пользования при экспедиционных работах; для его установки будка не требуется.

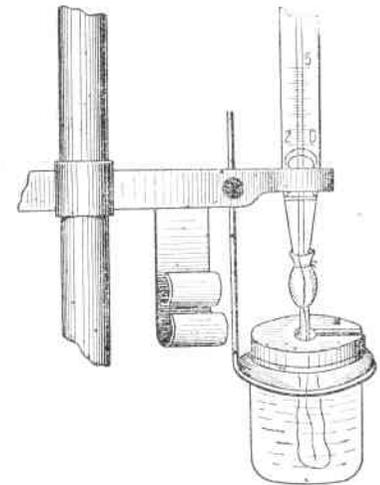


Рис. 47. Стационарный психрометр

Волосной гигрометр (рис. 49) употребляют на метеорологических станциях для определения относительной влажности воздуха при температуре ниже -5° . Действие прибора основано на деформации обезжиренного человеческого волоса, один конец которого закреплен неподвижно, а другой — внизу на дужке, связанной с грузиком, поддерживающим волос в натянутом виде. На оси дужки насажена стрелка, показывающая по шкале с делениями относительную влажность от 0 до 100%.

Для непрерывной записи влажности воздуха применяют гигрограф, приемной частью которого является пучок волос.

§ 27. ПРИБОРЫ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ НАД ИСПАРЕНИЕМ

Различают следующие виды испарения:

- 1) с поверхности воды;
- 2) с поверхности почвы без растительного покрова;
- 3) с поверхности почвы с растительным покровом (транспирация и собственно испарение).

Ниже приводится краткое описание некоторых современных приборов, наиболее употребительных для наблюдений над испарением.

Рис. 48. Аспирационный психрометр (Ассмана)
 а—общий вид; б—разрез клапанов

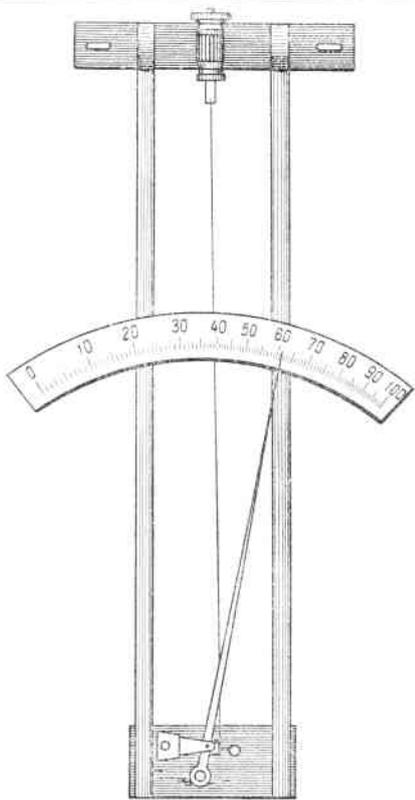
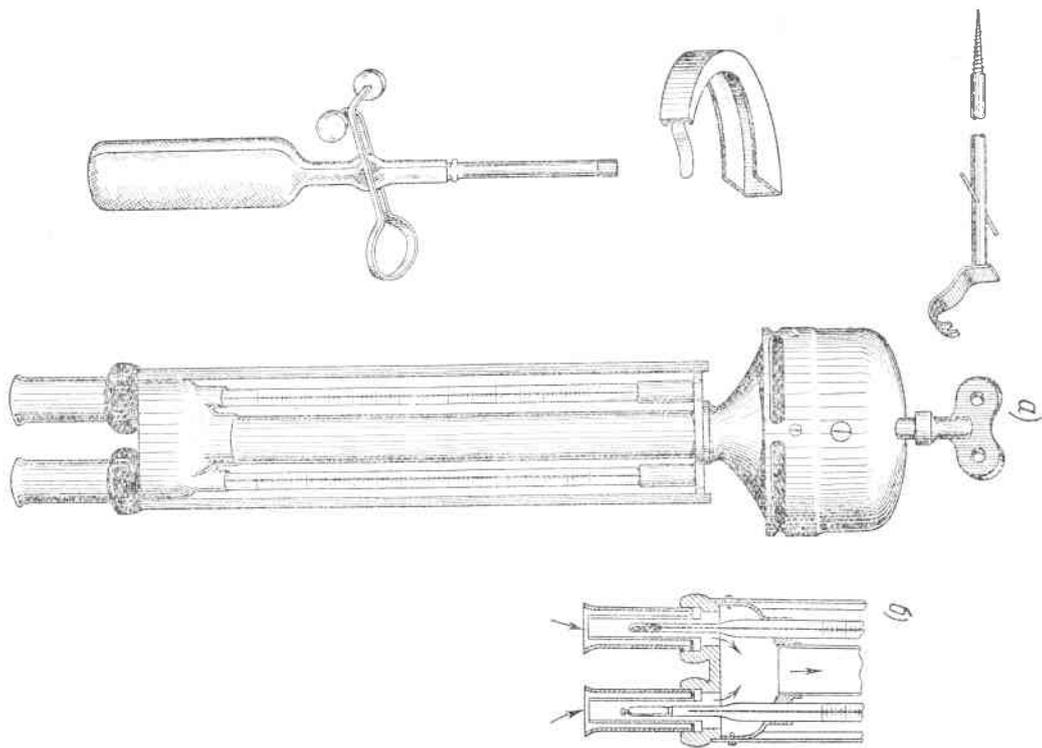


Рис. 49. Волосной гигрометр

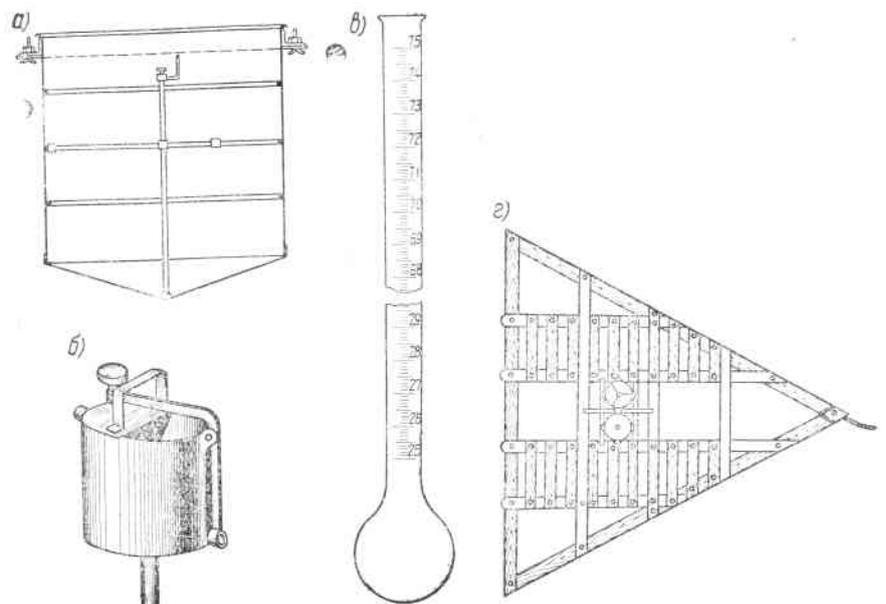


Рис. 50. Пловучий испаритель ГГИ

1. Приборы для измерения испарения с поверхности воды

Пловучий испаритель Государственного гидрологического института состоит из цилиндрического сосуда диаметром 618 мм, площадью 3 000 см², с иглой, фиксирующей начальный уровень воды, наливаемой в бак (рис. 50, а). Слой испарившейся воды измеряют специальной бюреткой (рис. 50, б), имеющей площадь 20 см².

Для измерения объема воды, сливаемой из бюретки, служит стеклянная измерительная трубка (рис. 50, в), на которой нанесены деления.

Отсчет можно производить в десятых долях кубического сантиметра, что соответствует слою воды высотой 0,05 мм.

Наблюдения производят следующим образом. Наливают в бак воду до уровня, на котором находится острие иглы, и устанавливают бюретку так, чтобы дно ее стало на верх латунной трубки, помещенной в центре бака.

После того как уровень воды в испарителе и в бюретке станет одинаковым, ее извлекают из испарителя, воду из нее переливают в измерительную трубку и делают отсчет.

Через 12 час. производят вторичные наблюдения и вычисляют высоту слоя испарившейся воды по разности первого и второго отсчетов. Испаритель устанавливают на пловучей раме (рис. 50, г); рядом с ним помещают пловучий дождемер для измерения количества выпавших осадков, слой которых учитывают при подсчете испарения. Наблюдения производят два раза в сутки — в 7 и 19 час. При измерении испарения определяют также температуру воды в баке.

Испарители эти дают искаженные (преувеличенные) показания, что объясняется незначительной величиной испаряющей поверхности прибора, различной высотой борта, смачиванием стенок прибора при колебании уровня воды в приборе, испарением воды со смоченных стенок, выбрызгиванием воды из испарителя и попаданием в него брызг, различием в температурах воды испарителя и свободного водоема, действием солнечной радиации, отражаемой от внутренней поверхности сосуда, и др.

На основании ряда опытов было установлено, что только при диаметре резервуара более 3—5 м точность наблюдений становится одинаковой, поэтому, если используют испарители меньших диаметров, в их показания необходимо вносить поправочный редуцирующий коэффициент, меньший единицы.

В настоящее время в системе Гидрометеорологической службы организуются наблюдения над испарением с водной поверхности на испарительных площадках I, II и III разрядов.

Основными приборами на этих площадках являются испарители и испарительные бассейны, устанавливаемые

в грунте (наземные испарители) как более надежные по сравнению с пловучими испарителями.

На испарительной площадке I разряда устанавливают испарительный бассейн площадью 100 м² (диаметром 11,3 м); наблюдения такого рода имеют главным образом научно-методический характер.

Площадка II разряда оборудуется испарительным бассейном площадью 20 м² (диаметром 5,05 м); редуцирующий коэффициент принимают равным единице; рядом с бассейном, также в грунте, устанавливают испаритель ГГИ площадью 3 000 см².

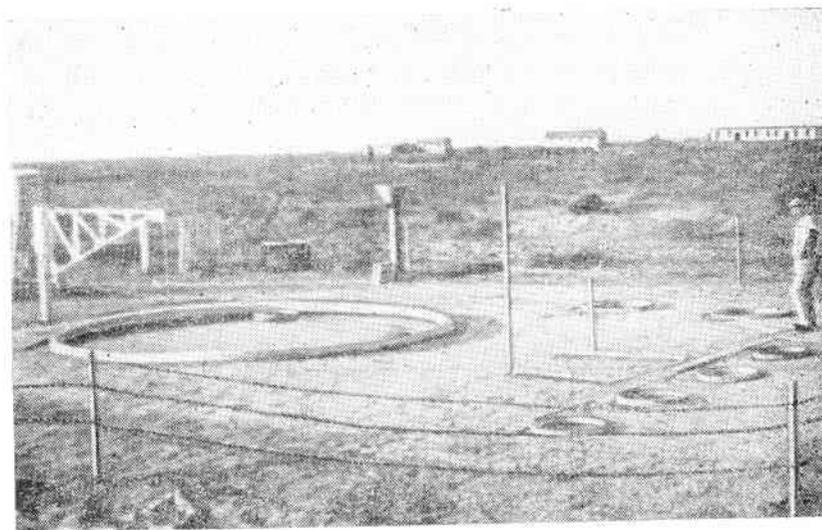


Рис. 51. Установка испарителей разных диаметров

На рис. 51 изображена установка испарителей разных диаметров.

На площадке III разряда устанавливают испаритель ГГИ площадью 0,3 м². Редуцирующий его коэффициент колеблется в пределах 0,73 (на юге) — 1 (на севере).

2. Приборы для измерения испарения с поверхности почвы и растительного покрова

С этой целью применяют приборы, имеющие вид цилиндров, наполняемых образцами исследуемой почвы, устанавливаемые вровень с поверхностью земли. Приборы с образцами периодически взвешивают. Таковы испарители Попова, Государственного гидрологического института (ГГИ-500) и др.

Для измерения испарения с поверхности, покрытой лесом, стандартных приборов еще не имеется.

§ 28. НАБЛЮДЕНИЯ НАД ОБЛАКАМИ

Наблюдения над облаками заключаются в количественном определении облачности (в баллах от 0 до 10) и их формы по «Атласу облаков».

Все наблюдения заносятся в журнал.

Данные эти необходимы для расчетов испарения при уточнении водохозяйственных расчетов и др.

§ 29. НАБЛЮДЕНИЯ НАД АТМОСФЕРНЫМИ ОСАДКАМИ И СНЕЖНЫМ ПОКРОВОМ

1. Наблюдения над осадками

Наблюдения над атмосферными осадками производят при помощи дождемера (осадкомера) (рис. 52, а). Он состоит из оцинкованного сосуда (диаметром 252,3 мм, площадью 500 см²

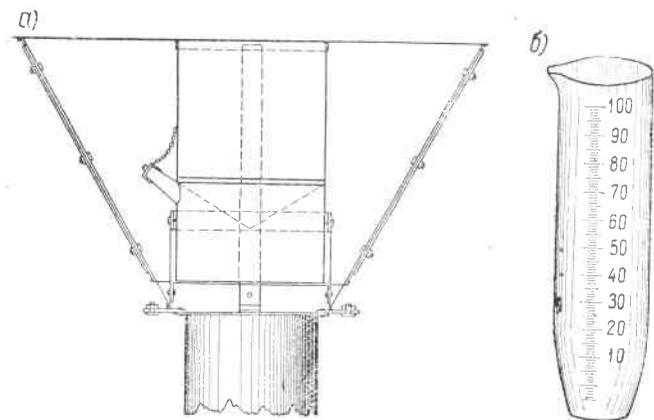


Рис. 52. Дождемер
а—дождемер; б—измерительный стакан

и высотой 40 см), укрепленного на столбе на высоте 2 м от поверхности земли¹. Сосуд окружен конусообразной «защитой»,

¹Если требуется измерить количество осадков, выпадающих на поверхность воды, применяют пловучий дождемер (например, при наблюдениях испарения с водной поверхности).

которая в значительной степени уменьшает искажения в измерении осадков (главным образом снега) при сильном ветре. Для измерения высоты слоя осадков служит измерительный стакан, имеющий 100 делений, цена каждого деления 5 см³; деление стакана соответствует 0,1 мм в натуре (рис. 52, б).

В настоящее время на метеорологических станциях применяют осадкомер Третьякова с планочной защитой (рис. 53); площадь приемного сосуда 200 см², высота 40 см.

Кроме измерения количества осадков, в журнале отмечают время их выпадения и какого они вида (дождь, изморозь, ледяной дождь и т. п.) особыми установленными знаками.

Для измерения ливней применяют особые приборы — ливнемеры (плювиографы).

В некоторых случаях, если работы производят в горных, малодоступных районах, можно устанавливать так называемые суммарные дождемеры. В этом случае измерение количества осадков производится лишь 1—2 раза в течение года. Высота ведра такого дождемера 2 000 мм, возвышается дождемер над уровнем земли на 2 800 мм. Для предохранения осадков от испарения в дождемерное ведро наливают вазелиновое масло (около 1 л).

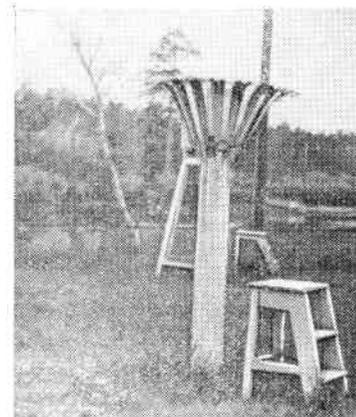


Рис. 53. Осадкомер Третьякова

2. Наблюдения над снежным покровом

Наблюдения над высотой снежного покрова и плотностью снега ведутся стационарно. Высоту снега определяют по постоянной снегомерной рейке, нуль которой находится на одном уровне с поверхностью земли.

Плотность снега определяют с помощью весового снегомера, имеющего форму цилиндра, снабженного весами в виде безмена (рис. 54).

Вдавливая цилиндр в снег, забирают пробу; измерив высоту пробы и вес ее, нетрудно вычислить плотность снега.

Зная плотность снега δ и высоту его h_c , можно определить соответствующий этой высоте слой воды h_n :

$$h_n = \delta h_c. \quad (19)$$

Наблюдения над снежным покровом в отдельных точках не могут дать надежных данных для характеристики запасов воды в снегу на площади сколько-нибудь значительного бассейна ре-

ки. Поэтому Гидрометеорологической службой и крупными комплексными изыскательскими экспедициями производятся систематические снегомерные съемки, которые подразделяют на декадные и контрольные. Декадные съемки производят 5, 15 и 25-го числа, а в период сегоотаяния — и более часто.

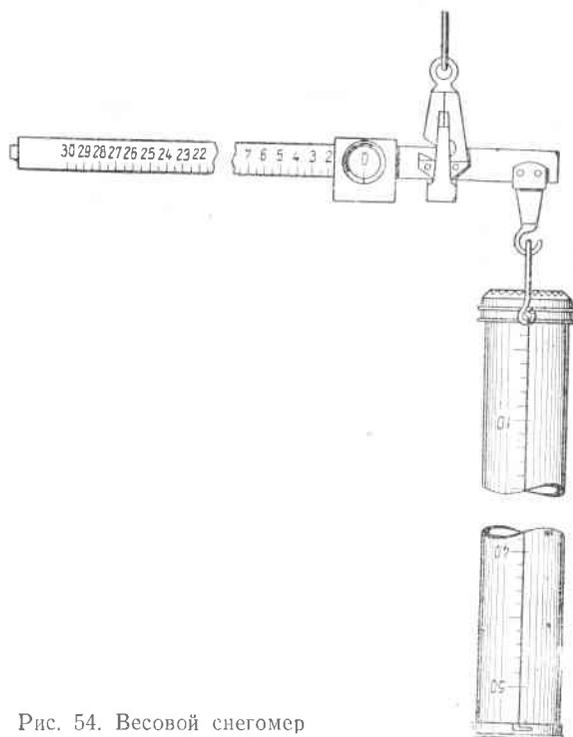


Рис. 54. Весовой снегомер

Контрольные снегомерные съемки производят на больших площадках два раза в течение зимы: в период наибольшей высоты снежного покрова и в период сегоотаяния — весной. Кроме того, могут производиться снегомерные съемки и по маршрутам.

На основании данных снегомерных съемок могут быть построены на карте изолинии слоя воды, вычисленного по формуле (19).

Путем планиметрирования площадей между изолиниями нетрудно определить запас воды, содержащейся в снегу в границах исследуемой территории.

Для получения сведений о характере залегания снежного покрова и степени покрытия снегом площади бассейна реки, а также для выявления динамики таяния снега в исследуемом бассейне (районе) нередко производят авиаразведку.

§ 30. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА

Основным прибором для измерения давления воздуха является ртутный барометр.

Кроме того, на метеорологических станциях пользуются анероидом; этот прибор — вспомогательный, ввиду неустойчивости его поправок. При отсутствии ртутного барометра в экспедициях для нахождения поправок пользуются гипсотермометром (рис. 55).

Посредством гипсотермометра измеряют температуру пара кипящей дистиллированной воды, зависящую от давления воздуха; зная температуру кипения, определяют давление по таблице. Прибор состоит из кипятильника, спиртовки и телескопической трубки, в которую вставляется специальный термометр; точность измерения температуры — $0,01^\circ$. Гипсотермометр по

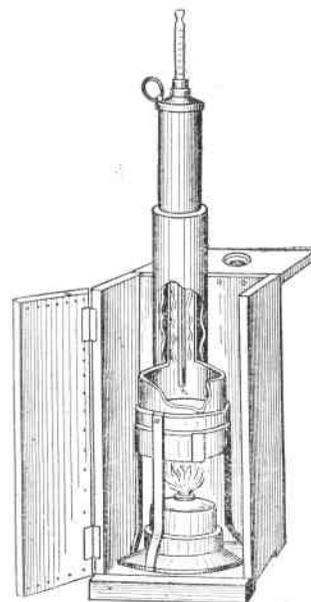


Рис. 55. Гипсотермометр

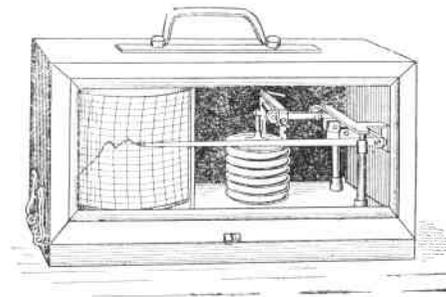


Рис. 56. Барограф

точности почти не уступает ртутному барометру.

Барограф (рис. 56) представляет собой самопишущий прибор для непрерывной регистрации давления; приемной частью действия прибора является столбик anerоидных коробок, из которых выкачан воздух.

§ 31. ПРИБОРЫ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ НАД ВЕТРОМ. РОЗА ВЕТРОВ

Для определения направления скорости ветра применяют флюгер Вильда. Направление ветра характеризуют по 16 румбам, определяя его по флюгарке 1 (рис. 57), вращающейся на стержне 2. Положение стран света указывается восемью стержнями, помещенными ниже флюгарки на том же вертикаль-

ном стержне. Скорость ветра измеряется по положению доски 3 (весом 200 г), вращающейся на горизонтальной оси 4; на дуге 5 укреплено восемь штифтов для определения скорости ветра.

В местности с сильными ветрами применяют флюгер с более тяжелой доской (весом 800 г). Вообще применение тяжелой доски является более целесообразным.

Ручной анемометр (рис. 58) служит для измерения скорости ветра. Он состоит из системы полушарий, вращающихся на вертикальной оси, нижняя часть которой с помощью зубчатой передачи соединена со счетчиком оборо-

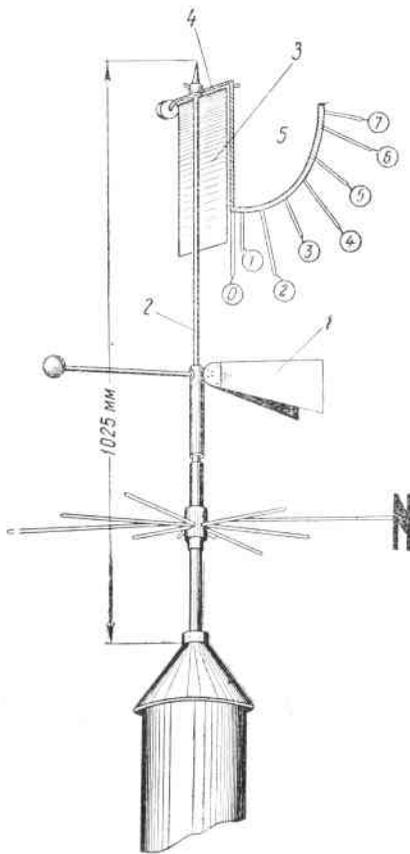


Рис. 57. Флюгер Вильда

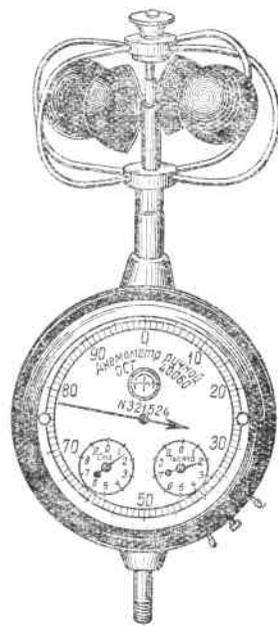


Рис. 58. Ручной анемометр

тов. Под действием ветра ось с полушариями приходит во вращение. Число оборотов в секунду, определяемое по счетчику и умноженное на переводный множитель (коэффициент анемометра), взятый из свидетельства прибора, дает скорость ветра в м/сек.

При измерении скоростей ветра необходимо обращать внимание на определение наибольшей скорости, наблюдаемой хотя бы в отдельные моменты, так как эти данные требуются для уче-

та в расчетах, например волнения. Для этой цели применяют специальные приборы, описанные в курсах метеорологии.

Обработанные результаты наблюдений над ветром для наглядности обычно изображают в виде розы ветров, которая строится следующим образом.

Наблюдения над ветром группируют по восьми румбам и определяют процент повторяемости каждого направления ветра; одновременно распределяют группы и по скоростям (например, на 4 категории). Выбрав масштаб для процента повторяемости ветра, из центра описывают окружность, радиус которой равен проценту повторяемости штилей, и от этого круга последовательно откладывают проценты повторяемости ветров различной скорости (рис. 59); точки с одинаковыми скоростями соединяют прямыми, а соответствующие площади между ними покрывают различной штриховкой (или красками).

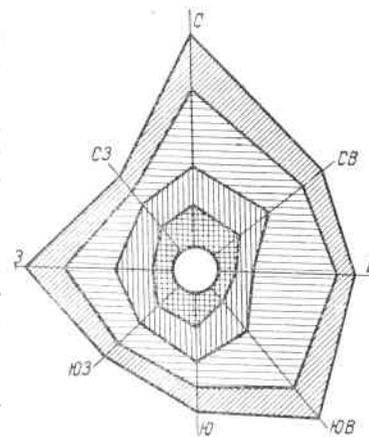


Рис. 59. Роза ветров

§ 32. НАБЛЮДЕНИЯ НАД РАЗЛИЧНЫМИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ ЯВЛЕНИЯМИ

На метеорологических станциях и в экспедициях производят также наблюдения над различными метеорологическими явлениями: грозами, суховеями, оптическими явлениями и т. п.

Особенно тщательно следует изучать в долинах рек туманы, определяя их частоту и календарное время года и суток, когда они наблюдаются, а также наибольшую и наиболее вероятную густоту (дальность видимости). Эти данные имеют большую ценность для транспортной характеристики реки.

На изучение гроз и гололеда также надо обратить большое внимание, особенно в связи с проектированием линий электропередач и связи.

§ 33. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ПРОИЗВОДСТВО НАБЛЮДЕНИЙ

Метеорологические наблюдения, описанные выше, производят в 1, 7, 13 и 19 час. по местному среднему солнечному времени.

На метеорологической площадке устанавливают: 1) психрометрическую жалюзийную будку, в которой

помещают сухой и смоченный термометры, входящие в состав психрометра, волосной гигрометр и максимальный и минимальный термометры (внешний вид и расположение приборов в будке показаны на рис. 60); 2) дождемер; 3) флюгер Вильда.

Барометры и анероиды для измерения давления воздуха помещают внутри жилых и служебных зданий.

Психрометр Ассмана на время наблюдений выносят наружу и подвешивают на столбе.

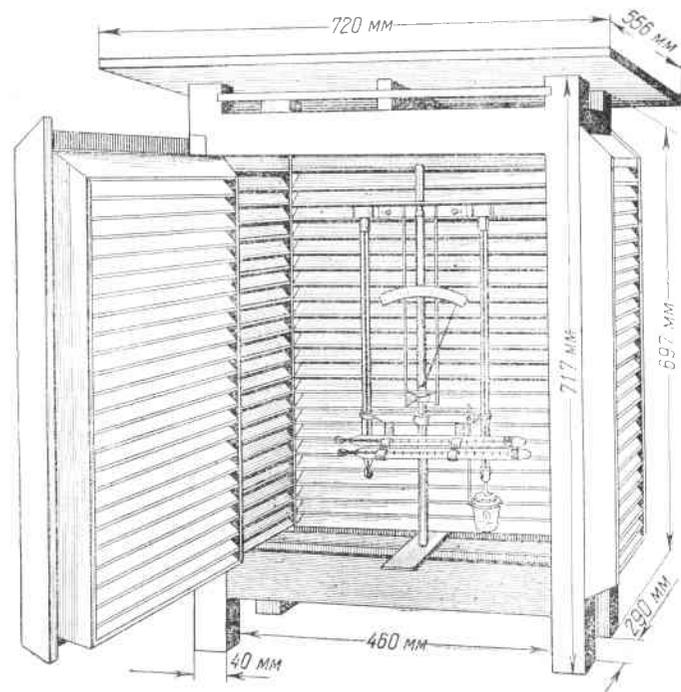


Рис. 60. Психрометрическая будка

Метеорологические наблюдения производят согласно наставлениям и инструкциям, утвержденным Главным управлением гидрометеорологической службы.

Наблюдения производят, как сказано выше, четыре раза в сутки (за исключением наблюдений над осадками и испарением, производимых два раза: в 7 и 19 час.). Эти наблюдения называют «срочными», так как их производят в определенные сроки.

Кроме того, могут быть использованы данные, получаемые и посредством самопишущих приборов¹.

¹ В некоторых случаях могут быть использованы автоматические станции, передающие показания приборов по радио.

По полученным данным составляют месячную таблицу метеорологических наблюдений, в которой обрабатывают и выводят средние величины.

Необходимо отметить, что при пользовании данными различных станций почти никогда не удастся иметь для всех пунктов наблюдения одинаковой длительности. Этот недостаток для станций с короткими периодами наблюдений отчасти можно устранить приведением коротких рядов наблюдений к более длинным.

§ 34. ОТЧЕТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

По метеорологическим работам составляются следующие основные отчетные документы: 1) карта расположения гидрометеорологических, испарительных станций, дождемерных постов и других наблюдательных пунктов; 2) таблицы среднемесячных и годовых температур воздуха; 3) таблицы максимальных и минимальных температур воздуха; 4) таблицы среднемесячной абсолютной и относительной влажности воздуха и дефицита влажности; 5) таблицы среднемесячных и годовых осадков; 6) таблицы с характеристиками ливней (интенсивность и продолжительность); 7) таблицы декадных, месячных и годовых высот снежного покрова; 8) таблицы дат появления и схода снежного покрова; 9) таблицы плотности снежного покрова и запасов воды в нем; 10) карты снежного покрова и запасов воды в нем; 11) таблицы среднемесячных температур почвы на разных глубинах и глубин промерзания почвы; 12) таблицы среднемесячного и годового испарения, суммарного, с поверхности воды и почвы; 13) таблицы среднемесячных скоростей и направлений ветра и наибольших скоростей ветра; 14) розы ветров; 15) таблицы облачности; 16) материалы о туманах, грозах, гололеде и прочих метеорологических явлениях.

Глава X. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

§ 35. ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ И СОСТАВ РАБОТ

1. Задачи изысканий

В задачи инженерно-геологических изысканий входят:

1) изучение строения земной коры в исследуемом районе (бассейне, долине, русле, в местах проектируемых водохранилищ и сооружений и пр.); получение геологических, геоморфологических, гидрогеологических материалов, необходимых для проектирования, строительства и эксплуатации сооружений и водохранилищ;

2) определение будущих изменений в геологической, геоморфологической и гидрогеологической обстановке, могущих произойти после возведения сооружений.

Состав и объем этих изысканий зависят от физико-географических особенностей, сложности геологического и гидрогеологического строения бассейна реки и ее долины, от конструкции и ответственности гидротехнических сооружений, а также от стадии проектирования.

В состав полевых работ входит: 1) геологическая съемка; 2) геоморфологическая съемка; 3) геологоразведочные работы (горнопроходческие работы и бурение); 4) гидрогеологические работы (исследования подземных вод); 5) геотехнические работы (изучение физико-технических свойств грунтов); 6) изыскания строительных материалов; 7) специальные исследования (в связи с проектированием гидротехнических сооружений и др.).

2. Классификация инженерно-геологических изысканий

В соответствии с общей классификацией гидротехнических изысканий инженерно-геологические исследования подразделяют на: 1) рекогносцировочные; 2) предварительные (облегченные); 3) подробные; 4) предпроектные (строительные).

Не останавливаясь на характеристике предварительных камеральных и организационных работ, необходимо отметить, что для геологической, геоморфологической и гидрогеологической съемки необходимо иметь топографические карты соответствующих масштабов, в особенности материалы аэрофотосъемки.

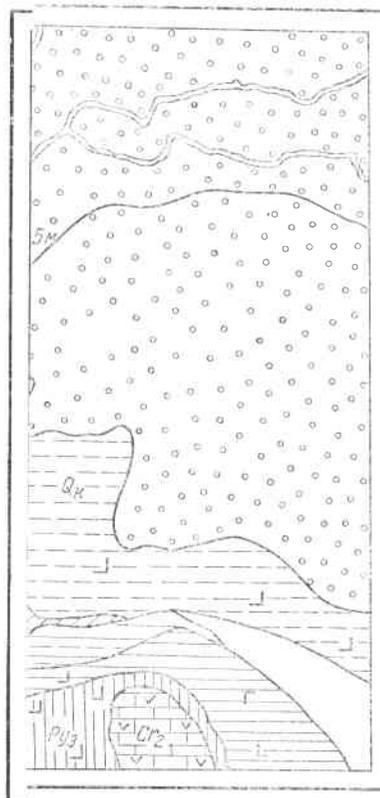
Что касается окончательных камеральных работ, то в их задачу входит обработка материалов, полученных в результате полевых работ, и составление отчетных документов.

§ 36. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

1. Геологические карты¹

Геологическая карта представляет собой проекцию геологических структур на горизонтальную плоскость и дает изображение площадей распространения горных пород, выделяемых по тому или иному горизонту. Обычно на геологической карте изображаются коренные породы, причем предполагается, что покрывающие их четвертичные отложения сняты. Лишь аллювиальные отложения в речных долинах оставляют неснятыми, что делает карту более наглядной. Четвертичные отложения оставляют в тех случаях, когда мощность их значительна и возраст пород, подстилающих четвертичные отложения, не изучен. При деталь-

¹ Об инженерно-геологических картах см. § 47.



обозначениями.

аль-
к е -
аст-
ных
осто
иче-
ают
изы-
т о -
ати-
ают
ож-
бах
изы-
а 2
ский
т

оги-
со-
ри-
ми;
и и

фол
зой:
чес
чес
отве
дии
2)
(го)
раб
ты
ния
свя:

изы
на:
3))
раб
для
съе
ству
съе
1
дач
леви

1
чес
ние
том
раж
ваю
отл
кар
случ
стил

¹ Об инженерно-геологических картах см. § 47.

ном изучении четвертичных отложений составляются специальные геологические карты четвертичных отложений.

Если на карте изображены границы горных пород по возрастному геологическому признаку, то такие карты дочетвертичных отложений называют стратиграфическими или просто геологическими. Если же на картах дан петрографический (литологический) состав пород, то такие карты называют литологическими. При проведении гидротехнических изысканий обычно составляют комбинированные геолого-литологические (стратиграфо-литологические, литолого-стратиграфические) карты (рис. 61).

Масштаб геологических и литологических карт выбирают в зависимости от цели изысканий, стадии проектирования и сложности геологического строения района.

В табл. 2 приводятся ориентировочные данные о масштабах геологических съемок, входящих в состав гидротехнических изысканий.

Таблица 2

Объекты исследования	Стадии проектирования		
	технико-экономический доклад	проектное задание	технический проект
Район водохранилища	1 : 100 100*	1 : 100 000** 1 : 50 000 1 : 25 000	1 : 5 000*****
Гидроузел	1 : 100 000*	1 : 10 000*** 1 : 5 000 1 : 2 000	1 : 1 000*****
Деривация	1 : 100 000*	1 : 25 000**** 1 : 10 000 1 : 5 000	1 : 2 000*****

* Съемка маршрутная.

** В зависимости от площади водохранилища и сложности геологических условий.

*** В зависимости от сложности геологических условий и класса сооружений.

**** В зависимости от сложности геологических условий и типа деривации.

***** Отдельные участки.

Геологические карты вычерчивают в красках или штрихами; при этом пользуются установленными условными обозначениями.

2. Основные принципы геологической съемки. Изучение обнажений

Основным средством исследований геологического строения местности и составления геологической карты является изучение естественных обнажений горных пород (в долинах рек, на склонах оврагов, промои и т. д.), а также обнажений искусственных (в выемках железных и других дорог, в колодцах, шахтах, карьерах строительных материалов и др.). В случае недостаточного количества естественных обнажений производят в небольшом объеме разведочные работы (расчистки, шурфование, бурение и др.), значение которых возрастает с увеличением масштаба съемки.

При изучении обнажений (рис. 62), каждое из которых должно быть нанесено на карту, необходимо составить подробное их

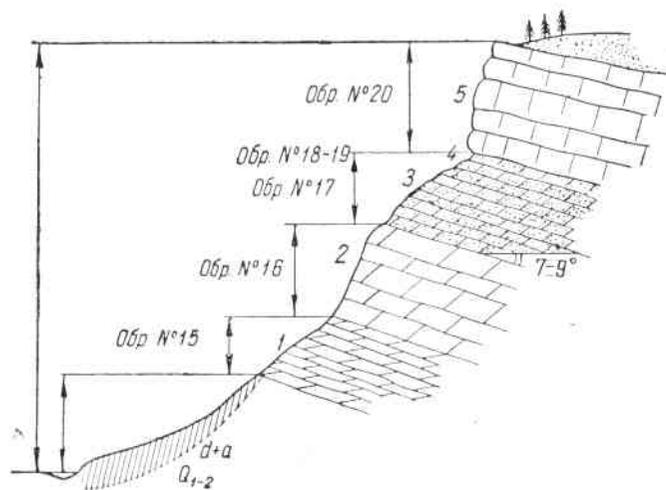


Рис. 62. Схематический профиль обнажения

описание (мощность, падение и простираение пластов, литологический состав и физические свойства пород), произвести зарисовку обнажения и фотографирование.

3. Изучение стратиграфии, литологии, тектоники, трещиноватости и физико-геологических явлений

Кроме описанного выше изучения обнажений, следует составлять обобщенные и стратиграфо-литологические разрезы для исследуемого района, пополнять и уточнять их получаемыми при съемке соответствующими материалами.

Тектонику следует изучать в тесной связи со стратиграфией и литологией. Большое значение для характеристики горных пород имеет изучение их трещиноватости, так как она оказывает сильное влияние на водопроницаемость и устойчивость пород.

При изучении трещин необходимо установить пространственное их распространение и дать количественную приближенную оценку трещиноватости, особенно в районах проектируемых сооружений и водохранилищ.

В состав исследований необходимо включить сбор материалов о частоте и силе землетрясений в районе.

Из физико-геологических явлений надо отметить и описать: карст, оползни, просадки, селевые потоки, обвалы, осыпи, лавины, вечную мерзлоту.

4. Методы геологической съемки

Применительно к приведенной выше классификации изысканий геологическую съемку можно подразделить на: 1) маршрутную (мелкомасштабную); 2) мелкомасштабную площадную; 3) среднемасштабную площадную; 4) крупномасштабную.

Первые два вида съемки применяют преимущественно при рекогносцировочных изысканиях, третий вид — главным образом при предварительных и четвертый — при подробных и строительных изысканиях.

Маршрутная геологическая съемка является основным видом при составлении технико-экономического доклада и при проведении рекогносцировочных изысканий. Масштаб съемки — преимущественно 1 : 100 000; при особо сложных геологических условиях работ можно вести съемку в масштабе 1 : 50 000.

Основным способом проведения съемки являются маршруты, прокладываемые по таким направлениям, где можно встретить достаточное число обнажений, главным образом по долинам рек.

Основой для маршрутной съемки является карта с изображением рельефа в горизонталях, причем масштаб для полевых зарисовок должен быть более крупным, чем масштаб съемки. Маршруты наносят на карту и к ним привязывают геологические факты. Измерение углов производят посредством буссоли, измерение длин линий — глазомерно, шагами, по ходу лодки, при помощи простейших дальномеров и т. д.; можно пользоваться и методом засечек буссолью (см. гл. XIII). При отсутствии карты производят рекогносцировочную съемку. Желательно при маршрутной геологической съемке производить барометрическое нивелирование.

При наличии материалов аэрофотосъемки (фотосхем, фотографий и др.) они должны быть обязательно использованы для геологической съемки.

При исследованиях рек ведут особый вид маршрутной геологической съемки, выполняемой одновременно с общими исследованиями реки.

В этом случае для нанесения геологических фактов на карту можно использовать копии мензульных планшетов топографической съемки реки, или крупномасштабных фотоплапов, или фотосхем. Такой способ геологической съемки, например, был применен автором при исследованиях Енисея на участке от Красноярска до Енисейска протяжением около 450 км.

На рис. 63 показан образец полевого журнала такой съемки.

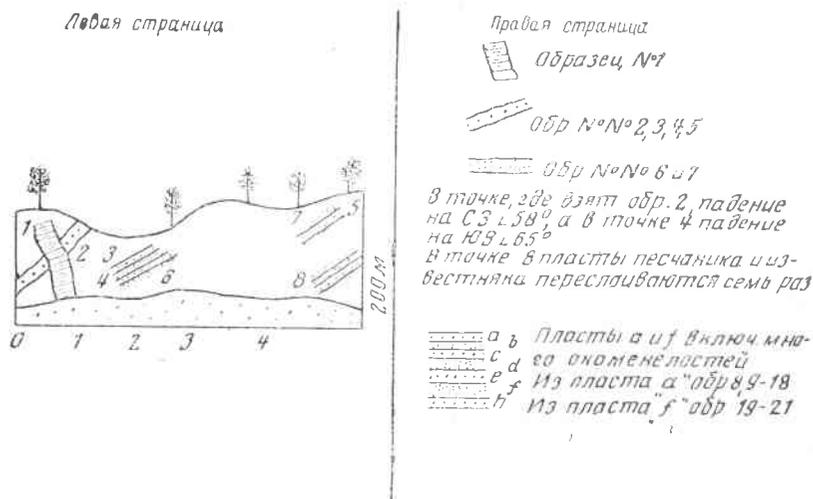


Рис. 63. Образец журнала для маршрутной геологической съемки реки

Главное отличие площадной съемки от маршрутной заключается в большей густоте прокладываемых съемочных профилей и большем числе точек наблюдений.

Мелкомасштабную площадную съемку можно производить при составлении проектного задания, например при исследовании района проектируемого водохранилища (при несложных геологических условиях).

Если обнаженность исследуемого района недостаточна, то производят расчистку, неглубокое шурфование, зондирование.

Среднемасштабную съемку (в масштабах 1 : 25 000, 1 : 10 000) производят на стадии проектного задания в районах проектируемых водохранилищ при сложных геологических условиях, а также в районах сооружений при простых и средней сложности геологических условиях. Обычно при изысканиях водохранилищ съемку производят в различных масштабах; например, вся площадь водохранилищ покрывается мелкомасштабной съемкой, а отдельные участки со сложными геологиче-

скими условиями (оползни и т. п.) — среднемасштабной. В створах плотин производят геологическую съемку в масштабе 1 : 10 000; при исследованиях дериваций — в масштабе 1 : 10 000, 1 : 25 000.

Крупномасштабная съемка проводится лишь на отдельных участках в сложных геологических условиях, например: в створах высоконапорных плотин — в масштабе 1 : 2 000, 1 : 1 000; средненапорных и низконапорных — в масштабе 1 : 5 000; в районе дериваций на отдельных сложных участках в масштабе 1 : 5 000. Она производится также и для изучения отдельных специальных вопросов: противооползневых мероприятий, мероприятий по борьбе с селевыми потоками и др.

5. Отчетные документы

Основными отчетными документами при геологической съемке, составляемыми в результате камеральной обработки ее полевых материалов, являются следующие:

- 1) геологические, геолого-литологические и другие карты;
- 2) геологические, геолого-литологические и другие разрезы, дополняющие карты;
- 3) геолого-литологические колонки;
- 4) схемы, рисунки, разрезы характерных выработок;
- 5) фотографии;
- 6) сводные таблицы и графики лабораторных и других исследований;
- 7) ведомости по микроскопическим и другим исследованиям горных пород;
- 8) отчет;
- 9) образцы горных пород.

Кроме перечисленных основных документов, в отчет должны быть включены первичные документы: дневник и полевые журналы, полевые рабочие карты, разрезы и т. п.

§ 37. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Задача геоморфологической съемки — изучение рельефа поверхности бассейна исследуемой реки (озера) или того или иного района, например района проектируемых сооружений, плотин, каналов, водохранилищ и др. Функции геоморфологической съемки не ограничиваются только описанием современных форм рельефа и современных физико-географических процессов. Должны быть освещены: связь характера рельефа с литологией, стратиграфией, и тектоникой; генезис (история формирования) рельефа; закономерности развития физико-географических комплексов и влияние их на развитие рельефа; взаимосвязи между рельефом и гидрографической сетью.

Геоморфологическая съемка может быть подразделена на те же четыре вида, что и геологическая (см. § 36, п. 4).

Основой для геоморфологической съемки является топографическая карта с обязательным изображением рельефа. Если есть материалы аэрофотосъемки, то они должны быть обязательно использованы.

Подобно тому как при геологической съемке изучают обнажения, при геоморфологической съемке детально обследуют отдельные крупные и мелкие формы рельефа: долины и террасы, междуречья, песчаные образования, впадины, котлованы, ледниковые образования, карст и др. Эти исследования желательно производить совместно с изучением стратиграфии, литологии, тектоники, трещиноватости и т. д. Элементы рельефа наносят условными знаками на карту, где должны быть отражены также его генезис и возраст. Кроме того, производят описания, зарисовки и фотографирование рельефа. Геоморфологическая карта, составленная на основании полученных таких полевых материалов, представлена на рис. 64.

§ 38. АЭРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ¹

В последние годы получили развитие аэрогеологические методы исследований, сущность которых заключается в применении авиации для аэровизуальных геологических и геоморфологических наблюдений и для геологических и геоморфологических съемок¹.

Аэровизуальные наблюдения с самолета производят для получения в течение короткого времени представления о рельефе местности, крупных структурных элементах геологического строения в ее пределах, а также для выяснения отдельных вопросов, вытекающих из требований задания.

Этот вид изысканий применяют: 1) при рекогносцировочном исследовании территории, запроектированной для геологической съемки; 2) в дополнение к наземным маршрутам при геологической и гидрогеологической съемках; 3) при производстве геологических и геоморфологических и гидрогеологических изысканий в районах проектируемых водохранилищ, каналов, плотин и других сооружений.

Аэровизуальные наблюдения производят с самолетов или вертолетов (последние облегчают посадку в требуемых местах) на высоте 300—400 м в равнинных районах и 400—600 м в горных; при применении вертолетов высота полетов может быть уменьшена даже до 50—15 м; если требуется обзор обширных площадей, высота полета увеличивается до 1 500—2 500 м.

¹ Подробности изложены в труде: М. Н. Петрусевич, Геолого-съемочные и поисковые работы на основе аэрометодов, Госгеолтехиздат, 1954.

Аэровизуальные работы делятся на три части: 1) подготовка к полету; 2) полевые наблюдения; 3) обработка материалов.

Во время подготовительной работы ведется составление общей сводной карты или схемы в масштабах: 1:100 000—1:500 000 и подготавливаются аэрофотоснимки (если они имеются); на карте намечают маршруты полетов и ориентиры. Во время полетов результаты наблюдений наносят на карту условными знаками; наблюдения же, требующие записи и пояснения, записывают на ленту магнитофона, с указанием времени полета над описываемым объектом.

Камеральную обработку производят немедленно после окончания полета «на свежую память». При этом расшифровывают условные обозначения, воспроизводят записи на магнитофоне и вносят их в чистовой журнал.

Аэровизуальные наблюдения обычно ведут в определенной последовательности: вначале производят обзорные полеты для общего ознакомления с исследуемой территорией, с теми районами, где проектируются те или иные сооружения; затем ведут более подробные аэровизуальные работы с учетом результатов обзорных полетов. Эти материалы используют также и для уточнения программы наземных изыскательских работ в районах проектируемых водохранилищ, каналов, гидроузлов и др. С этой целью нередко приходится наблюдать одни и те же места 2—3 раза, меняя каждый раз высоту полета (от большей к меньшей). В ряде случаев производят также контрольные и проверочные наблюдения по маршрутам, направление которых устанавливают с учетом выполненных исследований.

Аэрогеологическая и аэрогеоморфологическая съемки, так же как и аэровизуальные наблюдения, разбиваются на три этапа.

Предварительная камеральная подготовка заключается в сборе материалов по исследуемому району и в предварительном дешифрировании аэрофотоснимков.

На карту, подготовленную для геологической съемки, переносят результаты дешифрирования и выделяют места, требующие детального изучения. В соответствии с этим намечают наземные и аэровизуальные маршруты, опорные участки (ключи) для составления основных геологических разрезов, взятия образцов, закладки шурфов, неглубоких скважин и др.; кроме того, должна быть составлена подробная программа исследований.

В большинстве случаев карты для геологической и геоморфологической съемок готовят отдельно.

Маршруты намечаются таким образом, чтобы в первую очередь пересечь все указанные на предварительной карте характерные и опорные участки.

При аэрогеологических исследованиях, производимых в районах, для которых нет топографических карт с изображением рельефа, геологические и геоморфологические наблюдения по

маршрутам должны сопровождаться барометрическим нивелированием; можно применять и радиовысотомеры.

При окончательной камеральной обработке уточняются составленные в поле геологические и геоморфологические карты и отчетные документы; участки, недостаточно изученные в поле, дополнительно просматривают на карте под стереоскопом и дополнительно дешифрируют. Масштабы карт устанавливают в зависимости от требований проектирования.

§ 39. ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

1. Общие данные

Геологоразведочные работы производят для детального изучения строения земной коры (геологии, литологии, физико-технических свойств и др.) на требуемой глубине. Для выполнения этих работ и получения так называемых горных выработок — углублений в земной коре — применяют специальное техническое оборудование и особые методы.

Геологоразведочные работы могут быть подразделены на две основные группы:

1) горнопроходческие — для получения горных выработок (вертикальных, горизонтальных, наклонных) сравнительно большого сечения (расчистки, канавы, шурфы, шахты, штольни);

2) буровые работы — для получения скважин, т. е. выработок с очень малым сечением по сравнению с глубиной. Иногда диаметры скважин достигают значительных размеров — 1—2 м.

Положение всех горных выработок должно быть нанесено на план с точностью съемки; должны быть также определены высотные отметки устья шурфов, штолен, скважин и др.

При горнопроходческих и буровых работах необходимо строго соблюдать правила техники безопасности.

2. Расчистки и канавы

Расчистки имеют вид борозд; применяют их в случае, если глубина залегания исследуемой породы незначительна; расчистки обычно производят на более или менее крутых склонах.

Разведочные канавы представляют собой горную выработку, имеющую небольшую ширину (пониже 0,5—0,7 м), глубину до 3 м при сравнительно значительной длине — 100—150 м и более.

3. Шурфы, шахты и штольни

Шурф — вертикальная горная выработка с прямоугольным сечением (наиболее употребительные размеры сечения: 1×1,25, 1×1,5, 1,25×1,6 м).

Глубина шурфов колеблется в пределах от 5 до 20 и даже до 30 м. При небольшой глубине и устойчивых грунтах проходка шурфов производится без крепления; в большинстве же случаев применяют крепление стенок шурфа, например венцовое (рис. 65). Если при шурфовании встречаются водоносные горизонты, то необходимо применять водоотлив.

При проходке шурфа в полевом журнале описывают встречающиеся породы и приводят прочие данные, необходимые для построения геологического разреза. Из шурфа берут образцы; места их взятия и номера указывают в журнале.

На основании полевых материалов составляют так называемую развертку шурфа (рис. 66): изображение стенок шурфа (шахты) с нанесением границ слоев, горизонтов грунтовых вод и прочих данных условными обозначениями.

Если геологические изыскания производят на значительную глубину, например в связи с проектированием ответственных плотин в сложных геологических условиях, то вместо шурфов закладывают шахты, которые представляют собой шурфы с большим поперечным сечением, с более мощными креплениями и оборудованием. Поперечное сечение шахт — прямоугольное, квадратное при креплении деревом и круглое при креплении железобетоном. Для обеспечения требуемой производительности и безопасности работ шахту в поперечном сечении разделяют на три отделения: лестничное, бадьевое и насосное.

Обычно сечение шахт равно 4 м² до глубины 50 м и 6 м² до глубины 100 м; в зависимости от местных условий возможны и другие размеры. Подъем и опускание бадей производят при помощи мотора.

Шахта при исследованиях для проектирования Камышинского гидроузла на Волге в 1932—1937 гг. (рис. 67) была расположена на правом берегу Волги, на расстоянии около 80 м от правого берега. Глубина шахты составляла 80,6 м, сечение 3×3 м. Из ствола шахты было заложено 9 горизонтальных выработок (штолен) длиной 5,7—75 м.

Вследствие высокой стоимости шахты применяют при проектировании только особенно ответственных сооружений, при сложных геологических условиях.

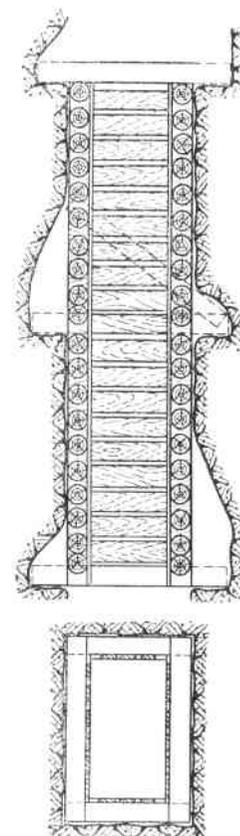


Рис. 65. Венцовое крепление шурфа

Рис. 66. Развертка шурфа (шахты)

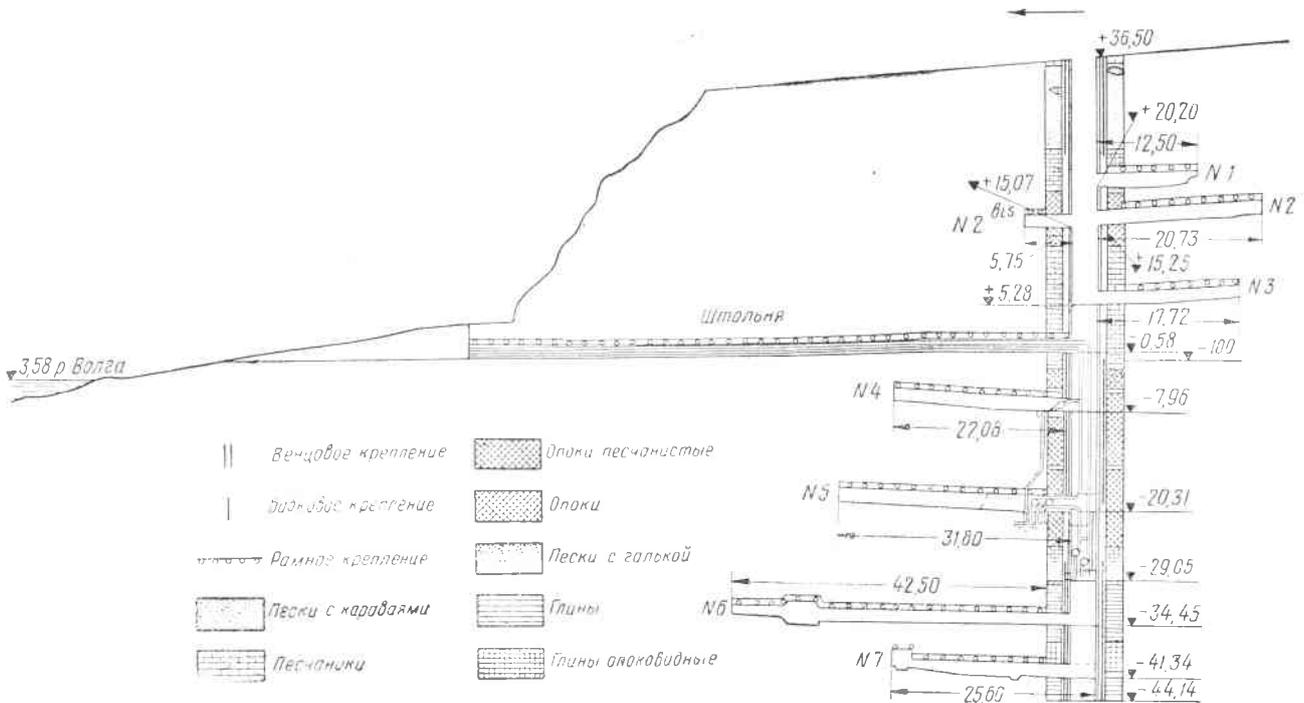
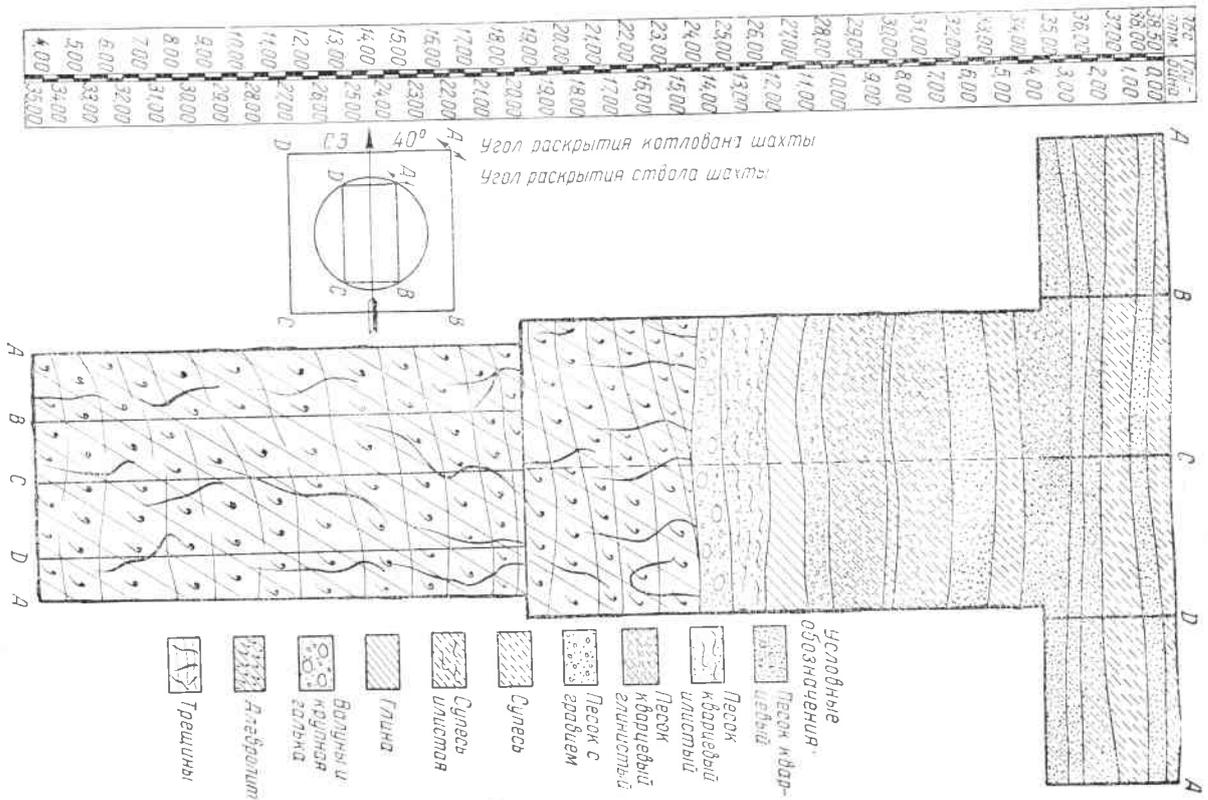


Рис. 67. Разведочная шахта со штольнями при изысканиях Камышинского гидроузла

В настоящее время для механизации работ применяют шурфопроходческие агрегаты, а также бурение крупнодиаметровых скважин-шахт.

Штольни — горизонтальные (с небольшим уклоном) горные выработки: их можно применять при исследованиях вглубь склонов гор, долин, оврагов (рис. 68).

Поперечное сечение штольни и способ ее проходки зависят главным образом от устойчивости пород и типа крепления, а также от длины штольни. Обычно применяют штольни трапеци-

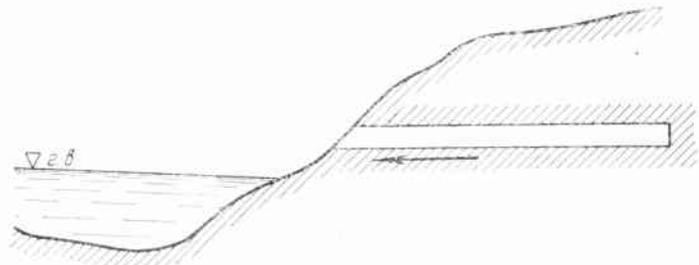


Рис. 68. Штольня (продольный разрез)

дальной формы сечения (рис. 69). Размеры их следующие: ширина поверху (в свету) 0,9—1,1 м, ширина понизу 1,3—1,7 м, высота 1,6—1,8 м, площадь сечения 1,8—2,5 м².

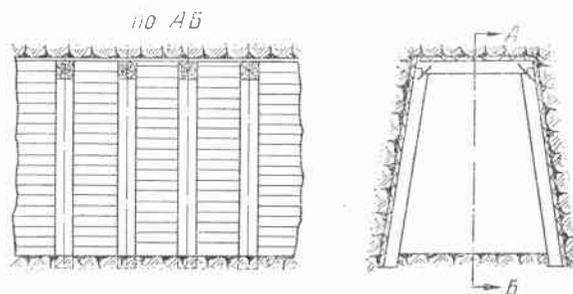


Рис. 69. Крепления штольни

Документацию состава и строения пород, прорезаемых штольней, производят как по забоям, так и по стенкам, кровле и дну с соответствующими записями и зарисовками в полевом журнале.

В особо сложных геологических условиях, если необходимо произвести детальные исследования оснований, а также при затруднениях в закладке шахты (например, при значительном водоотливе в фильтрующих породах) возможно применять опытные кессоны, опускаемые на требуемую глубину. Такие

кессоны были применены, например, при изысканиях Ярославского гидроузла, на Волге и Каховского гидроузла на Днестре; размеры Каховской кессонной шахты: сечение 18 м², глубина 30 м.

§ 40. БУРЕНИЕ

1. Общие данные

Бурение может быть подразделено на ударное — при вертикальном перемещении (вниз и вверх) бурового инструмента; вращательное — при вращении бурового инструмента вокруг вертикальной оси; ударно-вращательное — при применении того и другого способа.

Вращательное бурение в свою очередь подразделяют на бурение сплошным забоем, когда при вращении бурового инструмента углубляется весь забой (рис. 70); бурение кольцевым забоем, когда при вращении бурового инструмента, имеющего на конце коронку из твердого, нестирающегося материала (алмазы, твердые сплавы и т. п.), забой получает кольцевую форму (рис. 71), а в центре его остается нетронутая порода в виде колонки-керера.

Бурение может производиться как ручное (ручное бурение), так и механически (механическое бурение).

По мере углубления скважины извлекают образцы грунта, которые и служат основным материалом для изучения геологического и литологического строения земной коры в исследуемом месте.

2. Ручное ударно-вращательное бурение¹

На рис. 70 показан общий вид установки для ручного бурения. Диаметры скважины следующие (по наружному диаметру обсадной трубы): 2" (60 мм), 3" (89 мм), 4 1/2" (127 мм) 6" (168 мм), 8" (219 мм).

Для разведочного бурения (до 8 м) применяют так называемый бур геолога диаметром 1 1/2" (37 мм), вес этого бура (с ящиком) 16 кг.

В зависимости от характера пород применяются различные наконечники для раздробления и выноса пород на поверхность: ложка — для суглишков; змеевик — для глин, плотных суглишков, мергелей; долото — для скальных пород; желонка — для илов, песков и др. (рис. 72, а, б, в, г).

Для взятия же грунтов с ненарушенной структурой применяют грунтоносы разных систем, имеющие вид цилиндра с приспособлением для захвата образца грунта².

¹ В настоящее время ударно-вращательное бурение механизруется.

² Для взятия проб глинистых грунтов в Швеции применяются грунтоносы, посредством которых извлекаются монолиты длиной до 20 м.

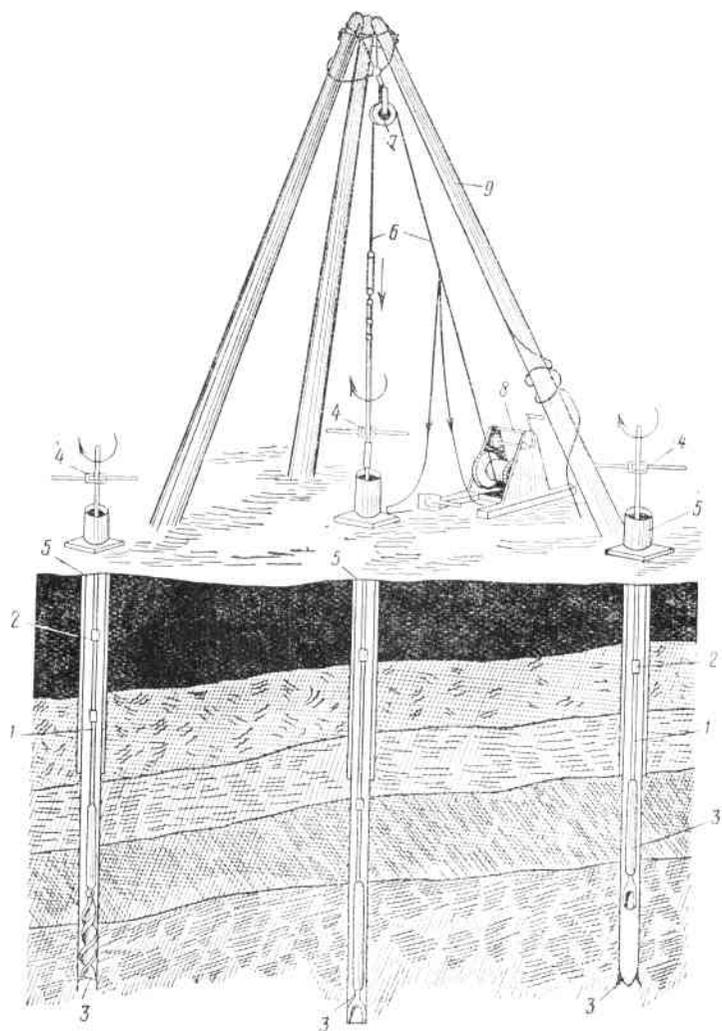


Рис. 70. Ударно-вращательное ручное бурение (общая схема)
 1—штанги; 2—муфты для свинчивания штанг; 3—наконечник (напарье);
 4—хомут; 5—обсадные трубы; 6—канат; 7—блок; 8—лебедка; 9—колер

Если бурение производят в русле реки или на озере, то буровой копер устанавливают на специальном понтоне, состоящем из двух лодок, скрепленных рамой из брусьев.

В зимнее время бурение производят со льда.

На основании записей, произведенных в буровом журнале при бурении скважин, составляют основной отчетный документ, так называемую колонку скважины (рис. 73), с изображением основных данных по геологии и литологии (геологический возраст и наименование пород, отметки залегания и мощность пластов), а также по гидрогеологии (водонасыщенность пластов, отметки уровня подземных вод и др.).

Кроме того, составляют отчет, куда включаются описания буровых работ, результаты анализов пород и воды и другие данные. В состав отчетных документов включают также буровые журналы, фотографии, образцы и т. п.

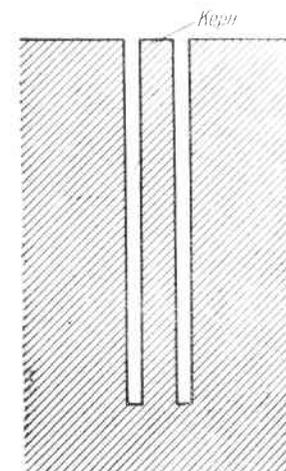


Рис. 71. Схема буровой скважины при колонковом бурении

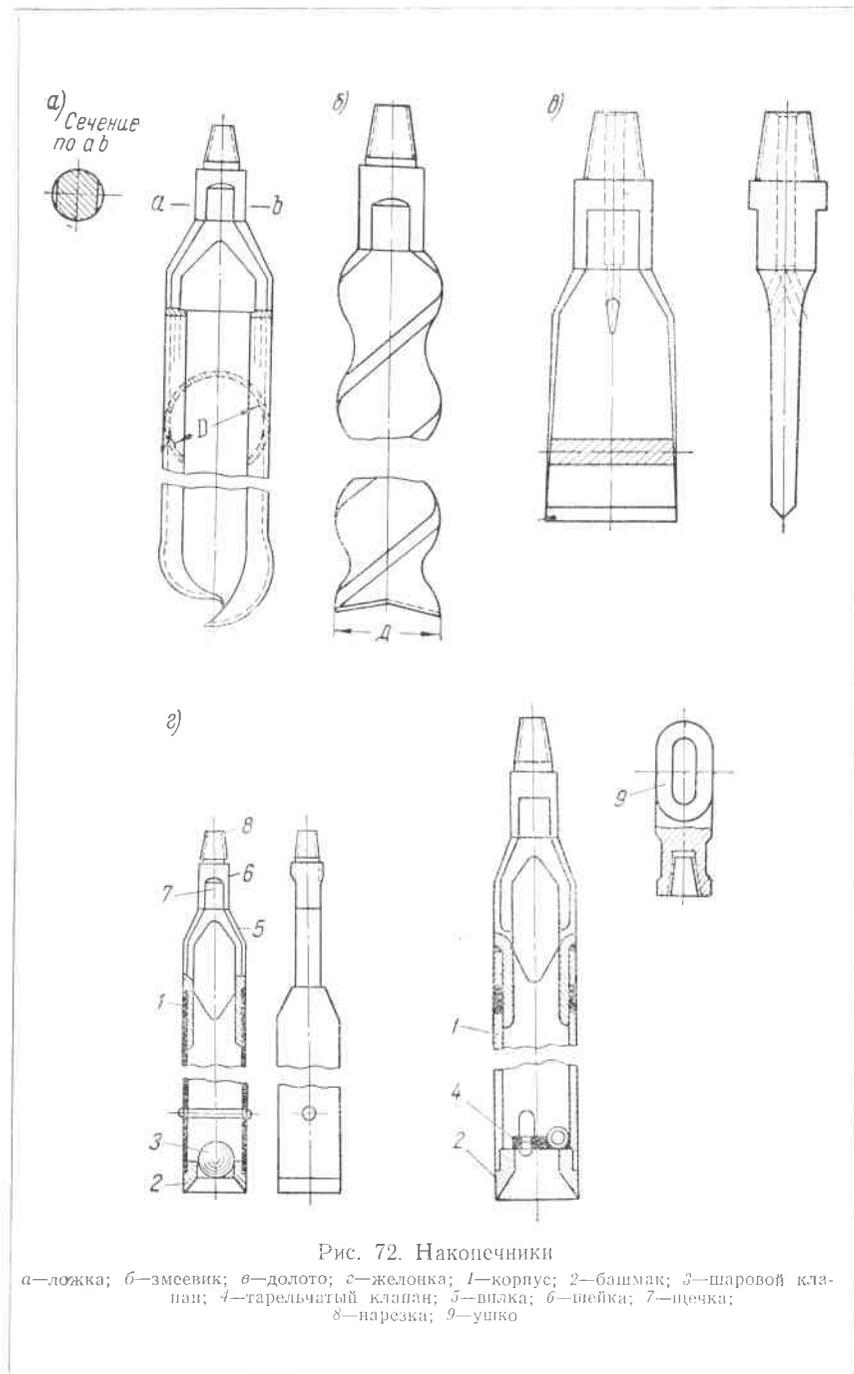
3. Колонковое бурение

Колонковое бурение получило большое распространение при геологоразведочных работах, так как:

- 1) этим способом можно производить бурение в породах любой крепости;
- 2) при бурении получают нераздробленные образцы пород (керны) — с ненарушенной структурой;
- 3) скважины можно вести под любым углом к горизонту.

Общая схема колонкового бурения следующая (рис. 74, а). Кольцевая коронка 1 (рис. 74, б и в), в нижний торец которой вставлены черные алмазы или пластинки из особо твердых сплавов (например, из победита), привинчивается к колонковой трубе 2; последняя присоединяется посредством переходника 3 к колонке штанг 4. Верхняя штанга зажимается в шпинделе 5 бурового станка А, который приводится во вращение двигателем Б. При вращении штанг со скоростью 50—300 об/мин создается давление, передаваемое на коронку и на забой через штанги рычагом 6 или при больших глубинах — балансиром. По мере углубления скважины керн входит в колонковую трубу.

Для охлаждения коронки от нагрева при вращении и для выноса частиц раздробленной породы на поверхность в скважину насосом В через шланг 7, сальник 8 и трубчатые штанги 4



Глубина скважины, м	Объем воды, м³	Глубина, м	Мощность, м	Литологическое описание	Гидрогеологическая характеристика	Отм. по дну скважины	Примечание
146,7	1,00	1,00		Насыщенный песчано-глинистый грунт	Сухой		
2,20	3,10			Песок грязновато-бурый глинистый, разнозернистый с щебнем и валунами	Сильно влажный выхлый		
143,6	4,10			Супесь темносера, песчаная слюда	Влажная	142,7	Чувствительна к падению воды
143,2	4,50	0,40					
0,10	8,50			Песок грязновато-серый, кварцево-глинистый с граблем	Водонасыщенный пльвун		
134,6	13,10						Относительная плотность залегания близка к 0
132,4	15,30	2,20		Песок желтовато-серый, кварцево-глинистый мелкозернистый, слабистый с щебнем и граблем			
132,4	15,30	4,20		Песок мелкозернистый глинистый, слабистый	Водонасыщенный пльвун		
128,2	19,50	2,00		Песок серый глинистый, разнозернистый, с блестящими слюдами			
125,2	21,50	0,50		Песок желтовато-серый, кварцево-глинистый с щебнем и граблем известняк, разбитый в прослойки и слои	Водонасыщенный	125,5	Напорный уровень из известняка
125,7	22,00	0,50					
125,12	22,58	0,50			Разбитый, водонасыщенный		
123,2	24,50	1,92		Глина красная с зеленоватыми прослойками, известковистая	Плотная, устойчивая		
120,17	25,53	1,03		Щебень известняка, отчасти превращенный в гиллу, с граблем кварца	Водонасыщенный		
120,45	27,25	1,72		Известняк светложелтый пористый			На глубине 26-27 м выделен слой с залеганием серого известняка
117,15	30,55	3,30		Известняк серовато-желтый, местами пористый, глинистый	Средней крепости водонасыщенный с напором да отм. 125,50		
115,61	32,09	1,54		Глина желтовато-красная с гнездами и прослойками зеленовато-серой, известковистая	Плотная, устойчивая		При глубине забоя 34,25 м произведена наливка в скважину, плотность не менее 1,1 л в сек
113,0	34,70	2,61		Мергель желтовато-красный и желтовато-серый, средней крепости	Плотная, устойчивая		
112,13	35,57	0,87		Известняк светлосерый, местами средней крепости	Средней крепости		Скважина проходилась колонковым бурением, выходы шлама не наблюдались
111,13	36,57	1,00		Известняк светлосерый, местами средне- и мелкозернистый	Крепкий		
108,65	44,05	7,48		Известняк светложелтый сахаровидный, пористый	Водонасыщенный с напором на высоте 125,50 м. Клевый, в нижней части трещиноватый, пористый		На глубине скважины при глубине забоя 44,05 м, продолжение скважины не велось

Рис. 73. Колонка буровой скважины

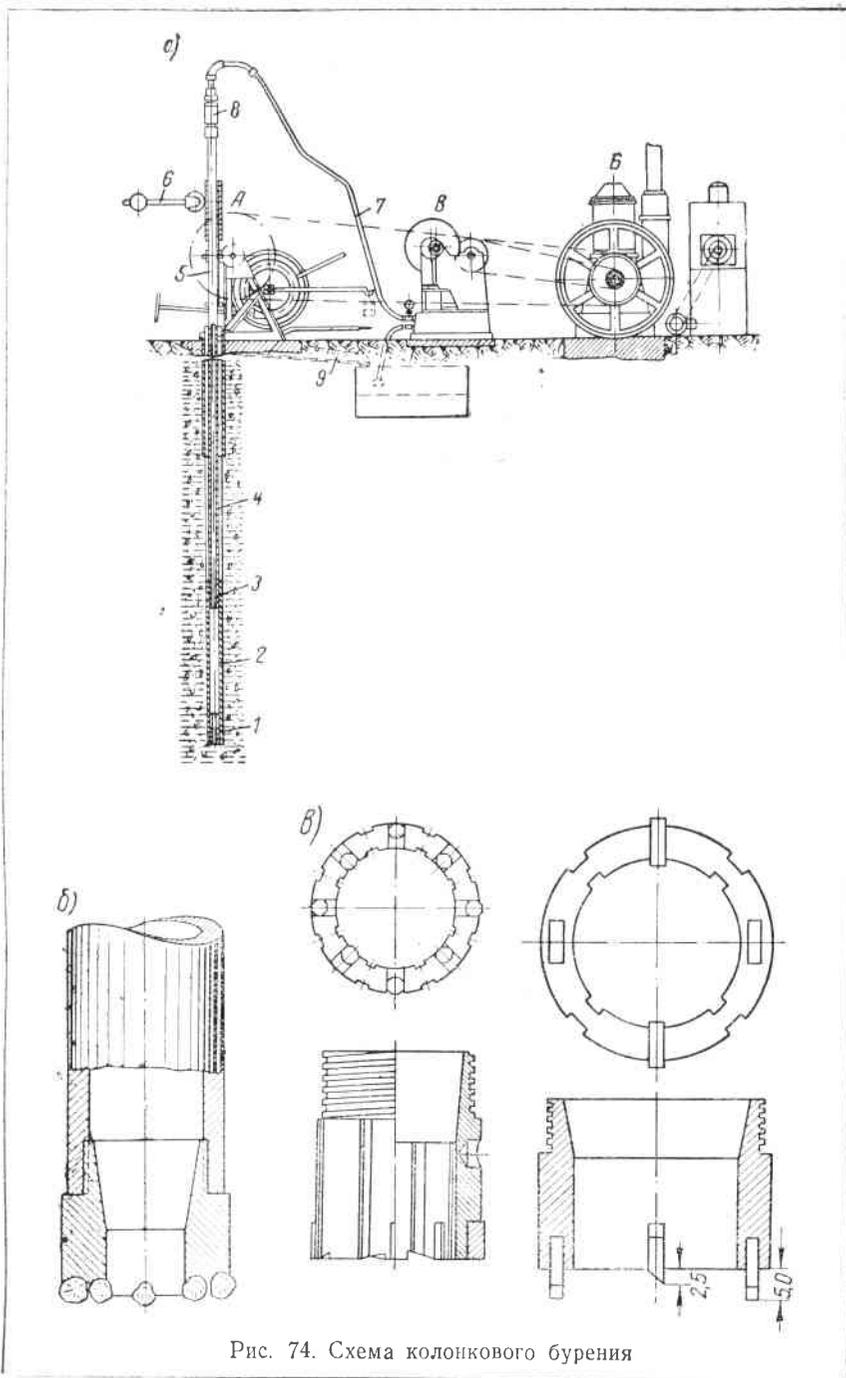


Рис. 74. Схема колонкового бурения

подается вода (иногда промывочный раствор). При подаче в скважину промывочного (глинистого) раствора одновременно происходит закрепление неустойчивых стенок скважины. Выходящая из скважины грязь (шлам) осаждается в желобах 9, а очищенный раствор (вода) поступает в резервуар, откуда вновь нагнетается насосом в скважину, как описано выше. Когда колонковая труба заполнена керном, последний отрывается, буровой инструмент поднимается наружу, и керн¹ вынимают. Необходимо обеспечить по возможности больший «выход» керна, т. е. возможно меньшее его раздробление.

Наружные диаметры коронок колеблются в широких пределах: 188, 131, 116, 101, 86, 76, 66, 56, 46, 36 мм.

В состав агрегата колонкового бурения, кроме описанного выше бурового инструмента и дополнительных принадлежностей, входят станок, насос и двигатель (рис. 74).

Ручное колонковое (короночное) бурение производят в скальных и полускальных породах без промывки с применением описанного выше (см. п. 2) ударно-вращательного бурового комплекта, к рабочей штанге которого прикрепляют коронку-фрезер.

Этим видом бурения пользуются при сравнительно малом объеме работ.

Извлекаемые керны (при механическом и ручном колонковом бурении) помещают в ящики с продольными перегородками, на верхних гранях которых надписывают два значения глубины (глубина начала забуривания керна и глубина отрыва керна).

Отчетные документы — те же, что и описанные выше для ручного бурения.

В некоторых случаях, например при изысканиях в связи с проектированием высоконапорных плотин в сложных геологических условиях, применяют специальные буровые станки для проходки скважин (шахт) большого диаметра (1—2 м). Описание их приводится в специальных руководствах.

Применяют также вибрационный метод бурения², производительность которого в средних грунтах значительно выше, чем при других методах.

§ 41. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

1. Размещение разведочных выработок

Число разведочных выработок, их размеры, глубина и расположение зависят от целей инженерно-геологических изыска-

¹ Посредством электрометрических методов (каротаж) можно получить характеристики пород в скважинах и без отбора кернов, благодаря чему удешевляются буровые работы.

² М. Л. Калинин, Новый вибробуровой агрегат для геологических изысканий, «Речной транспорт» № 4, 1955.

ний, сложности геологического строения, конструкции сооружений и других факторов.

При изысканиях в связи с проектированием плотины шурфы и скважины размещают по главному створу сооружения, а также выше и ниже его, по дополнительным параллельным створам. Шурфование производят на берегах с учетом местных условий, в особенности интенсивности водоотлива. Бурение ведут как на берегах, так и в русле; оно является основным видом разведочных работ. Число поперечных створов обычно не менее трех, в сложных условиях оно увеличивается. Кроме того, закладывают дополнительные шурфы и скважины в различных местах для уточнения геологического строения. Иногда скважины закладывают наклонные. Расстояние между шурфами и скважинами колеблется в широких пределах — от 20 до 200 м.

Главными задачами разведки являются подробная характеристика геологических условий исследуемого участка, определение глубины залегания коренных пород и их состояния, выяснение мощности выветрившихся пород и водоносных слоев, исследование гидрогеологических условий и др.

При изысканиях для проектирования особенно ответственных плотин в сложных геологических условиях закладывают, как сказано выше, разведочные шахты и даже опускают пробные кессоны. Для обследования склонов применяют штольни, которые иногда примыкают к шахтам.

При изысканиях для проектирования шлюзов, гидростанций, набережных и т. п. разведочные выработки размещают главным образом по осям этих сооружений и на поперечных профилях.

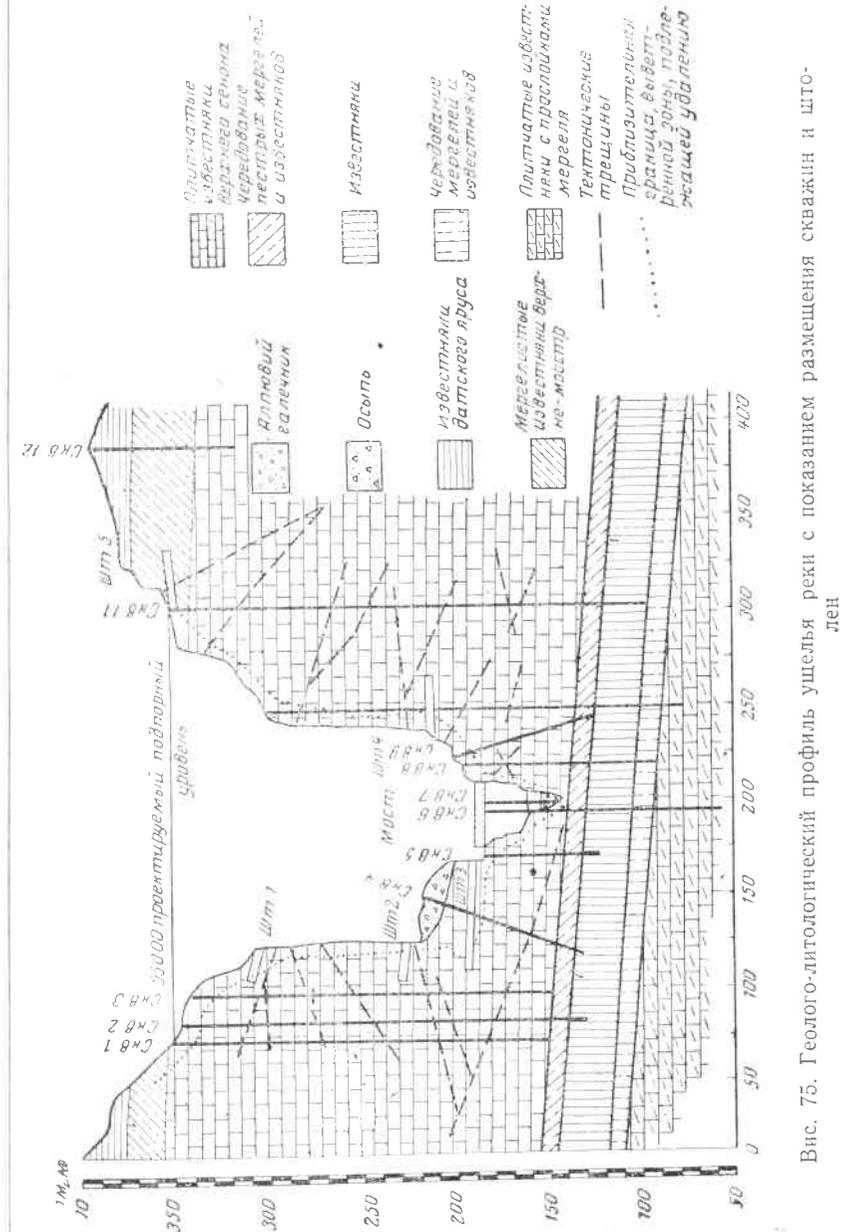
При изысканиях для проектирования каналов выработки располагают так же.

Если изыскания производят на большой площади, например при проектировании портовых территорий и акваторий, то разведочные выработки нередко располагают по сетке (квадратной) с учетом микрорельефа.

2. Построение геологических разрезов

Составленные на основании описанных выше полевых работ развертки шурфов и колонки буровых скважин могут быть использованы для построения геолого-литологических профилей, которые вместе с геологическими картами являются основными документами для проектирования сооружений.

Геологический разрез строится на основе топографического профиля, на который нанесены места выработок (рис. 75), отметки кровли и подошвы пластов, стратиграфия и литология, отметки горизонтов подземных вод, трещиноватость и т. п. Реко-



Вис. 75. Геолого-литологический профиль ущелья реки с показанием размещения скважин и штолен

мендуется составлять во время полевых работ предварительные геолого-литологические разрезы, с тем чтобы можно было своевременно заложить дополнительные шурфы, скважины и т. п.

Геологические разрезы строят, например, в следующих масштабах: 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500 и крупнее; для обзорных разрезов — 1 : 5 000, 1 : 1 000. Вертикальный масштаб обычно применяют более крупный, чем горизонтальный.

§ 42. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗВЕДКИ

Геофизические методы разведки основаны на изучении физических свойств горных пород.

Геофизические методы дают возможность в короткий срок установить геологические особенности исследуемого района, обнаружить скрытые (вследствие отсутствия обнажений) объекты (смену пород). Ниже дается краткое описание геофизических методов.

1. Гравиразведка

Гравиразведка основана на измерении ускорения силы тяжести в различных точках земной поверхности посредством маятниковых и других приборов.

Измеряя и нанося на карту и профили отклонения (аномалии) ускорения силы тяжести от нормального на поверхности геоида, строят изолинии этих отклонений (изоаномалы) и производят интерпретацию гравиметрической съемки, учитывая, что на величину ускорения силы тяжести влияет плотность пород; при этом сопоставляют материалы общих геологических исследований района и колонки контрольных скважин с материалами гравиметрической съемки и делают соответствующие выводы о строении земной коры, учитывая требования проектирования.

2. Магниторазведка

В каждой точке земной поверхности действует магнитная сила. Величина и направление этой силы, зависящей от магнитной восприимчивости породы, могут быть определены по трем составляющим: горизонтальной H , направленной на север, вертикальной Z и магнитному склонению D . Если соединить точки, имеющие одинаковое склонение, одинаковое наклонение (угол между вектором магнитной силы и его горизонтальной составляющей), одинаковые составляющие H и Z , то на основании этих данных можно построить карты соответствующих изолиний.

Чаще всего при магниторазведке измеряют ΔZ и ΔH , т. е. изменения Z и H при переходе от одной точки к другой.

Сопоставляя магнитные карты и профили с материалами геологических съемок и контрольных скважин, производят интерпретацию материалов магниторазведки. При этом учитывают магнитные характеристики (намагниченность) горных пород.

Магнитную разведку можно производить по заданным маршрутам и с самолета. В этом случае на самолете устанавливают специальный прибор — аэромагнитометр, действие которого основано на непрерывном измерении силы, уравновешивающей вертикальную составляющую.

3. Сейсморазведка

Сейсморазведка основана на наблюдениях за распространением упругих волн в земной коре, вызываемых искусственными взрывами.

В состав оборудования, применяемого при сейсморазведке, входят:

1) электрические сейсмоприемники, устанавливаемые в нескольких точках (до 26) земной поверхности (на профиле), обычно на расстоянии 25—30 м;

2) сейсмическая станция, смонтированная в кузове автомашины, имеющая электрические усилители и осциллограф, записывающий колебания почвы на фотоленте; таким образом получают сейсмограммы;

3) аппаратура для взрыва заряда, помещаемого в скважине на глубине 5—50 м и более;

4) механический станок для бурения скважин.

На основании анализа сейсмограмм определяют геологическое строение исследуемого района, так как на распространение упругих волн влияет характер горных пород — плотность, пористость, водонасыщенность, а также глубина залегания пород: разные по характеру породы обладают различной скоростью распространения волн.

4. Электроразведка

Из многих методов электроразведки ниже кратко описывается наиболее часто применяемый в составе гидротехнических изысканий метод сопротивления.

Через электроды A и B (рис. 76) — стальные стержни длиной 50—75 см — посылается вглубь земли постоянный электрический

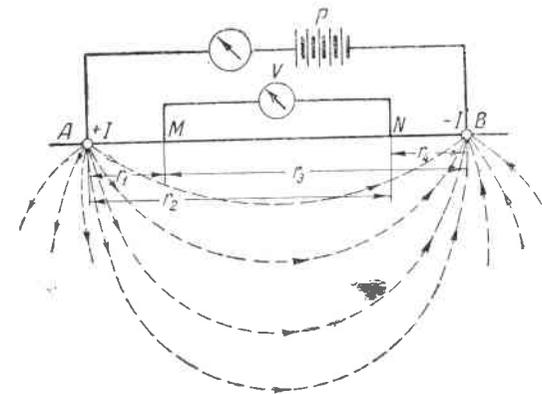


Рис. 76. Схема электроразведки

ток от батареи P (состоящей из сухих элементов). Между другой парой электродов, M и N , измеряют разность потенциалов ΔV посредством особого прибора — потенциометра.

Величина удельного сопротивления породы ρ^* ,

* Удельным сопротивлением породы называют сопротивление объема ее в форме куба со сторонами, равными 1 м.

если $r_1=r_4$ и $r_2=r_3$, определяется по формуле

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I}, \quad (20)$$

где k — коэффициент, зависящий от геометрических размеров установки;

ΔV — разность потенциалов между точками M и N ;

I — сила тока в цепи AB .

Удельное сопротивление пород (или обратная ему величина — электропроводимость) изменяется в очень широких пределах, особенно в зависимости от влажности и количества солей, растворенных в воде.

Удельное сопротивление однородной среды называется истинным; оно не изменяется при любом расположении электродов. При неоднородном строении пород, залегающих на исследуемом участке, величина сопротивления будет зависеть не только от удельного сопротивления пород, но также и от расположения электродов измерительной установки.

Описанный метод электроразведки, называемый также вертикальным электрическим зондированием (ВЭЗ), применяют при сравнительно спокойном напластовании пород — с углом падения не более $15-20^\circ$.

Если исследуют слои с большими углами падений, то применяют так называемое электрическое профилирование. В этом случае электроразведка производится на некоторой постоянной глубине. Обычно установку передвигают по направлению профиля, разбитого на местности, и измеряют ρ .

Для надлежащего обоснования геологической интерпретации необходимо использовать имеющиеся геологические карты и в особенности геологические разрезы; если их не имеется, то закладывают небольшое число скважин.

Электроразведку часто применяют при гидротехнических изысканиях, обычно в комплексе с бурением и инженерно-геологической съемкой.

Кроме как для изучения геологического строения долины, электроразведка может быть применена и для решения специальных задач, например определения глубины залегания вечной мерзлоты, исследования подземных вод (см. ниже), изучения толщины льда, исследования карстовых районов и т. д.

При производстве электроразведки на акватории (реке, озере, водохранилище) на дне укладывают многожильный кабель, к которому присоединяют электроды. Потенциометр устанавливают на судне.

1. Общие данные

Гидрогеологические исследования, целью которых является изучение гидрогеологического строения района и режима подземных вод, должны производиться в тесной связи с геологическими, геоморфологическими и гидрологическими исследованиями.

Гидрогеологическое строение района в значительной мере определяет условия фильтрации в районе гидротехнических сооружений и из водохранилищ, условия подпора подземных вод (подтопление земель) и их действие на устойчивость сооружений; грунтовые воды оказывают влияние на оросительные системы, способствуя засолонению почв, они нередко являются агрессивными по отношению к бетонным сооружениям.

Гидрогеологические исследования обычно подразделяются следующим образом:

- 1) гидрогеологическая съемка;
- 2) разведочные работы;
- 3) исследования режима подземных вод;
- 4) специальные гидрогеологические исследования в связи с водохозяйственным использованием подземных вод.

В последнее время при геологических и гидрогеологических съемках используют геоботанические методы, основанные на том принципе, что распределение растений и их виды зависят от геологических и гидрогеологических условий исследуемых районов¹.

2. Гидрогеологическая съемка

Задача гидрогеологической съемки — составление гидрогеологической карты требуемого масштаба, основных гидрогеологических разрезов и описаний. Так как она проводится совместно с геологической, а основой для построения гидрогеологической карты является геолого-литологическая карта, то по степени подробности эта съемка имеет такое же подразделение, как и геологическая (см. § 36, п. 4).

Особенно важным вопросом в связи с гидротехническим строительством при гидрогеологической съемке является исследование распределения подземных вод в различных стратиграфических и литологических горизонтах; типов подземных вод; условий питания различных типов подземных вод и взаимосвязи их между собой и с поверхностными водами; исследование физических свойств и химизма подземных вод; водообильности различных горизонтов; влияния подземных вод на физико-геологические процессы (карст, оползни и т. п.).

¹С. В. Викторов, Использование геоботанического метода при геологических и гидрогеологических исследованиях, изд. АН СССР, 1955.

При изучении гидрогеологии района необходимо нанести на карту и описать источники (ключи, родники, мочажины, пластовые выходы), колодцы, подземные воды в шахтах и рудниках, подземные воды в разведочных выработках и котлованах. Кроме того, должны быть картированы и описаны поверхностные воды (реки, озера, болота и т. п.), оросительные и осушительные каналы и т. д.

Картирование гидрогеологических фактов ведут на геологическую карту, на которой, кроме значковых обозначений, наносят также числовые характеристики, например дебит источников скважин, межвенные расходы воды и т. п.

На рис. 77 показана гидрогеологическая карта (по Г. Н. Каменскому).

Кроме отмеченных выше основных элементов картирования, в ряде случаев на гидрогеологическую карту (карту водоносности) наносят различные изолинии: гидроизогипсы, гидроизопьезы, характеризующие глубину залегания грунтовых вод и величину напора (см. п. 4), изолинии химического состава вод (например, общей минерализации) и др.

Для составления гидрогеологических карт очень полезны материалы аэрофотосъемки, а также геоботанических исследований.

3. Разведочные работы

При гидрогеологической съемке разведочные работы ограничиваются заложением неглубоких буровых скважин (до 10—15 м) и пробными откачками из них.

Если гидрогеологические исследования производят с целью обоснования проектов гидротехнических сооружений или использования подземных вод для водоснабжения, то скважины бурят на большую глубину (до 50—100 м и более) и больших диаметров.

При бурении особое внимание должно быть обращено на определение положения водоносных горизонтов, их мощности, глубины залегания, а также отметок уровня подземных вод; вместе с тем должны быть определены дебит водоносного пласта и качество воды.

Отчетным документом по разведочному гидрогеологическому бурению является колонка буровой скважины (рис. 73), в правой части которой приводятся данные о подземных водах.

4. Исследования режима подземных вод

Для получения общей предварительной характеристики подземных вод при гидрогеологической съемке и разведочных работах должны вестись наблюдения над режимом их. Для получения материалов, необходимых для решения вопросов, связанных со

строительством и эксплуатацией сооружений (например, для определения влияния подпора, вызываемого гидротехническими сооружениями, на режим подземных вод), организуют специальные гидрогеологические посты и стан-

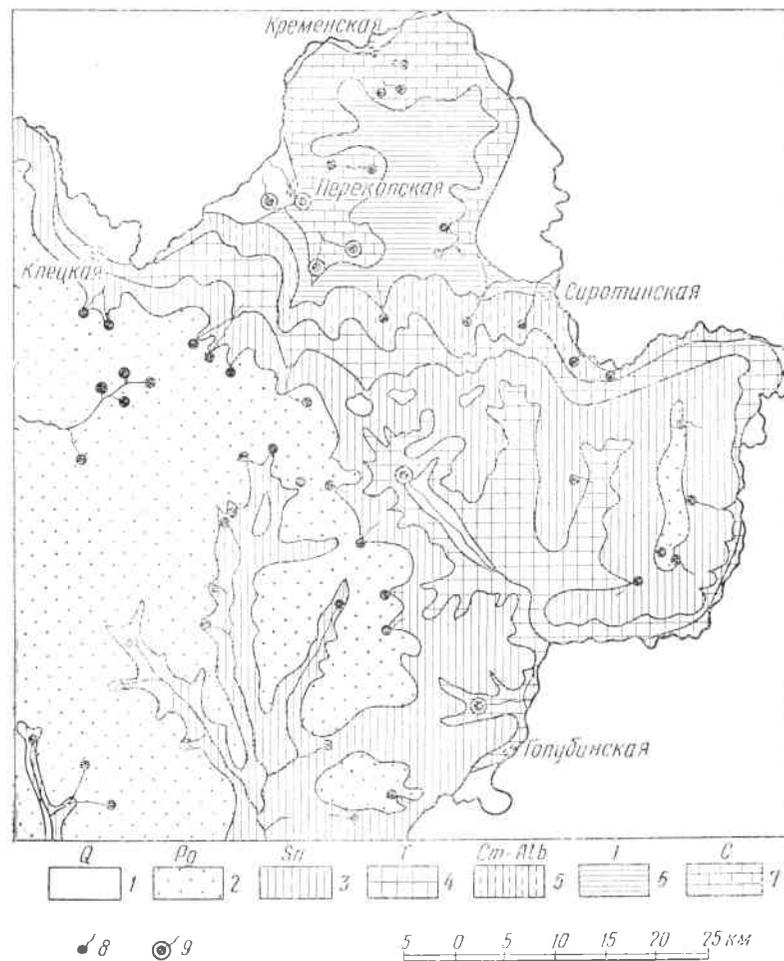


Рис. 77. Гидрогеологическая карта (по Г. Н. Каменскому)
1—четвертичные отложения; 2—палеоген; 3—сеноз; 4—турон; 5—сеноман;
6—юра; 7—карбон; 8—нисходящие источники; 9—восходящие источники

ци и с продолжительностью наблюдений не менее года; нередко эти посты действуют и после постройки сооружений. Наблюдения также производят на сети постоянных государственных гидрогеологических постов и станций Министерства геологии и охраны недр СССР.

Основными элементами режима подземных вод, подлежащими изучению, являются: 1) уровни; 2) направления течения вод и уклоны; 3) скорости течения; 4) дебит и коэффициент фильтрации; 5) температура и другие физические свойства; 6) химический состав; 7) санитарное состояние.

Ниже приводится краткое описание методов наблюдений над перечисленными элементами, причем артезианские воды здесь не рассматриваются.

Изучение колебаний уровня подземных вод производится в наблюдательных колодцах и буровых скважинах.

У каждого наблюдательного поста должен быть установлен репер. Отсчеты замеров уровня производят относительно какой-либо постоянной точки, например от края обсадной трубы, края сруба колодца и т. п.

Наблюдения ведут при помощи различных приборов: поплавка, хлопушки, свистка, светового уровня и др. (рис. 78). Применяют и самопишущие приборы.

Необходимо иметь в виду, что в некоторых случаях, например в орошаемых районах, отметки уровня грунтовых вод в наблюдательных скважинах могут и не соответствовать «действительным уровням» на исследуемой территории, имеющим нередко более низкие отметки, чем в наблюдательных скважинах.

В приречных районах, а также в районах оросительных каналов, где режим подземных и поверхностных вод наиболее тесно связан, закладывают несколько скважин (шурфов), образующих гидрогеологический профиль; в том же створе на реке организуют и водомерный пост. Наблюдения над уровнями в скважинах и на посту производятся одновременно.

Определение направления течения и уклонов залегания подземных вод производят по данным наблюдений над уровнем в скважинах и шурфах, выписывая отметки уровней на план и вычерчивая гидроизогины и гидроизопъезы, т. е. линии, соединяющие точки с одинаковыми отметками поверхности воды (горизонтали ее поверхности) или с одинаковыми напорами (для напорных вод). Определение направления движения подземных вод находят проведением нормалей к гидроизогинам.

Направление движения подземных вод можно также найти, определив отметки уровня воды в трех скважинах, расположенных в вершинах углов треугольника со сторонами не менее 100 м. Выписав эти отметки на плане, а затем проведя прямую, соединяющую две точки с одинаковыми отметками, т. е. отрезок изогины, опускают на него перпендикуляр из вершины треугольника, имеющей наибольшую отметку; положение этой линии и будет искомым направлением движения подземных вод.

Определение действительной скорости движения подземных вод ведут так. Закладывают две выработки (шурфы, скважины) по направлению движения подземного по-

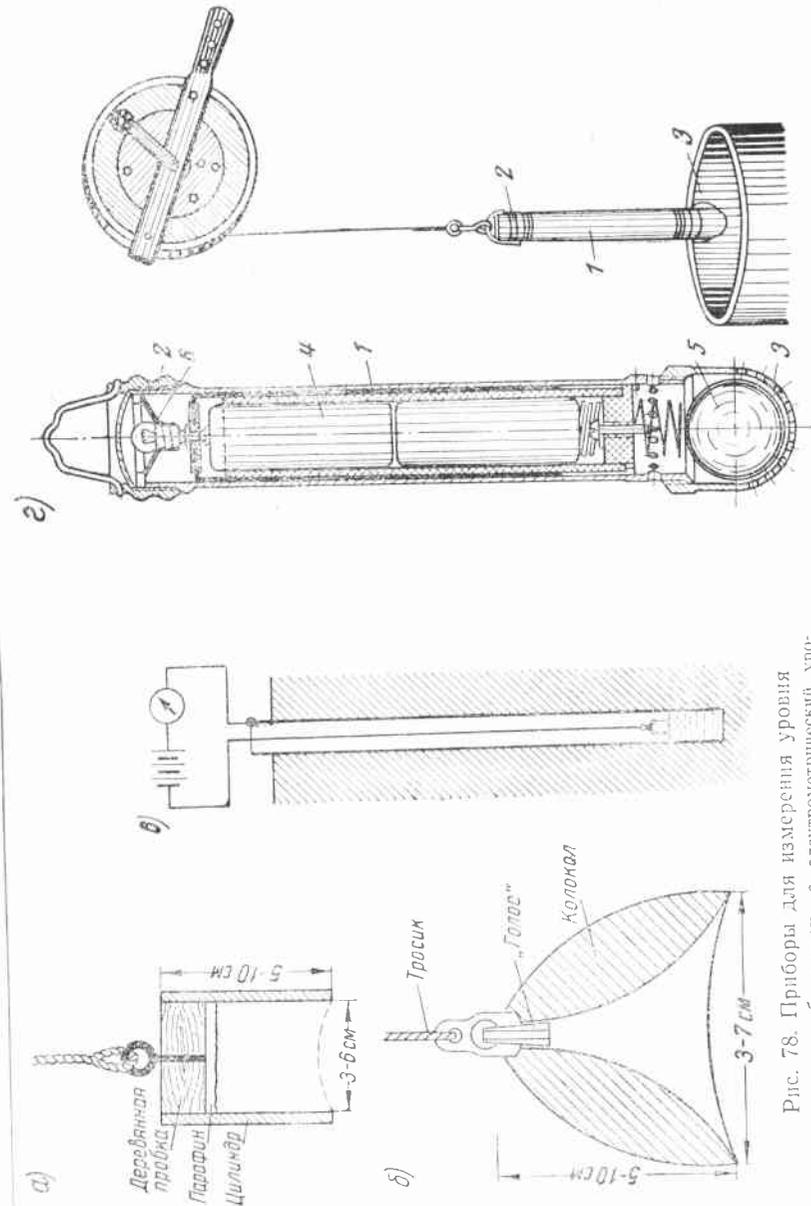


Рис. 78. Приборы для измерения уровня
а—хлопушка; б—свисток; в—электрометрический ур-
висмер; г—световой урвисмер системы Симонова

тока; в первую запускают индикатор (раствор соли NaCl или краски) и отмечают момент t_1 , а затем отмечают моменты через определенное время t_2, t_3 и т. д. Отбирают пробы воды во второй скважине и анализируют их на присутствие в них индикатора.

Если расстояние между скважинами равно L , а время, прошедшее от запуска индикатора до отбора пробы, — t_2 , то скорость

$$v = \frac{L}{t_2 - t_1} \quad (21)$$

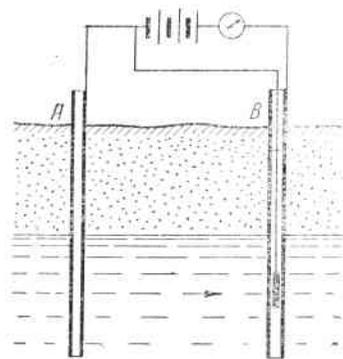


Рис. 79. Схема определения скорости движения подземных вод электрическим методом

Аналогично можно применять электрометрический метод (рис. 79). В этом случае в качестве соли применяют преимущественно хлористый аммоний NH_4Cl (нашатырь).

Электрическая цепь состоит из опущенного в скважину B металлического стержня — электрода, изолированного от трубы деревянными катушками. К его верху прикреплен изолированный провод, присоединенный к батарее и к амперметру; другой провод присоединен к верху обсадной трубы наблюдательной скважины. Кроме того, в цепь включена и пусковая скважина A для наблюдения за движением раствора.

5. Определение коэффициента фильтрации и дебита подземных вод

Коэффициент фильтрации имеет большое значение как для характеристики водопроницаемости пород, так и для различных расчетов, связанных с определением количества фильтрующихся подземных вод, при проектировании плотин, перемычек, водопроводных, ирригационных, осушительных сооружений и т. п.

Коэффициент фильтрации можно определить:

1) расчетом по эмпирическим формулам, устанавливающим зависимость между скоростью движения воды в породе, гранулометрическим составом породы и другими элементами;

2) лабораторным способом, основанным на наблюдениях над фильтрацией воды через исследуемую породу в различных приборах (прибор Тима-Каменского и др.); при этом исследуется грунт с ненарушенной структурой;

3) полевым способом (откачки, налив и др.).

Способ откачки основан на опытной откачке воды из центральной выработки (скважины, шурфа) и на наблюдениях над уровнем воды в ней и в одной или нескольких наблюдательных выработках.

При относительной однородности водоносного пласта можно ограничиться одной наблюдательной скважиной, располагаемой по направлению движения подземного потока. Если состав водоносного пласта неоднороден, то число наблюдательных скважин увеличивается, причем располагать их следует по двум, трем, четырем лучам — получается так называемая «опытная гидрогеологическая площадка» или «куст скважин». Такие площадки применяют, если возможен приток воды к центральной скважине по разным направлениям. Центральную скважину оборудуют фильтром. Откачку производят насосом. При малом притоке воду можно откачивать и посредством желонки.

Перед началом откачки замеряют уровни в центральной и наблюдательной скважинах; откачку производят на три уровня (иногда на два), причем продолжительность откачки на каждое понижение должна быть до 2—3 суток, чтобы достигнуть установившегося положения уровня воды в скважинах.

Коэффициент фильтрации вычисляют по формулам, приводимым в специальных руководствах и справочниках.

Метод этот считается наиболее совершенным.

Способ налива применяют для приблизительного определения коэффициента фильтрации в песках или в трещиноватых скальных породах.

Из существующих разновидностей этого способа наиболее распространен способ Болдырева. Сущность его в следующем. В испытуемой породе вырывают шурф (сечением не менее $1 \times 1,5$ м), не доходящий до уровня грунтовых вод на 1 м или более.

На поверхности земли устанавливают сосуд, наполняемый водой. Из этого сосуда через резиновую трубку, опущенную в шурф, непрерывно подается вода так, чтобы уровень воды в шурфе оставался постоянным и равным около 10 см над дном. Для наблюдений над уровнем в шурфе устанавливают рейку с делениями в 1 см. Определив расход воды из сосуда Q м³/сутки и зная сечение шурфа ω м², вычисляют коэффициент фильтрации k^* по формуле

$$k = \frac{Q}{\omega} \quad (22)$$

Продолжают опыт от 10 час. до 2 суток, пока не установится более или менее постоянный фильтрационный расход воды.

Способ этот дает наиболее надежные и точные результаты в песчаных грунтах, в остальных же грунтах коэффициент фильтрации получается завышенным, так как не учитывается боковое растекание.

Определение расхода воды подземного потока при небольшой ширине можно вести посредством одной опытной площадки, распространяя ее данные на весь поток.

* Л. К. Болдырев допускает, что $k \approx v$.

Вычисление ведут по формуле

$$Q = kiHb, \quad (23)$$

где Q — расход воды;

k — коэффициент фильтрации;

i — уклон;

b — ширина потока (по направлению гидронизогипсы);

H — средняя мощность водоносного пласта.

При значительной ширине потока необходимо разбить его на несколько участков длиной 300—500 м, заложить на каждом участке по одной опытной площадке и произвести откачки, после чего нетрудно вычислить расход потока, пользуясь формулой (23).

6. Изучение физических и химических свойств подземных вод

В состав исследования подземных вод входит изучение их физических свойств: температуры, прозрачности, цвета, запаха, вкуса, а также химического состава. Эти данные необходимы для оценки качества воды, ее агрессивных свойств и др.

Пробы воды для химического анализа берут батометром, мензуркой или специальным прибором — водоносом.

Химические анализы подразделяют на:

а) полевые — массовое опробование качества воды в процессе съемочных и разведочных работ;

б) сокращенные, осуществляемые в лаборатории (полевой или стационарной);

в) полные — проводятся в стационарных химических лабораториях.

Сокращенные анализы воды на месте производят, пользуясь полевыми и гидрохимическими лабораториями (походные комплекты).

§ 44. ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель геотехнических исследований — полевое и лабораторное изучение физико-технических свойств горных пород с учетом требований проектирования и строительства гидротехнических сооружений.

При рекогносцировочных маршрутных и мелко-масштабных геологических съемках производят главным образом визуальные наблюдения и описания физико-механических свойств грунтов. Скальные грунты должны быть охарактеризованы в отношении их однородности, прочности, трещиноватости, водопроводимости; связные (глинистые) и песчаные (песчаные) грунты характеризуются в отношении их однородности, влажности, водопроводимости, устойчивости от-

косов. Некоторые свойства грунтов (объемный вес, влажность и др.) могут быть определены лабораторным способом.

При крупномасштабных съемках лабораторные работы по изучению физико-механических свойств грунтов получают значительное развитие, причем образцы грунтов берут главным образом из разведочных выработок.

Для характеристики скальных грунтов определяют сопротивление их сжатию и морозостойкость; для нескальных грунтов — гранулометрический состав, объемный и удельный вес, пористость, коэффициент фильтрации, влажность, водонасыщенность, плотность, растворимость, размокаемость и др.; кроме того, определяют сжимаемость (компрессионные кривые), сопротивление сдвигу, угол внутреннего трения и др.

По объему исследований грунтов среднимасштабные съемки занимают промежуточное положение между мелко-масштабными и крупномасштабными. Подробности определений физико-технических свойств грунтов излагаются в специальных курсах.

Надо добавить, что при геотехнических исследованиях очень важно получить данные о свойствах грунтов на месте, в полевых условиях, так как это дает возможность уточнить программу исследований, а также срочно использовать материалы для полевого проектирования сооружений. Исследования проводят, пользуясь полевыми лабораториями, среди которых можно назвать лабораторию И. М. Литвинова, содержащую приборы автора для упрощенных методов геотехнических исследований.

Применяют также методы радиоактивных изотопов для определения объемного веса, плотности, влажности и других свойств грунтов.

§ 45. ИЗЫСКАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Задачи изысканий и состав работ

В состав инженерно-геологических изысканий обычно входят изыскания строительных материалов (камня, песка, гравия, глины, добавок для цементных растворов и др.), которые в дальнейшем используются для возведения сооружений. Объем и состав этих изысканий определяются стадией проектирования, масштабами сооружения и местными условиями.

Основные требования, которые предъявляют к изысканиям строительных материалов, могут быть охарактеризованы весьма кратко:

- 1) строительные материалы должны быть высокого качества;
- 2) они должны находиться по возможности близко к местам сооружений;

- 3) добыча их должна обходиться по возможности дешево¹;
- 4) запасы их должны быть достаточными.

В состав изысканий строительных материалов входят поисковые и разведочные работы, описываемые ниже.

2. Поисковые работы

В задачи поисковых работ входит отыскание месторождений строительных материалов, которые удовлетворяют техническим требованиям.

Для установления районов предполагаемых месторождений тех или иных строительных материалов должны быть изучены соответствующие геолого-литологические карты, а также карты четвертичных отложений. Полевые исследования ведутся маршрутным способом, в некоторых местах производят площадные обследования.

Необходимо не только найти месторождение строительного материала, но и определить его качество и приблизительные запасы. Кроме того, следует выявить условия его разработки: мощность «вскрыши», глубину залегания подземных вод, водообильность водоносных горизонтов; с этой целью производят разведочные работы (см. ниже).

Необходимо осветить следующие вопросы: устройство подъездных путей к намечаемым карьерам и их примыкание к железнодорожным и автомобильным дорогам, условия постройки рабочего поселка и его водоснабжения и санитарной обстановки. Если карьер намечается у водного пути (такое расположение в большинстве случаев является особенно желательным), то необходимо охарактеризовать условия погрузки и выгрузки строительных материалов.

3. Разведочные работы

Для разведки карьеров закладывают шурфы, буровые скважины, каналы, иногда и штольни. Шурфы и скважины рекомендуются закладывать по профилям, разбиваемым на расстоянии 100—250 м друг от друга. По профилям производят нивелирование V класса. Все выработки должны быть нанесены на план с точностью съемки. Масштабы съемки применяют крупные: 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500, с горизонталями через 0,5—2 м по высоте, в зависимости от сложности геологического строения, характера напластования, размеров карьера, стадии изысканий и др.

Методы разведки месторождений скальных пород зависят как от литологического состава пород, так и от их напластования.

¹ Гидроэнергопроект, Изыскания естественных строительных материалов при гидротехническом строительстве, Госэнергоиздат, 1950.

При разведке месторождений рыхлых пород — пески, гравия, глины, суглинков и др. — особое внимание должно быть обращено на изучение аллювиальных и флювиогляциальных отложений. В некоторых случаях могут быть использованы аллювиальные отложения как в речных террасах, так и в русле рек, озер, а также морские отложения.

Для оценки качества строительных материалов (камня, песка, гравия, глины и т. п.) производят опробование (испытание) образцов пород как упрощенными полевыми, так и детальными методами по соответствующим инструкциям.

При изысканиях карьеров для намыва плотин и дамб необходимо учитывать специальные требования, предъявляемые к грунтам¹, особенно к их гранулометрическому составу; кроме того, пригодность грунтов для намыва определяется ограниченным содержанием (до 2%) органических примесей и воднорастворимых солей (до 3%).

4. Подсчет запасов строительных материалов

Для подсчета запасов строительных материалов, содержащихся в данном месторождении, необходимо иметь соответствующую документацию: планы и разрезы по профилям с нанесением выработок, разделением запасов по сортам и выделением непромышленных запасов.

Ниже приводится один из многих способов подсчета запасов строительных материалов — способ подсчета по параллельным профилям.

Если на данном участке разбиты параллельные профили 1, 2, 3, ..., n и если площади вскрыши непромышленной породы на соответствующих профилях обозначить через $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$, а площади полезной толщи на тех же профилях — через F_1, F_2, \dots, F_n , то при расстояниях между профилями L_1, L_2, \dots, L_{n-1} получим объем вскрыши

$$V_{\text{вскр}} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} L_1 + \frac{\omega_2 + \omega_3}{2} L_2 + \dots + \frac{\omega_{n-1} + \omega_n}{2} L_{n-1}; \quad (24)$$

объем полезной толщи

$$V_{\text{пол}} = \frac{F_1 + F_2}{2} L_1 + \frac{F_2 + F_3}{2} L_2 + \dots + \frac{F_{n-1} + F_n}{2} L_{n-1}. \quad (25)$$

Классификация строительных материалов по степени изученности:

A_1 — запасы, всесторонне изученные и опробованные с горизонтальным и вертикальным оконтуриванием полезной толщи горными выработками;

¹ Инструкция по разведке и опробованию грунтов для намыва плотин и дамб, Госэнергоиздат, 1956.

A_2 — запасы, детально разведанные и опробованные (для технического проекта); ошибка в подсчетах запасов на основании разведочных данных 10—15%;

B — запасы, достаточно подробно разведанные и частично опробованные (для проектного задания); ошибка в подсчетах запасов 20—40%;

C_1 — запасы, приблизительно исследованные (для технико-экономического доклада); ошибка в подсчетах запасов на основании поисковых работ 40—50%;

C_2 — запасы, изученные по литературным данным (для общих соображений).

§ 46. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ В СВЯЗИ С ПРОЕКТИРОВАНИЕМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

1. Основные положения

Выше было отмечено, что объем и состав инженерно-геологических изысканий зависят как от сложности геологических и гидрогеологических условий, так и от назначения и конструкции сооружений; поэтому необходимо осветить особенности изысканий в связи с проектированием различных сооружений.

При выполнении геологоразведочных работ необходимо посредством возможно меньшего числа выработок осветить наилучшим образом геологические и гидрогеологические условия исследуемого объекта с учетом требований проекта. Для этого рекомендуется разведочные работы вести последовательно (по принципу — от общего к частному), производить полевую обработку материалов (с построением предварительных геологических карт и разрезов) и, если потребуется, дополнять недостающие данные путем закладки дополнительных выработок.

При значительном объеме геологоразведочных работ их можно подразделить на следующие категории:

1) структурные выработки, назначение которых — подтвердить геологические закономерности залегания пород и подземных вод, выявленных геологической съемкой, и изучить генезис пород и их структуру, состояние, а также положение подземных вод; структурные выработки (шурфы, шахты, штольни, скважины и др.) закладывают на характерных участках;

2) опорные выработки (шурфы, штольни, скважины и др.) являются основными точками для изучения условий залегания пород, подземных вод, а также состава, состояния и свойств грунтов; их располагают на участке проектируемого сооружения;

3) разведочные выработки (шурфы, скважины и др.) служат для выяснения литологического строения участка, установления мощности слоев, горизонтов подземных вод, освещения физических свойств пород.

Для проведения выработок, кроме ручного и механического бурения, может с успехом применяться и электроразведка (электроразведка).

2. Изыскания в связи с проектированием гидроузлов и плотин

В задачу инженерно-геологических изысканий в связи с проектированием гидроузлов входит прежде всего выявление створа плотины, наиболее благоприятного в геологическом отношении. Известны случаи, когда вследствие недостаточности геологических изысканий начатое строительство гидроузлов переносилось в другие створы. Аварии гидротехнических сооружений происходят в большинстве случаев вследствие неудовлетворительного учета геологических условий.

Важнейшей следующей задачей является изучение геологии основания, что дает возможность установить тип плотины (земляная, камечно-набросная, бетонная и т. п.) и выбрать соответствующие конструкции.

Кроме того, необходимо изучить ряд вопросов, связанных, например, с устройством противофильтрационных завес, дренажей, поцуров, консолидацией основания и т. п.; нередко при большой длине плотины и разнородном составе пород приходится уделять особое внимание выбору места для устройства водосливного отверстия плотины, с тем чтобы расположить его на наиболее надежных породах.

При сравнении отдельных створов плотины необходимо учитывать: геоморфологическое строение долины, ее геологическое и литологическое строение, гидрогеологические условия, физико-механические свойства и состояние пород, гидрохимические условия и водостойкость пород. Должны быть изучены: оползни, осыпи, обвалы, карст и т. п.

При проектировании основания плотины на скальных грунтах необходимо детально исследовать, на какую глубину залегают подлежащие удалению выветренные и сильно трещиноватые породы в основании плотины и в береговых ее примыканиях, так как объем этих работ может значительно отразиться на стоимости сооружений. В качестве примера можно привести постройку Днепровской плотины у Запорожья (ГЭС имени В. И. Ленина), где, несмотря на наличие прочного гранитного основания, пришлось произвести значительные дополнительные работы по уборке верхнего слоя гранитов. Изучение сохранности скальных пород усложняется, если они покрыты более или менее мощным слоем аллювия.

Выше было отмечено, что выбор того или иного типа плотины в значительной мере зависит и от геологических условий; поэтому надо, хотя бы кратко, остановиться на особенностях инженерно-геологических изысканий в связи с проектированием плотин разных типов.

Изыскания при проектировании земляных и каменно-набросных плотин. Изыскания для проектирования земляных плотин должны осветить следующие вопросы: 1) физико-технические свойства грунтов, используемых для возведения плотины; 2) наличие в основании прослоев с малым сопротивлением сдвигу; 3) несущую способность основания (особенно при наличии илистых и просадочных пород, торфа и т. п.); 4) фильтрационную способность пород основания; 5) карстовые явления; 6) возможность выщелачивания и суффозии пород в основании; 7) выходы грунтовых вод; 8) возможное развитие оползневых явлений в местах примыкания плотины к берегам; 9) сейсмичность района.

Если земляная плотина сооружается с применением гидромеханизации, то изыскания производят с учетом также требований производства этих работ (§ 45, п. 3).

При инженерно-геологических изысканиях для проектирования каменно-набросных плотин должны освещаться перечисленные выше вопросы с учетом, что нагрузка на основание этих плотин больше, чем на основание земляных плотин.

Изыскания при проектировании массивных бетонных плотин. При инженерно-геологических изысканиях для массивных бетонных плотин (глухих и водосливных), а также арочных подлежат изучению следующие вопросы: 1) несущая способность пород основания и объем слабых пород, подлежащих съему (о чем было сказано выше); 2) залегание в основании слоев горных пород, по которым возможен сдвиг плотины; 3) наличие тектонических разрывов в основании и в примыкании к берегам; 4) фильтрационная способность пород основания; 5) возможность выщелачивания и механической суффозии пород в основании и в примыкании к берегам; 6) возможность развития оползневых явлений; 7) сейсмичность района; 8) наличие строительных материалов и их качество.

В рассматриваемом случае при производстве изысканий широкое развитие получает бурение, в особенности колонковое; скважины закладывают как вертикальные, так и наклонные; верхние слои могут разведываться и шурфованием. Для исследований склонов применяют штольни; при наличии сложных геологических условий и проектировании особо ответственных сооружений при сложных геологических условиях закладывают шахты и даже кессоны.

На рис. 75 показан пример разведки профиля плотины высотой 200 м посредством шурфования и бурения с закладкой также штолен. Широкое применение могут иметь геофизические методы разведки, а также бурение скважин больших диаметров.

При проектировании плотин на горных реках с бурным течением, где установка понтона для производства бурения затруднительна, можно производить разведку с применением наклонных скважин, закладываемых с берега.

Если плотина со значительным напором проектируется на некарстовых грунтах, то объем инженерно-геологических изысканий расширяется.

Можно привести пример изысканий Свирского гидроузла (плотины, гидростанции и судоходного шлюза). Геологические условия в выбранном для гидроузла месте были настолько сложны (глинистые породы с прослоями), что иностранные эксперты (шведы и американцы) считали невозможным постройку гидроузла, и лишь благодаря углубленным инженерно-геологическим исследованиям гидроузел был построен, и все геологические прогнозы условий работы сооружений (осадок и др.) блестяще оправдались. Надо отметить, что при разведочных работах здесь были заложены две шахты (первые в СССР).

3. Изыскания при проектировании шлюзов, доков, зданий ГЭС

При инженерно-геологических изысканиях в связи с проектированием шлюзов, доков, зданий гидростанций и других сооружений, имеющих значительную площадь основания, необходимо (в дополнение к описанному) сосредоточить особое внимание на исследованиях возможных осадок сооружений. Дело в том, что даже при незначительных перекосах, вызванных неравномерностью осадок, могут возникнуть опасные напряжения в сооружениях ввиду значительной ширины последних; поэтому при инженерно-геологических изысканиях должно быть более углубленное изучение сжимаемости грунтов (посредством штампов), сопротивляемости их сдвигу, фильтрационной способности, способности подвергаться суффозии, содержания в грунтах нестойких и агрессивных составляющих. В рассматриваемых случаях скважины размещают по оси сооружения и по поперечникам, которые располагают нормально к продольной оси (под головами шлюзов и доков и т. п.); кроме того, скважины бурят и по периметру сооружения.

Большое значение также имеет изучение вопросов, связанных с выемкой котлованов: определение притока воды в котлованы; возможность оплывания их стенок и выпирания дна; возможность применения свай и шпунтов; определение скорости выветривания глинистых пород (например, майкопских и др.), вскрытых в котлованах; возможность образования оползней или оплывин при подрезке пород в основании склонов.

4. Изыскания при проектировании тоннелей

При изысканиях тоннелей необходимо прежде всего выявить геологическое строение и гидрогеологические условия по заданной трассе, которая перед этим должна быть проложена в наиболее благоприятных топографических условиях.

Изыскатели должны изучить: рельеф исследуемого района; состав и последовательность залегания горных пород; формы и размеры тектонических нарушений; физико-технические свойства и состояние горных пород: водоносность пород, фильтрационные воды и возможность проникновения их в тоннель; химический состав и агрессивность подземных вод; горное давление; температурный режим; газовый режим.

Для разведки обычно закладывают скважины в пониженных местах над трассой тоннеля. Особое внимание должно быть обращено на изыскания мест для порталов тоннеля, на выяснение устойчивости склонов в этих местах и условий устройства участков канала, примыкающих к тоннелю. При исследованиях порталов можно с успехом закладывать штольни.

Очень важным является изучение вопросов, связанных с проектированием одежды тоннеля и креплений во время его постройки. Так, например, при пологом залегании пластов можно ожидать сильного давления на свод и меньшего бокового давления; при крутом залегании давление на крепь уменьшается с увеличением угла падения пластов; при наличии тектонических разрывов могут выпадать отдельные блоки скальной породы.

Физико-технические свойства горных пород, физико-геологические процессы также весьма важны для тоннелей. Так, например, при чередовании водо насыщенных песков и глин могут происходить обвалы нависающих пластов и прорывы воды; пльвуны могут вызвать оплывание тоннельной выработки; карстовые полости в породах — поступление потоков воды в забой и обрушение кровли; просядочные породы — разрушение тоннеля; агрессивные подземные воды — разрушение бетонной облицовки.

Надо добавить, что при изысканиях тоннелей геофизические методы разведки могут быть широко использованы, в особенности для выявления общей тектонической структуры массива, определения глубины залегания скальных пород в местах развития мощных поверхностных отложений, выявления тектонических нарушений, определения положения зеркала подземных вод и т. п.

§ 47. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ

Выше были кратко описаны методы построения карт на основе геологической, геоморфологической и гидрогеологической съемок. Хотя при производстве описанных съемочных и геологоразведочных работ учитываются требования гидротехнического проектирования и строительства и ведутся соответствующие описания, измерения, зарисовки и т. д., однако как бы тщательно ни были составлены названные карты, а также геологические и гидрогеологические разрезы, все же они не могут в полном объеме удовлетворить запросы проектирования. Так, пользуясь такими картами, нельзя получать, например, данные о физико-технических и дру-

гих свойствах горных пород. Поэтому для облегчения проектных работ составляют специальные карты — инженерно-геологические. В настоящее время еще не установлены единые образные принципы составления таких карт.

Составление инженерно-геологических карт по методу И. В. Попова производится следующим образом: картируемую территорию разбивают на участки, имеющие определенные комплексы инженерно-геологических условий, куда входят: климат, почвы, характер рельефа, геологическая структура, характер пород, гидрогеологические условия, современные физико-геологические процессы. При построении карт используются специальной инженерно-геологической классификацией горных пород, причем отдельно рассматривают коренные четвертичные и поверхностные (преимущественно четвертичные отложения); выделяют также крупные группы пород (формации) морские, лагунные, изверженные, осадочные, метаморфические; кроме того, выделяют типы, технические свойства; на картах показывают рыхлость пород, цементированность, минералогический состав, структуру, текстуру, пористость и др. Положение грунтовых вод изображают в виде изолиний или упрощенными условными знаками; физико-геологические процессы изображают также условными знаками.

Инженерно-геологические карты подразделяют на общие обзорные, обзорные специальные, схематические, детальные специальные.

Общие обзорные карты составляют в масштабах 1 : 200 000, 1 : 500 000; на них отражают инженерно-геологические условия без выделения отдельных отраслей строительства.

Специальные обзорные карты в масштабах 1 : 25 000, 1 : 10 000 предназначаются для составления схемы строительства сооружений на больших площадях.

Схематические инженерно-геологические карты (в масштабах 1 : 5 000, 1 : 10 000) составляются для размещения сооружений на стадии проектного задания; на картах выделяют участки с различными инженерно-геологическими условиями.

Детальные специальные карты (масштабы 1 : 2 000, 1 : 1 000) составляют для технического проекта; на них дается подробная характеристика инженерно-геологических условий.

Для каждого вида строительства (плотин, гидроэлектростанций, тоннелей и др.) отдельно составляют специальные инженерно-геологические карты.

Другой метод построения гидрогеологических карт, согласно предложению Л. Д. Белого, основан на том принципе, что вид и класс сооружений, а также стадия проектирования отражаются лишь на подробности геологической съемки и масштабе карты.

Сохраняя основные положения геологических и геолого-литологических карт, в этом случае на них дополнительно изображают состав и состояние горных пород (грунтов); характер залегания их слоев; физико-геологические процессы, выявленные и возможные в связи со строительством, условия залегания, химизм и динамику подземных вод; физико-технические свойства горных пород (грунтов).

Степень насыщенности карты перечисленными данными зависит от ее масштаба (а значит, и от подробности полевых исследований). В соответствии с масштабом инженерно-геологической карты на нее наносят слои разной мощности, пачки слоев и различные подразделения геологического комплекса с применением различного рода графических изображений (штриховок, условных знаков). Гидрогеологические условия характеризуют нанесением на карту глубин залегания подземных вод, скоростей, направления их движения, напора, агрессивности и минерализации. На карте изображают также физико-геологические процессы (например, цветной штриховкой). Инженерно-геологическая характеристика горных пород, их прочности и сохранности дается на карте условными обозначениями (легенда); на карте дается также физико-техническая характеристика горных пород (грунтов): удельные и объемные веса, модули сжатия, пластичность, коэффициенты трения, сцепления, коэффициенты фильтрации и др.

Кроме инженерно-геологических карт, составляют также и инженерно-геологические профили, на которых приводят те же основные характеристики, что и на картах. Подробности составления инженерно-геологических карт описаны в специальных руководствах.

Глава XI. ПОЧВЕННЫЕ И ГЕОБОТАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

§ 48. ЗАДАЧИ ПОЧВЕННЫХ И ГЕОБОТАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Главными задачами почвенных и геоботанических работ при гидротехнических изысканиях являются:

получение материалов о влиянии на почвенный и растительный покров затопления и подтопления земель в связи с проектированием водоподпорных и других сооружений;

получение материалов для составления проектов орошения и осушения земель.

Почвенные и геоботанические исследования производят преимущественно экспедиционными методами и по подробности разделяют на рекогносцировочные, облегченные, подробные и специальные.

§ 49. ПРОИЗВОДСТВО ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Подготовительные и полевые работы

Какие бы почвенные исследования ни производились, необходимо прежде всего иметь топографические карты соответствующих масштабов с изображением рельефа местности, весьма желательными аэрофотосъемочные материалы крупных масштабов.

Необходимо также как можно полнее ознакомиться с имеющимися материалами по климату, гидрологии, геологии, геоморфологии, гидрогеологии, почвенному и растительному покрову данной местности, а также по сельскому хозяйству, водному хозяйству (орошению, осушению, обводнению).

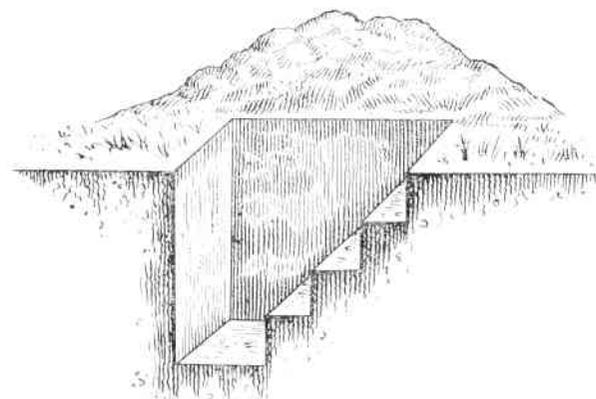


Рис. 80. Почвенный разрез

Если почвенные исследования производят в связи с составлением проектов орошения и осушения, то должен быть обеспечен особо тесный контакт с гидрогеологическими исследованиями грунтовых вод.

Для изучения почвенного покрова используют естественные обнажения и закладывают (искусственные) почвенные разрезы; последние делятся на основные, контрольные («полюямы») и разрезы-прикопки.

Основные разрезы (рис. 80) закладывают в наиболее типичных местах; из них берут послойные образцы почв; разрезы подробно описывают, зарисовывают, иногда фотографируют. В основных разрезах производят и полевые химические определения. Обычно глубина этих разрезов не менее 1,5 м, размеры в плане 1,7 × 0,8 м.

Контрольные разрезы (полюямы) имеют размеры 1,3 × 0,65 м и глубину примерно 0,75—1 м; их закладывают для получения дополнительных данных о почвах.

Прикопки (мелкие выемки почвы) служат главным образом для оконтуривания почв различных типов.

В случае необходимости исследовать более глубокие слои почвогрунтов производят зондирование на глубину до 2—3 м с применением легкого ручного бура.

Кроме послойного взятия образцов в почвенных разрезах берут также монолиты в типичных местах. Размеры деревянного ящика, в котором помещается монолит, такие: длина 1 м, ширина 0,2 м, глубина 0,1 м.

Места выработок и отбора образцов, так же как и маршруты почвоведов, должны быть нанесены на план.

В задачу рекогносцировочных почвенных исследований входит общее ознакомление с почвами. Ведут их по маршрутам, выбор направления которых намечается по карте с учетом условий рельефа, растительного покрова, а также удобства сообщения и расположения населенных пунктов; необходимо, чтобы маршруты пересекали водоразделы и долины и по возможности равномерно располагались на площади исследуемого района.

Места для почвенных разрезов выбирают с особой тщательностью, так как число разрезов невелико; при масштабе карты 1 : 500 000 один разрез приходится примерно на 15—20 км².

В задачу облегченных исследований входит составление почвенной карты, масштаб и точность которой устанавливают в зависимости от задания (1 : 500 000—1 : 100 000). На карте требуется произвести оконтуривание районов распространения почв главнейших типов. В горных районах необходимо дать характеристику вертикальной поясности почв. Кроме того, должны быть получены и другие данные, необходимые для составления проектного задания.

Целью подробных почвенных исследований является составление почвенной карты среднего масштаба (1 : 100 000—1 : 25 000), а также получение материалов, необходимых для составления технического проекта. В этом случае почвенная съемка имеет площадной характер, маршруты и профили прокладывают с учетом физико-географических факторов и требований задания. В задачу исследований входит оконтуривание также отдельных «пятен» почвенного покрова. Характеристику почв, их классификацию, определение химических и физических свойств производят с большей подробностью, чем при облегченных исследованиях.

В задачу специальных почвенных исследований входит составление крупномасштабных почвенных карт (1 : 2 000—1 : 10 000) и детальных почвенных профилей, а также организация стационарных наблюдений для изучения специальных вопросов.

При исследованиях обширных районов нередко производят

выборочную съемку типичных малых площадок — «ключей» в более крупном масштабе.

Кроме наземных методов почвенных съемок, применяется также и аэрофотосъемка.

2. Обработка материалов. Почвенные карты

Материалы, полученные в результате полевых работ: дневники, фотографии, образцы почв — послойные и монолиты — должны быть систематизированы, проверены и изучены.

Для углубленной характеристики физических и химических свойств почв производят лабораторные работы, состав и объем которых определяются требованиями проекта.

Основным отчетным документом являются почвенные карты. На них наносят типы почв, а также характеристики почвообразовательных процессов (степень оподзоленности, деградации, засоления, заболоченности). В зависимости от масштаба и задания на карте показывают механический состав, структуру, окраску, трещиноватость, использованность почв и т. д.

Почвенные карты составляют в красках или со штриховкой (рис. 81); для большей наглядности почвенных карт и для удобства пользования ими вводятся также индексы наименований почв.

§ 50. ПРОИЗВОДСТВО ГЕОБОТАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Геоботанические исследования ведут в тесном контакте с почвенными.

Для проведения полевых работ, пользуясь топографическими картами и материалами аэрофотосъемки, намечают маршруты и по ним составляют геоботанические описания. Кроме того, при облегченных и подробных исследованиях закладывают и изучают пробные площадки (1 м², 100 м²) с детальным их описанием.

При исследованиях производят описание растительности и сбор ее образцов для составления гербария.

Кроме наземной геоботанической съемки, может быть использована и специальная аэрофотосъемка для сокращения сроков выполнения работ и уменьшения их стоимости, если исследуются обширные площади, особенно в северных районах тундр, а также в лесных и заболоченных районах.

Материалы полевых геоботанических исследований — полевые журналы, зарисовки, заполненные бланки, фотографии, образцы растений — должны быть разобраны, систематизированы и обработаны.

Основным отчетным документом являются геоботанические карты, на которых оконтуриваются виды растительности в соответствующих масштабах в зависимости от стадии и цели изысканий (1 : 500 000—1 : 5 000); карты оформляют либо

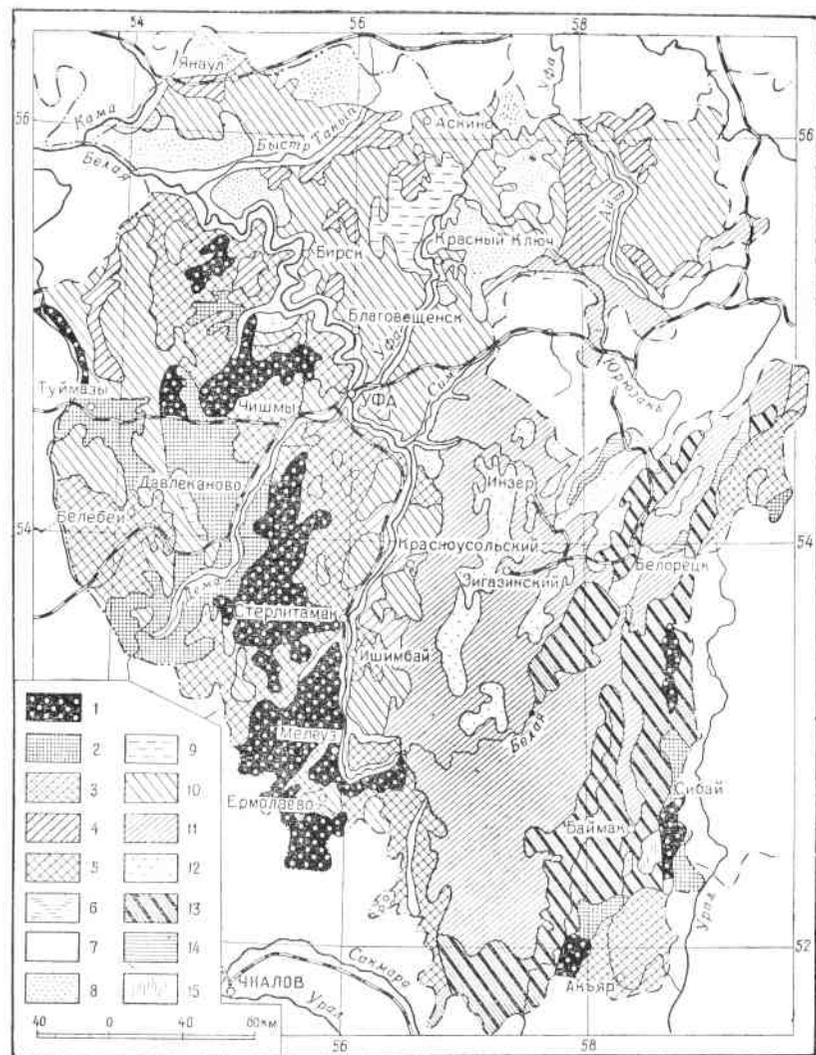


Рис. 81. Почвенная карта (по Х. Я. Тахаеву)
 1—черноземы тучные; 2—черноземы среднегумусные; 3—черноземы малогумусные;
 4—черноземы оподзоленные; 5—черноземы выщелоченные; 6—торфяно-глеевые;
 7—аллювиально-луговые; 8—дерново-подзолистые; 9—дерново-карбонатные и перелугово-карбонатные; 10—серые лесные оподзоленные; 11—серые горно-лесные;
 12—горно-луговые субальпийские; 13—горные черноземы; 14—лугово-черноземные;
 15—солонцы степные

в красках, либо в штрихах. Для большего удобства пользования картой, кроме красочного изображения, проставляются условные знаки и буквы. На рис. 82 показан образец карты растительности.

Для детальных карт могут быть применены дополнительные фигурные знаки, нанесенные на закрашенную (или заштрихованную) площадь.

Необходимо отметить, что геоботанические методы используются и при геологических и гидрогеологических съемках (§ 43, п. 1).

§ 51. ЗАДАЧИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Гидрохимические исследования, в задачу которых входит изучение состава и свойств воды, и гидробиологические исследования, заключающиеся в изучении водных организмов (животных, растений, бактерий), тесно связаны между собой, так как природные воды с содержащимися в них веществами и водные организмы находятся в непрерывном взаимодействии.

При гидрохимических исследованиях собираются материалы для составления проектов гидротехнических сооружений, питьевого и промышленного водоснабжения, проектов рыбохозяйственных, ирригационных, защиты сооружений от коррозии и т. п.; особо изучаются вопросы загрязнения вод.

При гидробиологических исследованиях, входящих в состав гидротехнических изысканий, выявляют условия и характер зарастания вышней водной растительностью (камыш, тростник) русел, пойм, озер; наличие биобрастаний на камнях, сваях, сооружениях, а также «цветения» воды и развитие малярийного комара (анофелогенность). Особо важными являются ихтиологические исследования для изучения вопросов рыбного хозяйства.

Все эти исследования необходимы для разработки мероприятий по борьбе с вредным действием биологических факторов на эксплуатацию водохранилищ и рыбное хозяйство.

§ 52. ПРОИЗВОДСТВО ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Основные положения. Состав работ. Пробы воды

При организации гидрохимических исследований необходимо прежде всего учесть, что вследствие влияния разных факторов химический состав воды неоднороден на различных участках реки; кроме того, он меняется и во времени в зависимости от колебания уровней, расходов, температуры, деятельности человека (загрязнение). Поэтому гидрохимические исследования необходимо вести регулярно, главным образом стационарным методом, на гидрологических станциях.

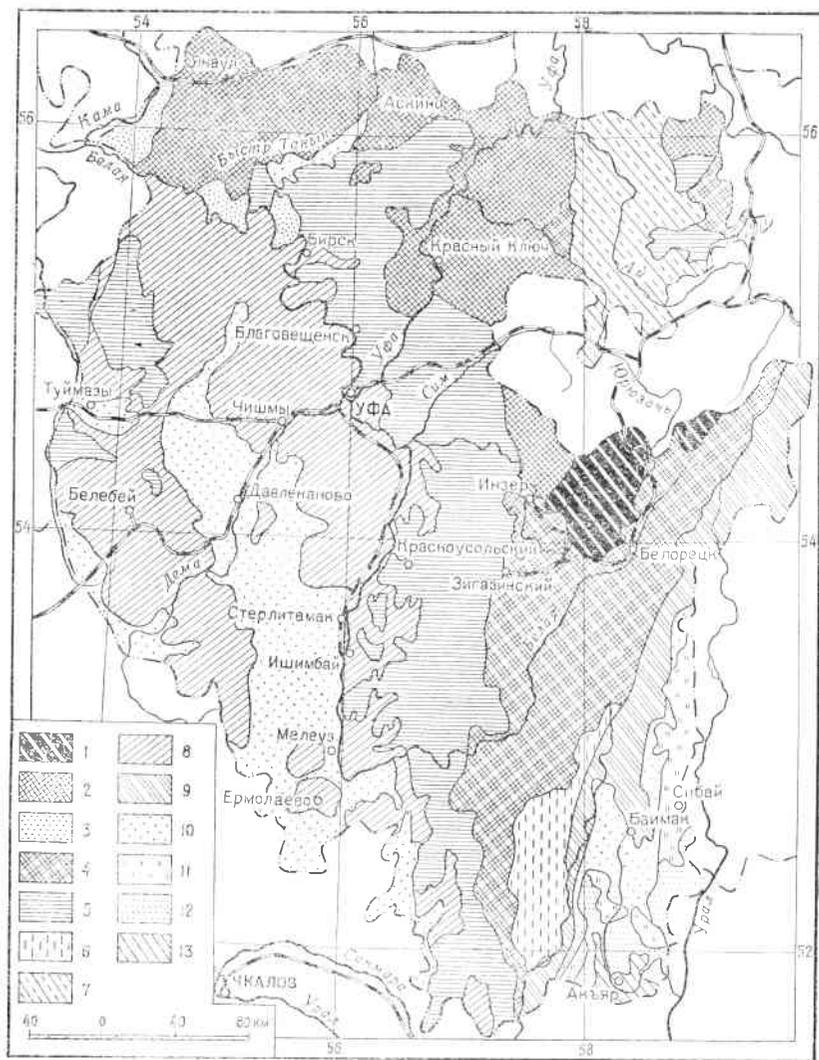


Рис. 82. Карта растительности (по Х. Я. Тахаеву)
 1—елово-пихтовые леса; 2—широколиственные, елово-пихтовые (смешанные) леса;
 3—сосновые леса; 4—сосновые, лиственные и березовые леса; 5—широколиственные
 (дубовые и липовые) леса; 6—березовые леса; 7—сосново-дубово-березовая лесостепь;
 8—березово-дубовая и дубовая лесостепь; 9—березовая и березово-лиственнично-
 сосновая лесостепь; 10—разнотравно-ковыльные степи; 11 и 12—обедненные разнотрав-
 ием; 13—ковыльковые степи

В дополнение к стационарным наблюдениям производят и экспедиционные гидрохимические исследования.

При изучении состава воды определяют следующие главные компоненты:

Анионы: Cl' , SO_4'' , HCO_3' , CO_3'' ;

Катионы: Na' , K , Mg'' , Ca'' , H' ;

Газы: O_2 , CO_2 , H_2S .

Кроме перечисленных компонентов, определяют и другие.

Основными показателями, характеризующими качество воды, являются: общая минерализация (соленость), жесткость, концентрация ионов водорода pH, щелочность, кислотность, агрессивность и окисляемость.

Пробы воды берут в основном гидрометрическом створе на одной из ближайших к берегу вертикалей с заметным течением. Берут две пробы объемом 1—1,5 л: одну — основную, другую — контрольную; при этом необходимо предварительно установить однородность химического состава воды в различных точках живого сечения. Если, например, гидрометрический створ располагается вблизи устья притока, то обычно наблюдается неоднородность химического состава воды в данном створе, что свидетельствует о недостаточно полном смешении вод главной реки и притока.

Пробы берут посредством батометра или бутылку, опускаемой на лине и закрываемой специальной пробкой.

Моменты и сроки взятия проб для химического анализа устанавливают следующие: летом — при низком уровне и во время паводков; перед ледоставом; в конце зимы; весной — на пике паводка. Сроки взятия проб уточняют на основании детального ознакомления с режимом реки; желательно брать пробы воды более часто, например ежемесячно, с учетом характера колебаний уровней и расходов; при взятии проб обязательно измеряют расход или уровень воды в створе водомерного поста.

2. Определение главнейших компонентов, общей минерализации и физических свойств воды

Методы определения перечисленных в п. 1 компонентов описываются в специальных руководствах.

Необходимо лишь отметить, что для определения общей минерализации нередко пользуются косвенным приемом — измеряют электропроводность воды, так как между степенью минерализации воды и ее электропроводностью существует определенная зависимость. Для измерения электропроводности применяют установки с электродом в схеме с мостиком сопротивления.

По этой схеме для полевых изысканий ВНИИ Водгео сконструирован специальный прибор термокаппафон (рис. 83). Прибор имеет приемную часть (патрон), которую опускают в реку или скважину. Пользуясь этим прибором, можно измерить общую минерализацию воды в полевых условиях в любой точке потока, не отбирая проб воды. Одновременно с электропроводностью прибором измеряется и температура воды посредством электротермометра сопротивления, который помещен в приемной части; отсчеты показаний измерений электропроводности и температуры воды производятся по разным шкалам.

Полученные полевые данные удельной электропроводности пересчитывают на одну и ту же температуру (обычно 18°) для возможности сравнения результатов.

Общая минерализация воды может быть определена также и путем выделения из пробы в фарфоровой или платиновой чашке выпариванием на водяной бане профильтрованной воды.

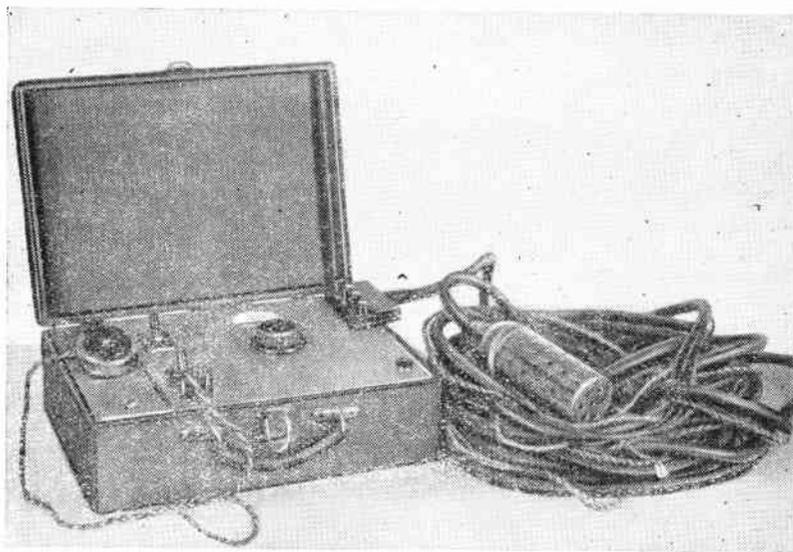


Рис. 83. Термокаппафон

Выпаренный сухой остаток высушивают до постоянного веса при температуре до 110°.

Ввиду малой точности этого метода в последнее время общую минерализацию вычисляют как сумму солевых ионов Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} ($Na^+ + K^+$).

Кроме гидрохимических, производят определения и физических свойств воды: температуры, прозрачности, цветности, запаха и вкуса.

3. Специальные вопросы гидрохимических исследований. Оценка качества воды

Специальным вопросом является исследование неоднородности состава воды в живом сечении реки на отдельных участках. Такая неоднородность наблюдается главным образом на участках впадения притоков или спуска сточных вод.

Специальному исследованию подлежит также изменение минерализации воды в устьевых участках рек при наличии приливов и отливов, стогно-нагонных явлений и подпора водохранилищ.

Представляют большой интерес исследования кислорода в воде, так как с его недостатком связаны явления замора рыбы.

Кроме указанных выше исследований, производят определение химического (солевого) стока реки (стока растворенных наносов) в соответствующих гидрометрических створах (см. § 20). Эти методы описываются в курсах гидрометрии.

Необходимо отметить, что нередко может быть установлена приближенная связь между расходами воды и минерализацией воды в реке, как это видно из графика рис. 84. На оси y отложены расходы воды Q в $m^3/сек$, а по оси x — величины $\frac{1}{S}$, где S — общая минерализация в $г/м^3$ ($мг/л$). Таким

образом, имея кривую $\frac{1}{S} = f(Q)$ и определив величину общей минерализации воды S в данном створе, можно найти Q , не проводя измерения расхода.

На основании произведенных гидрохимических и гидробиологических (см. ниже) исследований и изучения полученных материалов должно быть составлено заключение, содержащее оценку качества исследованных вод в отношении использования их для водоснабжения, ирригации, рыбного хозяйства, а также в отношении их агрессивности.

Наряду с этим должны быть рассмотрены также вопросы, относящиеся к загрязнению вод сточными, бытовыми и промышленными водами. В последнем случае должны быть учтены «Санитарные правила» и «Нормы спуска сточных вод».

§ 53. ПРОИЗВОДСТВО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В задачи гидробиологических исследований при гидротехнических изысканиях входит: качественная и количественная характеристика реки (озера) в водохозяйственном и рыбохозяйственном отношении; установление связей между биологическими, гидрологическими, физико-химическими и физико-географическими факторами, получение материалов для реконструкции рыбного хозяйства (ихтиологические исследования), а также для со-

ставления проектов рыбохозяйственных и технических мероприятий при водохозяйственном использовании реки, в частности проектов рыбопропускных устройств и мероприятий, связанных с рыбным хозяйством в создаваемых водохранилищах.

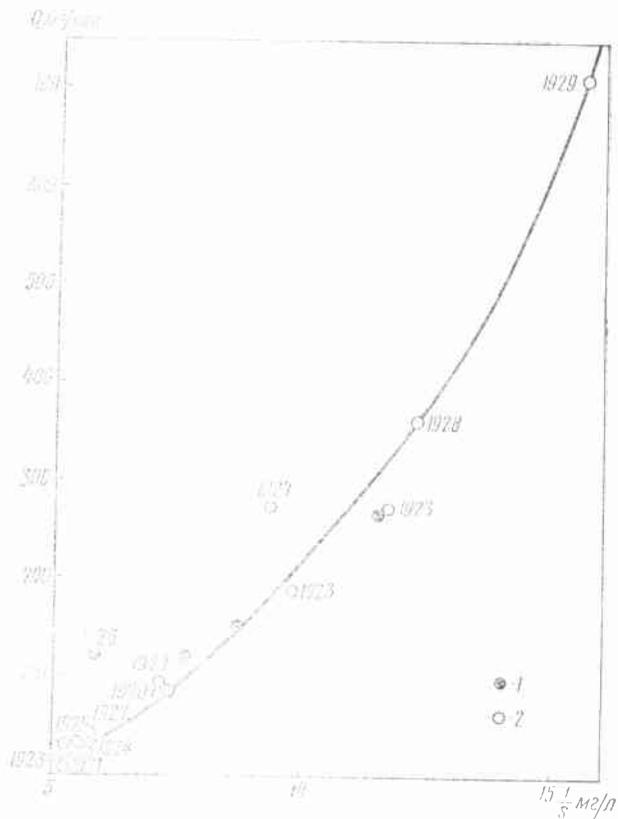


Рис. 84. Кривая связи между расходом воды и величиной, обратной сухому остатку, для Москвы-реки (по В. П. Пиварелис)
1—подъем; 2—спад

При икhtiологических исследованиях используют материалы, полученные в результате изучения гидрофлоры и гидрофауны, и производят специальные работы: наблюдения и сборы материалов по миграции и нересту рыб; изучение влияния хозяйственной деятельности человека на рыбные промыслы (сооружений — плотин, гидростанций, мельниц, спуска сточных вод, загрязнения воды нефтью); сбор материалов для характеристики рыбных промыслов; наблюдения в связи с проектированием и эксплуатацией рыбопропускных сооружений.

Если намечается использовать воды для водоснабжения, то производится также бактериологический анализ, который заключается в определении количества бактерий как показателей загрязнения.

При использовании заболоченных рек с малыми скоростями течения, речных пойм, староречий, заливов, озер, водохранилищ изучают также высшую водную растительность, в состав которой входят все виды растущих в воде растений: камыш, тростник, хвощ и др.

Исследования высшей водной растительности, хотя обычно и объединяются с геоботаническими, но производятся самостоятельно гидробиологами.

Эти исследования имеют целью разработку средств борьбы с растительностью, затрудняющей судоходство на реках, или устранение зарастания озер и водохранилищ.

Наряду с вопросами зарастания водоемов исследованию подлежит и такое гидробиологическое явление, как «цветение» воды, вызываемое массовым развитием низшей водной растительности — водорослей.

Б. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ (ОБЛЕГЧЕННЫЕ) И РЕКОГНОСЦИРОВОЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕК

Глава XII. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ (ОБЛЕГЧЕННЫЕ) ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

§ 54. ЗАДАЧИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ (ОБЛЕГЧЕННЫХ) ИЗЫСКАНИЙ. СОСТАВ РАБОТ. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РЕКОГНОСЦИРОВКА

Предварительные (облегченные) изыскания производят с целью получения материалов, необходимых для составления проектного задания водохозяйственного использования рек.

Они отличаются от подробных изысканий объемом и меньшей точностью работ. Состав работ в основном тот же.

Ниже дается краткое описание лишь некоторых работ: предварительной рекогносцировки, топографо-геодезических, промерных и гидрологических работ. Что касается других, то краткие указания по их производству приведены в предыдущих главах.

Предварительная рекогносцировка исследуемого участка реки ведется с целью общего ознакомления с характером реки и получения сведений, необходимых для организации изысканий, если предварительным изысканиям не предшествовали рекогносцировочные. Одновременно с этой рекогносцировкой могут быть организованы дополнительные водомерные посты и гидрометрические станции, а также проверена работа существующих.

Для реконсировки большую ценность имеют материалы аэрофотосъемки.

§ 55. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ. ПРОМЕРНЫЕ РАБОТЫ

1. Опорная сеть. Масштабы съемки

Состав и объем геодезических и топографических работ в значительной мере зависят от требований проекта.

Если на исследуемой реке проектируется устройство плотин и создание водохранилищ, то плановое обоснование и масштабы съемок устанавливаются следующие.

При производстве изысканий в обжитых районах, если в районе исследований имеется опорная государственная сеть, производится инструментальная съемка в масштабе 1:25 000 с сечением горизонталей через 2—5 м. Если река крупная, особенно когда пойма ее отличается большой шириной, то вместо масштаба 1:25 000 применяют масштаб 1:50 000 с сечением горизонталей через 5—10 м. При исследованиях малых рек с поймой, имеющей небольшую ширину, съемка производится в масштабе 1:10 000 с сечением горизонталей через 1—2 м.

Нередко площадь проектируемого водохранилища снимается в более мелком масштабе (1:25 000, 1:50 000), а русло — в масштабе 1:10 000.

При отсутствии пунктов государственной опорной сети для обоснования съемки необходимо прокладывать триангуляцию III—V классов с заменой ее в соответствующих случаях полигонометрией в зависимости от протяженности съемки, ширины полосы съемки и условий местности. При узкой полосе съемки и закрытой местности следует отдавать предпочтение полигонометрии, а также методу геодезических засечек.

В случае большого объема съемочных работ иногда приходится ограничивать съемку рельефа поймы проложением в характерных местах поймы нивелирных поперечных профилей.

Если в состав исследований входит съемка в местах проектируемых сооружений, то она производится в масштабе 1:10 000 или 1:5 000 с сечением горизонталей через 1—2 м. Надо добавить, что масштаб зависит от вида сооружений и их размеров.

При изысканиях в малозаселенных районах, где не имеется государственной триангуляции, для получения опорных точек ограничиваются определенным астрономическим пунктом II класса, например через 50 км, с проложением между ними полигонометрических ходов или триангуляции V класса. Метод производства съемки, а также ее масштабы такие же, как в описанном выше случае.

Если в дальнейшем предполагается перейти к подробным изысканиям (в связи с составлением технического проекта), то для обоснования съемки прокладывают триангуляционную или полигонометрическую сеть III, IV класса.

При изысканиях в связи с использованием рек в свободном состоянии, для планового обоснования съемки применяют мензурально-дальномерные и теодолитно-дальномерные ходы, теодолитные ходы, микротриангуляцию, триангуляцию V класса и графическую триангуляцию.

Масштабы съемки русла и береговой полосы шириной 75—100 м принимают: для рек шириной до 100 м — 1:2 000 — 1:5 000; от 100 до 500 м — 1:5 000 — 1:10 000 и более 500 м — 1:10 000 — 1:25 000; для мощных рек может быть применен масштаб съемки 1:25 000. Съемка поймы до незатопляемых террас производится упрощенными методами в масштабе 1:10 000 или 1:25 000, в зависимости от ширины поймы. При этом если судоходные условия реки намечается улучшить посредством дноуглубления, то объем съемки поймы можно сократить.

Во всех случаях следует рекомендовать применение аэрофотосъемки.

2. Высотное обоснование

Для высотного обоснования производят нивелирование IV класса. Если изыскания ведутся в связи с проектированием плотин на реке, то при значительной ее протяженности и отсутствии государственной опорной сети производят нивелирование III класса, в особенности если река равнинная и намечаются подробные изыскания для обоснования технического проекта. Нивелирование производится двойное, по реперам, так же, как и при подробных исследованиях (см. § 10).

3. Промерные работы

Если промеры глубин производят лишь с целью выяснения рельефа дна, без учета требований судоходства, то расположение промерных профилей и расстояние между промерными точками устанавливают с таким расчетом, чтобы рельеф дна был исследован с той же подробностью, что и береговая полоса. В этом случае на основании промерных данных на плане русла можно провести требуемые горизонталы.

Если же намечается использовать реку в свободном состоянии для судоходства, то расстояние между промерными профилями и галсами, а также расстояние между промерными точками должны удовлетворять более строгим требованиям. Обычно расстояние между промерными профилями на плесах принимают равным $0,75 B$ (но не более 600 м), а на перекатах $0,25 B$ (но не более 300 м), B — ширина реки.

Что касается приборов для измерения глубин, методов производства промерных работ и их обработки, то в основном они такие же, как и при подробных изысканиях (см. гл. VI).

§ 56. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРОЧИЕ РАБОТЫ

Ниже дается краткая характеристика гидрологических и других работ с указанием их особенностей по сравнению с описанными в предыдущих главах работами.

Устройство водомерных постов и производство водомерных наблюдений на них по типу и точности работ ничем не отличаются от принятых при подробных изысканиях. Это относится также к наблюдениям на передвижном водомерном посту.

Приведение полевых измерений к срезочному (условному) уровню производится по одному из способов, описанных в § 18, с той лишь разницей, что расстояния между пронивелированными точками срезочного уровня могут быть несколько большими.

Гидрометрические измерения проводят с целью охарактеризовать водоносность исследуемой реки на всех ее участках, значительно отличающихся один от другого расходом воды, и по возможности при большей амплитуде колебаний уровней. Расходы при низком и высоком уровнях должны быть в указанных выше местах определены обязательно.

Число и разряд вновь организуемых гидрометрических станций и створов зависят от местных условий, наличия опорных станций, длины участка, мощности притоков.

Методы определения скоростей течения и расходов воды ничем существенным не отличаются от применяемых при подробных изысканиях.

Наблюдения над наносами производят по сокращенной программе, особенно в части изучения донных наносов. Методы наблюдений и приборы такие же, как и при подробных изысканиях. Сокращение программы заключается главным образом в том, что уменьшается число измеряемых расходов взвешенных наносов, дождевые же наносы изучаются преимущественно на горных реках и вообще в случаях, когда они имеют существенное значение в стоке наносов.

Изучение формирования русла производят в тех случаях, когда предполагается использовать реку для судоходства с применением выправительных и дноуглубительных работ, а также если требуется изучить изменения в русле в верхнем и нижнем бьефах проектируемых гидроузлов. Для этой цели организуют русловые станции на наиболее затруднительных перекатах или группах перекатов.

Изучение температурного режима осеннего ледохода, процесса замерзания реки, ледо-

става, зимнего состояния, вскрытия реки и весеннего ледохода производят по сокращенной программе (по сравнению с описанной в гл. VIII) с учетом особенностей режима реки и требований проекта.

Все другие работы, которые входят в состав подробных изысканий рек, являются также составной частью предварительных (облегченных) изысканий. Сюда относятся метеорологические наблюдения, геологические, геоморфологические, гидрогеологические, почвенные и геоботанические, гидрохимические и гидробиологические.

Они отличаются от аналогичных работ, производимых при подробных изысканиях, уменьшением объема и точности, о чем есть соответствующие краткие указания в предыдущих главах.

Глава XIII. РЕКОГНОСЦИРОВОЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕК

§ 57. ПРОИЗВОДСТВО РЕКОГНОСЦИРОВОЧНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

1. Задачи изысканий. Подготовительные работы

В задачи рекогносцировочных изысканий входит получение материалов, необходимых для составления технико-экономического доклада использования исследуемой реки для энергетики, водного транспорта, мелиорации, водоснабжения и т. д. Рекогносцировочные изыскания производятся также, если необходимо общее гидрографическое и техническое освещение рек на значительном протяжении в короткий срок. Этот метод можно применять также в составе предварительных (облегченных) изысканий для характеристики отдельных второстепенных притоков, рукавов и староречий, расположенных вне пределов основных съемок.

Как по методике производства, так и по объему работ рекогносцировочные изыскания резко отличаются от описанных выше подробных и предварительных (облегченных). При производстве рекогносцировочных изысканий приходится широко пользоваться не только методами упрощенных инструментальных съемок, но также полунструментальных и глазомерных; объем работ резко сокращается.

Во время предварительных камеральных работ, кроме детального ознакомления с имеющимися материалами, в том числе и с материалами аэрофотосъемок, составляют карту исследуемого участка реки по этим материалам в масштабе 1:100 000 — 1:50 000 или крупнее, если не имеется карт соответствующего масштаба. Такую карту получают путем увеличения существующих карт более мелкого масштаба.

Необходимо также собрать сведения об астрономических и триангуляционных пунктах, о реперах в районе рекогносцировки.

2. Основные методы производства рекогносцировочных изысканий

Рекогносцировочные изыскания проводятся следующими методами: 1) съемка с реки (с лодки, парохода); 2) съемка с берега; 3) аэрофотосъемка.

Если возможно произвести маршрутную аэрофотосъемку в пределах участка, реки, подлежащего рекогносцировочному исследованию, а также если можно составить фотоплан или фотосхему участка по материалам залетов, которые были выполнены для общегосударственного картографирования, надобность в наземной съемке берегов и прилегающей к ним части долины отпадает. Фотоплан или фотосхема служит в этом случае основой для съемки русла реки, т. е. для промеров глубин. При отсутствии аэрофотосъемочных и вообще надежных плановых материалов применяют другие, указанные выше, методы.

При съемке реки с лодки (парохода) применяются следующие методы изысканий:

а) буссольно-глазомерная рекогносцировка с измерением длин линий по ходу лодки;

б) буссольно-дальномерная рекогносцировка с измерением длин линий посредством дальномера, устанавливаемого в лодке;

в) морская съемка с парохода — при исследованиях больших рек.

Нивелирование. Для составления продольного профиля, если он не может быть составлен по имеющимся данным, производят нивелирование либо V класса, либо барометрическое; иногда ограничиваются нивелированием на отдельных характерных участках реки.

Промер глубин производится либо продольный, либо по косым галсам, без засечек.

Гидрологические работы ограничиваются устройством небольшого числа водомерных постов и определением отдельных расходов воды; собирают также данные для характеристики наносов, зимнего режима и других условий гидрологического режима.

Геологические, гидрогеологические и другие работы производятся, как описано в предыдущих главах.

3. Отчетные документы

Отчетными документами являются: пояснительная записка, содержащая, кроме описания общего характера реки, краткое изложение необходимых для ее использования технических мероприятий, а также общие экономические данные о районе, омываемом рекой; карта бассейна; планы реки; продольный профиль; поперечные профили; гидрологические и метеорологические данные; инженерно-геологические данные; почвенные, геоботанические, гидрохимические, гидробиологические краткие данные; сведения об использовании реки и о сооружениях; альбом фотографических снимков; образцы горных пород, гербарий и т. п.

Раздел третий. ИЗЫСКАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕР И ВОДОХРАНИЛИЩ

Глава XIV. ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕР

§ 58. ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ. СОСТАВ РАБОТ

1. Задачи и классификация исследований озер

В настоящей главе излагаются методы комплексного исследования озер в целях использования их для энергетики, судоходства, орошения и водоснабжения с учетом требований, предъявляемых проектированием.

Исследования озер могут быть подразделены: по целевому назначению — на комплексные, водоэнергетические, воднотранспортные, ирригационные и др.; по степени подробности в соответствии со стадиями проектирования — на подробные, предварительные (облегченные) и рекогносцировочные.

Ниже описываются методы подробных комплексных исследований озер.

2. Состав работ. Полевые работы

В состав исследований озер входят: камеральные предварительные и организационные работы, полевые, камеральные окончательные (обработка материалов) и лабораторные.

Из перечисленных работ остановимся лишь на полевых, так как другие не отличаются существенно от аналогичных работ, описанных в предыдущих главах, производимых при исследовании рек.

В состав полевых работ входят:

- 1) геодезические и топографические работы;
- 2) промерные работы;
- 3) гидрологические работы;
- 4) метеорологические работы;
- 5) инженерно-геологические (геологические, геоморфологические и гидрогеологические работы);
- 6) изучение водного баланса озера;
- 7) почвенные и геоботанические работы;
- 8) гидрохимические и гидробиологические работы;

9) разные работы (сбор дополнительных сведений, фотоработы);

10) общие исследования бассейна озера и его рек; изучение морфологии озера;

11) специальные изыскания и исследования (в зависимости от задания и требований проекта).

При исследованиях озер выполняют не все перечисленные работы, а в зависимости от целей исследований (водноэнергетические, воднотранспортные, ирригационные и др.).

Для детального специального изучения озер организуют стационарные наблюдения на озерных (лимнологических) станциях, действующих в течение ряда лет. Во многих случаях озера исследуют экспедиционным способом с оставлением на месте необходимых наблюдательных постов.

§ 59. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

1. Проложение опорной сети и нивелирование

При исследованиях средних и больших озер для получения плановых опорных точек применяют преимущественно триангуляцию соответствующего класса с соблюдением требований, изложенных в гл. V. На рис. 85, а и б даны примеры проложения триангуляционной сети.

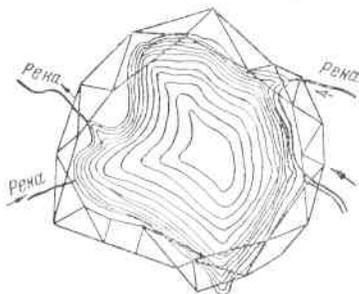
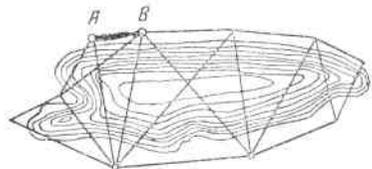


Рис. 85. Схемы триангуляции

При наличии пунктов опорной государственной сети необходимо произвести сгущение сети, а затем вести съемку обычными способами.

Выбор класса нивелирования (II, III, IV) зависит от длины хода, наличия реперов государственной нивелирной сети и требований задания.

При нивелировании реперов определяют отметки уровня воды; при этом записывают место и время (часы, минуты) определения отметки. Расстояние между определяемыми отметками допускается не более 2 км; в районах впадения и истоков рек отметки определяют чаще.

Расстояние между определяемыми отметками допускается не более 2 км; в районах впадения и истоков рек отметки определяют чаще.

2. Съемка

Съемка ведется в общем с применением тех же приемов, которые описаны в гл. V. Масштаб и объем съемки определяются требованиями проекта. Съемку необходимо произвести в пределах озерной котловины выше наивысшего уровня или выше проектируемого подпорного горизонта. Если объем съемки приходится ограничивать по тем или иным причинам, то для общей характеристики озерной котловины необходимо не реже, чем через 3—5 км разбивать в характерных местах поперечные профили выше наивысшего уровня или проектируемого подпорного горизонта и производить по этим профилям нивелирование.

Целесообразно применять аэрофотосъемку.

§ 60. ПРОМЕРНЫЕ РАБОТЫ

1. Объем промерных работ

При промерах глубин в озерах более детально исследуют (рис. 87) побережье и береговую отмель, места размещения водозаборов, а также те озерные фарватеры,

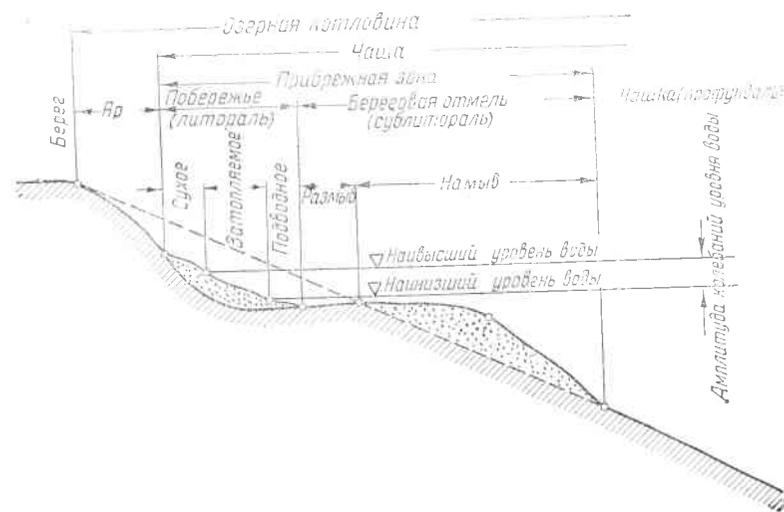


Рис. 86. Расчленение озерной котловины

направления и акватории, которые могут иметь значение для судоходства. Что касается углубленной части озера — чашки (профундали), то промеры ее можно производить менее подробно.

Промеры прибрежной зоны производят на ширину, определяемую характером глубин и заданием. Эта ширина зависит от размеров озера и принимается, например, равной 100—120 м, считая от уреза межених вод; для судоходства

можно наметить еще одну норму, а именно: более подробные промеры должны быть доведены от уреза до зоны, где возможно транзитное судоходство, а для водозаборов, — где возможно расположение порога нижнего пояса отверстий.

При большом уклоне откоса береговой отмели расстояния между промерными профилями не должны превышать 200—300 м, а при пологом уклоне — 100—200 м. В местах же расположений пристаней, портов, а также в истоках рек, вытекающих из озера, и в устьях впадающих в него рек указанное расстояние уменьшается до 50—100 м.

Расстояния между отдельными точками на профиле (галсе) не должны превышать 20—40 м при крутом и 10—20 м при пологом и мелком побережье.

Приведенные нормы должны уточняться с учетом размеров озера, сложности рельефа дна озера, масштаба съемки и требований задания.

При промерах чашки озера расстояние между промерными профилями и точками должно быть таким, чтобы можно было нанести на планах горизонтали и изобаты через 1—5 м, в зависимости от глубины озера и масштаба съемки.

2. Приборы и суда для промеров глубин в озерах.

Разбивка профилей и определение положения промерных точек

Для промеров глубин в озерах применяют приборы: наметку, ручной лот, рыбалот, эхолот; иногда (сравнительно редко) применяют и специальные озерные лоты.

Промеры ведутся либо с гребной или моторной лодки (шлюпки), либо с парохода. Промеры эхолотом производятся преимущественно с быстроходных катеров, имеющих хорошую остойчивость, что дает возможность работать даже при свежем ветре.

Разбивка промерных профилей (галсов) производится следующим образом.

Если озеро вытянуто в длину, то профили следует разбивать в поперечном направлении приблизительно нормально к продольной оси озера. Если форма озера приближается к круглой, то разбивку профилей производят в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Если озеро состоит из нескольких частей, соединенных сравнительно узкими проливами, то каждая часть изучается особо.

Промерами по профилям, пересекающим озеро, исследуется общий рельеф его дна. В некоторых случаях этим ограничивают работы по производству промеров озера. Если же требуется обследовать более подробно прибрежную полосу, то необходимо произвести промеры по дополнительным профилям (галсам), направление которых может и не совпадать с направлением основных профилей, проложенных через все озеро.

Способы определения положения промерных точек те же, что применяются при промерах рек (см. гл. VI); с берега — одним или двумя инструментами (мензулой, теодолитом) — или со шлюпки, моторной лодки и т. п. — посредством секстана; могут быть применены также засечки посредством радиолога (§ 12, п. 2), радиодальномеров и др.

§ 61. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

1. Состав наблюдений. Наблюдения над колебаниями уровней. Срезка

Для производства гидрологических работ организуют водомерные посты и озерные гидрологические станции.

Наблюдения на постах ведут с берега (прибрежные наблюдения), а на станциях к ним добавляют рейдовые наблюдения, т. е. на вертикалях, располагаемых в отдалении от берега.

Кроме того, в некоторых случаях наблюдения производят на профилях, прокладываемых через озеро от берега до берега, на так называемых разрезах.

Как известно, колебания уровня воды имеют годовой ход, в зависимости от поступления воды в озеро и потерь воды из озера в разные периоды года. Кроме годовых колебаний, наблюдаются и так называемые вековые колебания, вызываемые изменениями в условиях питания озера (например, усыхание его), геологическими факторами (поднятие, опускание озерной котловины и др.). Колебания уровня воды происходят также под влиянием ветров, так называемые нагоны и сгоны. Наконец, надо отметить еще ритмические колебания уровня воды в течение суток, называемые сейшмами, когда колеблется вся масса воды под влиянием быстрых изменений давления воздуха в разных пунктах на поверхности озера.

Для изучения перечисленных колебаний уровня воды озера в начале исследований устраивают, как указано выше, вodomерные посты, типы которых ничем не отличаются от тех, которые применяют при исследовании рек; число постов зависит от размеров и формы озера, наличия притоков, особенностей гидрологического режима, а также от задания. Для наблюдений над сейшмами, нагонами, сгонами рекомендуется устанавливать самонаписцы уровня (лимниграфы).

Водомерные наблюдения используют как для характеристики гидрологического режима (главным образом уровнями), так и для приведения промеров глубин и съемки к среднему уровню. В качестве такого уровня желательно принять средний годовой, выведенный на основании многолетних наблюдений. Можно также принять уровень, имеющий определенную (заданную) обеспеченность. Если нет соответствующих данных,

то его приводят к низкому устойчивому уровню, по возможности к наименьшему, который наблюдался во время работ в тихую погоду, стоявшую не менее двух-трех дней подряд.

2. Размещение рейдовых вертикалей и разрезов и порядок наблюдений

Кроме прибрежных, на постах ведут и наблюдения на отдельных вертикалях (рейдовые наблюдения) и на разрезах.

Вертикали выбирают в характерных местах озера: в районах побережья (литораль), береговой отмели (сублитораль), чашки озера, заливов, истока реки из озера, устьев наиболее значительных рек, впадающих в озеро, и др.

Разрезы назначаются по направлениям характерных продольных и поперечных сечений озера, в заливах против устьев главнейших рек.

3. Наблюдения над течениями

Для определения направления течений и их скоростей применяют поплавки или вертушки.

При изучении скоростей течений и их направления посредством поплавков можно применять способ засечек с берега двумя инструментами с базиса и способ засечек с лодки тоже двумя инструментами (секстанами). В последнем случае лодка с двумя наблюдателями движется вблизи поплавок (конечно, не нарушая его движения), причем производятся засечки посредством секстанов на знаки, установленные на берегу и нанесенные на план с измерением двух углов (задача Потепота). Можно применять и радиогодезические методы.

Скорости и направления течений изучают систематически посредством вертушек (типа морских), которые имеют приспособления для измерения скорости и направления течения.

При исследованиях течений больших озер можно применять специальные автоматические вертушки, снабженные устройством для записи скоростей и направления течений на требуемых глубинах; продолжительность непрерывного действия таких вертушек может быть значительной (1 месяц и более).

4. Гидрометрические работы на реках, впадающих в озеро, и на реках, вытекающих из озера

Гидрометрические работы на главнейших реках, впадающих в озеро, и на реке, вытекающей из озера, проводят для получения характеристики гидрологического режима этих рек и данных для составления водного баланса. Кроме того, в ряде случаев требуется получить материалы для проектов водохозяйственного использования этих рек. С этой целью организуют на

реках водомерные посты и гидрометрические станции. В состав работ станций включаются также метеорологические и другие наблюдения. Число станций и программа их работ зависят от обширности бассейна и особенно от требований проекта.

5. Наблюдения над волнением

Общие данные. Объем и состав наблюдений над волнением зависят как от размеров озера, так и, в особенности, от того, для каких целей изучается волнение: для целей судоходства, проектирования портовых, берегоукрепительных и других сооружений, для исследования действия волны на формирование берегов, передвижение наносов и т. д. Исследования волнения производят либо систематические, либо время от времени (спорадические); они могут быть глазомерными (визуальными) или инструментальными, береговыми или судовыми.

При наблюдениях определяют следующие элементы волны: высоту, период, быстроту¹, длину, направление и давление волны на сооружение или берег.

Надо отметить, что на выбор места для наблюдения над волнением следует обратить большое внимание, так как на размеры волн влияют сила и направление ветра, длина разгона волны, глубина водоема и др.

Береговые наблюдения над волнением производят различными способами, посредством волномерных вех, из которых ниже описываются лишь наиболее употребительные.

Волномерные вехи применяют следующих трех видов: стационарные, пловучие свободные и пловучие полусвободные.

Стационарная волномерная вежа (рис. 87) представляет собой деревянную или металлическую сваю (мачту) с делениями через 0,1—0,2 м. Для измерения высоты волны производят отсчеты верхнего положения вершины и нижнего положения подошвы волны; разность отсчетов определяет высоту волны. Чтобы правильно охарактеризовать волнение, число отсчетов должно быть значительным — до 100 (две группы по 50 наблюдений) и более.

Необходимо обратить внимание на прочность закрепления волномерной вехи, для чего обычно применяют растяжки в виде тросов, которые прикрепляют к бетонным массивам, опускаемым на дно озера; можно прикреплять растяжки и к сваям, забиваемым в дно.

Свободная пловучая волномерная вежа (мачта с делениями) (рис. 88, а) имеет на конце груз, к которому при-

¹ Так как волнение представляет собой колебательное движение, то в отличие от скорости применяется термин «быстрота» (скорость перемещения формы волны).

креплен тонкий трос, соединенный с квадратной рамкой; на рамку натянута парусина и к ней подвешен дополнительный груз для обеспечения вертикальной устойчивости рейки. Рамка устанавливается на такой глубине, чтобы рейка не смещалась в вертикальном направлении на величину, превышающую точность от-

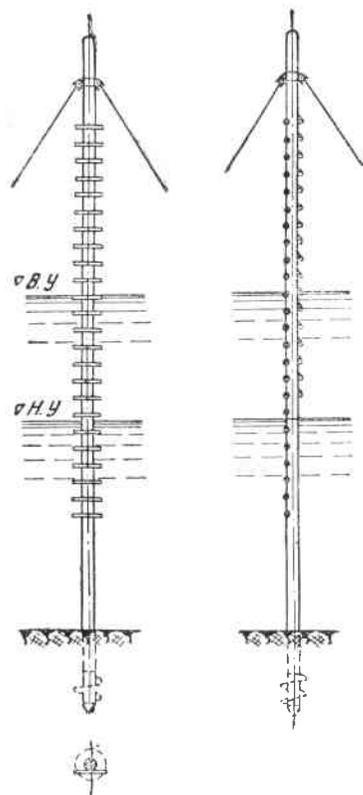


Рис. 87. Стационарная волномерная вежа

счета. Для большей точности наблюдений лучше соединить вежу непосредственно с рамкой (рис. 88, б) (предложение ГГИ).

Полусвободные пловучие волномерные вежи отличаются от пловучих свободных веж тем, что устанавливаются на якорь. Гидрографическая волномерная вежа (рис. 89, а) снабжается в нижней части деревянным барабаном, вежа ГГИ — деревянным кругом большого диаметра (рис. 89, б), вежа системы А. П. Лойдиса имеет заякоренные растяжки (рис. 89, в).

Веерные волномерные створы представляют собой установленные в вершинах пятиугольника со сторонами длиной K (рис. 90) заякоренные буйки. Наблюдения над волнением производят по тому из створов, положение которого приблизительно нормально к фронту волны.

Судовые наблюдения над волнением имеют то преимущество перед береговыми волномерными наблюдениями, что с них можно производить наблюдения в любом районе озера.

Необходимо добавить, что характер волнения в прибрежном

районе озера отличается от волнения в удаленных от берега районах, где наблюдаются значительные глубины.

Волномерные наблюдения производят с судна, устанавливаемого на якорь, или на ходу.

Для измерения высоты волны с судна можно применять пловучую волномерную свободную вежу (рис. 88).

Измерения длины волны на ходу можно производить следующим способом.

На палубе судна разбивают базис длиной L с двумя створами по его концам. Судно устанавливают нормально к фронту

волны. Два наблюдателя (один в первом створе, другой — во втором) отмечают по секундомеру моменты прохождения гребней волны через створы: первый наблюдатель — t_1, t_2, t_3, \dots и второй наблюдатель — t'_1, t'_2, t'_3, \dots . Тогда период волны τ будет равен

$$\tau = \frac{(t_2 - t_1) + (t_3 - t_2) + \dots}{n} \quad (30)$$

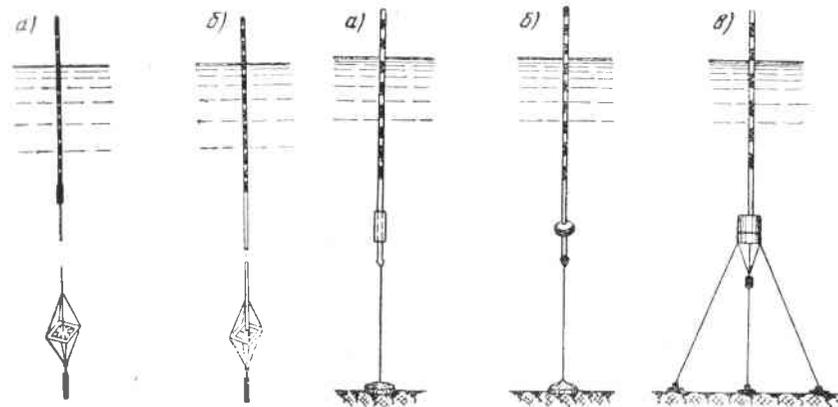


Рис. 88. Свободные волномерные вежи

Рис. 89. Полусвободные волномерные вежи
а—гидрографическая; б—ГГИ; в—буй А. П. Лойдиса

Время T прохождения гребнем волны расстояния L равно

$$T = \frac{(t'_1 - t_1) + (t'_2 - t_2) + \dots}{n} \quad (31)$$

Быстрота волны равна

$$v = \frac{L}{T} \quad (32)$$

Длина волны

$$\lambda = v\tau \quad (33)$$

Если измерения производят на ходу судна, скорость которого равна u , то формула (33) примет вид

$$\lambda = (v \pm u)\tau \quad (34)$$

где знак плюс или минус принимается в зависимости от того, в каком направлении идет судно: против волны (—) или по волне (+).

Стереометрическая (фототеодолитная) съемка волнения может производиться как с берега, так

и с судна. Этот способ изучения волнения должен быть признан наиболее совершенным.

Для съемки пользуются двумя фототеодолитами, установленными по концам базиса (рис. 91). Более совершенные результаты получаются при применении специального агрегата, состоящего из двух фототеодолитов; каждый фототеодолит снабжен кассетой, содержащей 60 м фотопленки, благодаря чему можно произвести 180 снимков размерами 30×30 см, с интервалами 4—50 сек.; управление затворами производят посредством переносного командного электрического прибора с любого пункта на судне. Фототеодолиты устанавливаются на жесткой стальной поперечине 2.

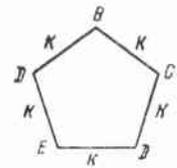


Рис. 90. Веерные створы

В результате съемки и ее обработки получается план водной поверхности озера в горизонталях через 0,2, 0,25 м; масштаб планов: 1 : 1 000, 1 : 500 (рис. 92), пользуясь планом, можно произвести измерение высоты и длины волн (по профилям).

Кроме фототеодолитной съемки волнения с судна, можно применить и аэрофотосъемку, достоинством которой является прежде всего большой охват волнующейся поверхности.

Приборы для изучения волнения. Для более детального изучения волнения широко применяют самопишущие приборы — так называемые волнографы, которые непрерывно регистрируют высоту и длину волн. Конструкции волнографов весьма разнообразны.

Поплавочный волнограф «Ильмен» (рис. 93) имеет приемник в виде поплавка, перемещающегося вверх и вниз при волнении; это перемещение передается на записывающее устройство, которое состоит из вращающегося горизонтального барабана с надетой на него бумагой.

Более совершенным прибором можно считать электроконтактный волнограф (рис. 94). Приемная часть этого волнографа представляет металлическую трубчатую мачту, установленную на бетонный массив и раскрепленную растяжками. На верхней части мачты имеется подвижная металлическая штанга корытообразного сечения с прикрепленными на ней контактами на расстоянии, например, 10 см друг от друга. Каждый контакт верхней частью может соприкасаться с водой, а нижней — через электрическое сопротивление, помещенное в изолированной коробке, соединяться с общим проводом, идущим к регистрирующей части; вторым проводом является штанга и мачта, соединенные подводным кабелем с регистрирующим устройством, которое состоит из генератора, питающего установку переменным током, и осциллографа. При колебании уровней воды изменяется число контактов, погружающихся в воду, и следовательно, сопротивление и сила тока в цепи.

Измерение высоты и периода волны основано на регистрации колебаний силы тока в зависимости от числа контактов, соприкасающихся с водой при волнении.

По описанной схеме спроектирована волнографическая установка для исследований волнения на Цимлянском водохранилище¹.

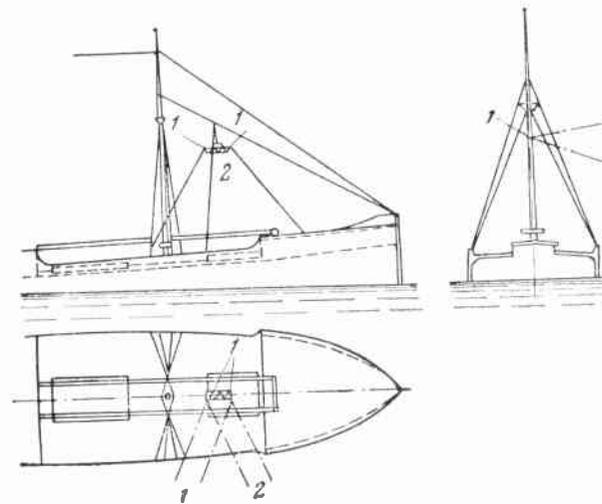
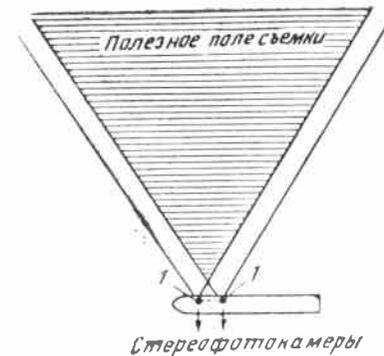


Рис. 91. Установка фототеодолитов на судне

Динамографы (механические, гидравлические, электрические и др.) применяют для измерения и регистрации давления волны.

¹ Кафедрой водного хозяйства и морских портов Московского инженерно-строительного института имени В. В. Куйбышева составлен в 1953 г. проект организации волноисследовательской станции на Цимлянском водохранилище (зав. кафедрой проф. Н. Н. Джунковский).

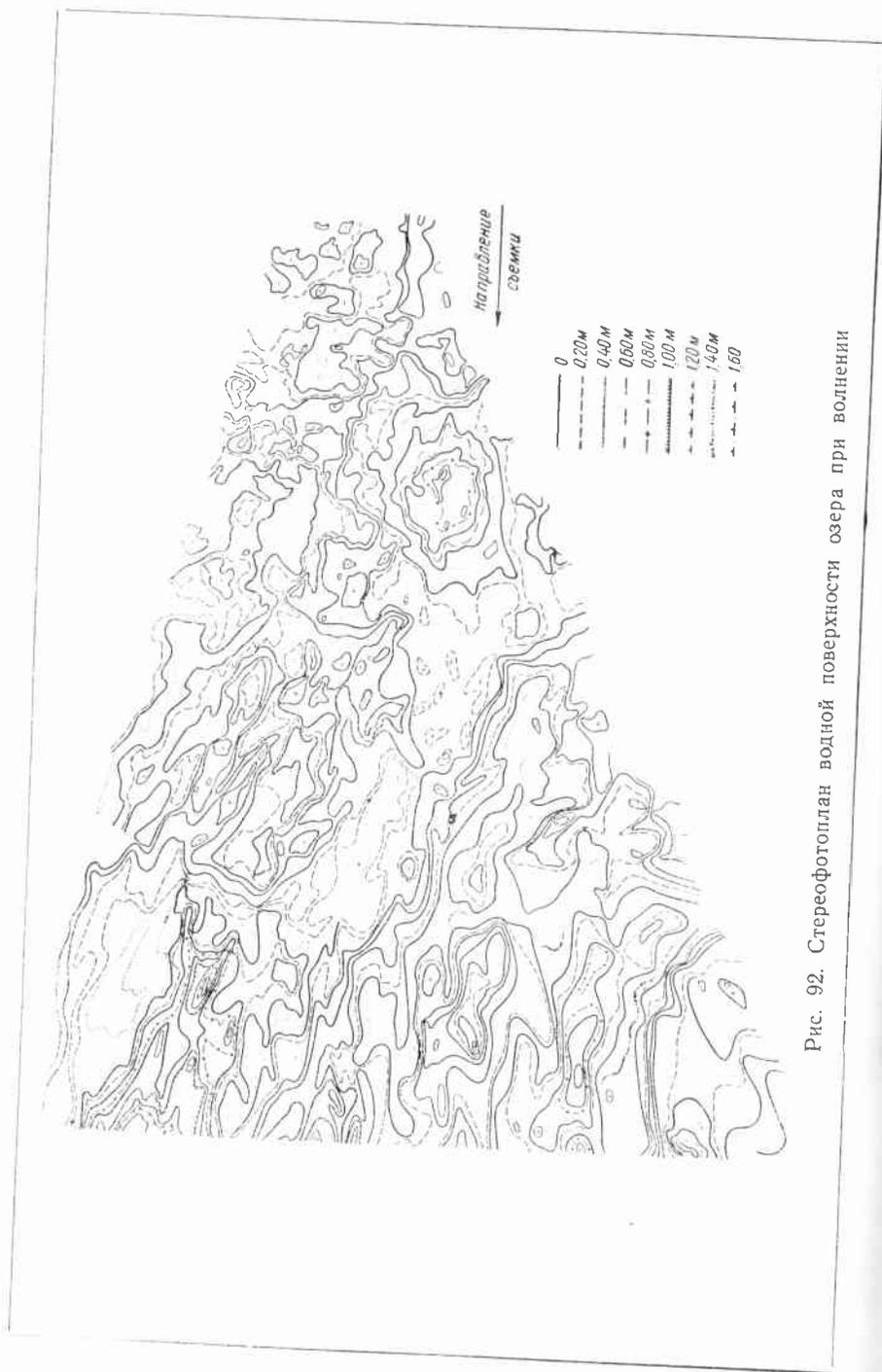


Рис. 92. Стереополтан водной поверхности озера при волнении

Широко применяются магнитоэлектрические осциллографы, дающие возможность производить точные измерения величин давления (а также уровней, скоростей и др.) с записью на фотоленте — осциллограмме¹ — не только значений измеряемой величины, но и характера ее изменения (по кривой, получаемой на осциллограмме).

Волноисследовательские станции. В настоящее время в СССР организованы и организуются волноисследовательские станции. Особый интерес представляет станция, введенная в действие в одном из портов Черного моря (рис. 95, а и б). В состав станции, смонтированной в специальном массиве — гиганте, входят: башня с площадкой для гидрометеорологических наблюдений и производства стереофотокиносъемки, ряд установок для изучения величины давления волны на разных глубинах, регистрации формы волны (посредством волнографов), а также направления волнения (посредством электрорумбографа). Станция автоматизирована,

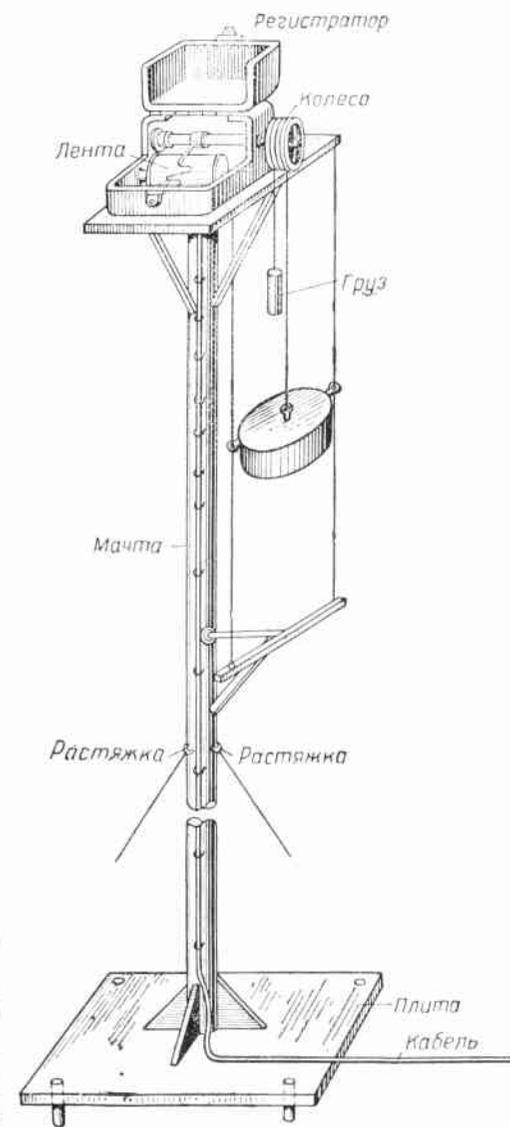


Рис. 93. Волнограф «Ильмень»

¹ Подробности см. Б. П. Бурьянов, Магнитоэлектрический осциллограф, Госэнергоиздат, 1952.

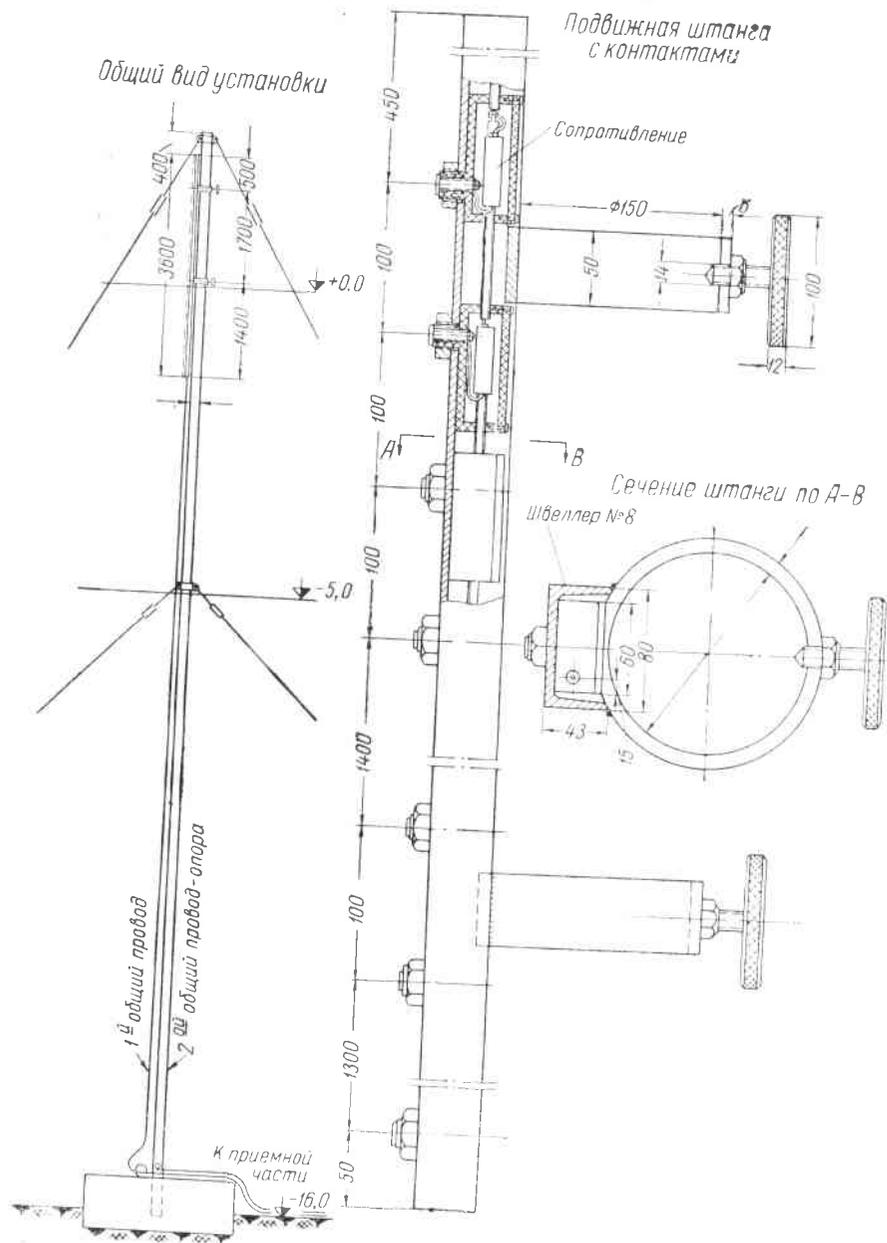


Рис. 94. Схема электроконтактного волнографа

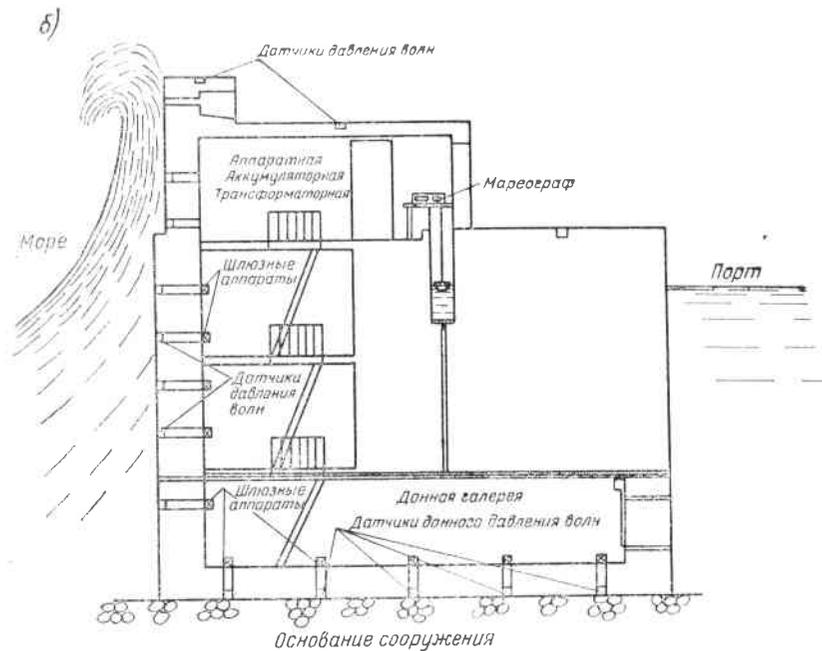
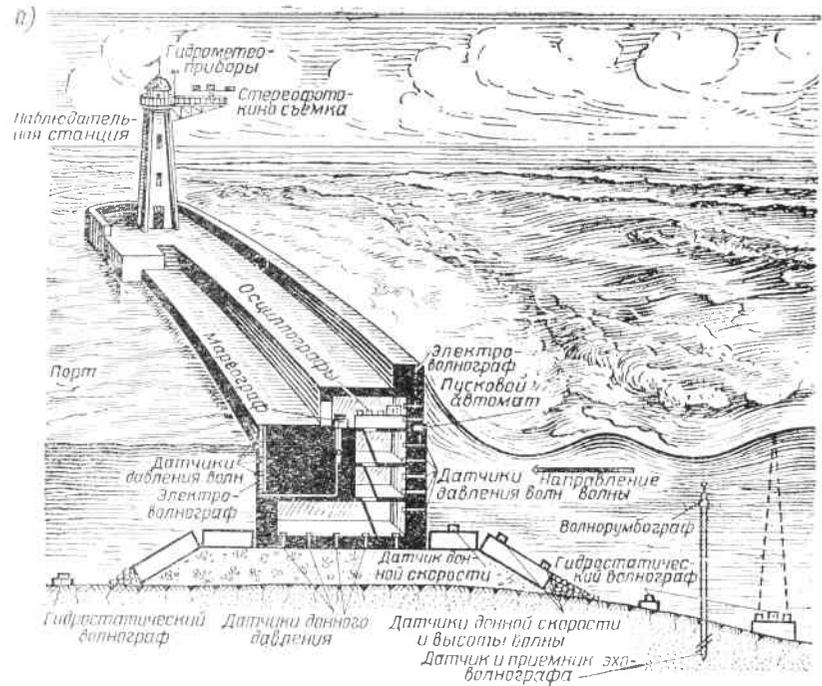


Рис. 95. Волноисследовательская станция
а—общий вид; б—поперек станции

причем контрольная аппаратура вынесена на берег, и записи могут производиться также на береговых приборах.

Само собой разумеется, что описанные методы исследований морского волнения могут быть использованы для изучения волнения на озерах и водохранилищах. Волноисследовательские станции организованы на Рыбинском и Цимлянском водохранилищах, организуются — на Куйбышевском и Сталинградском.

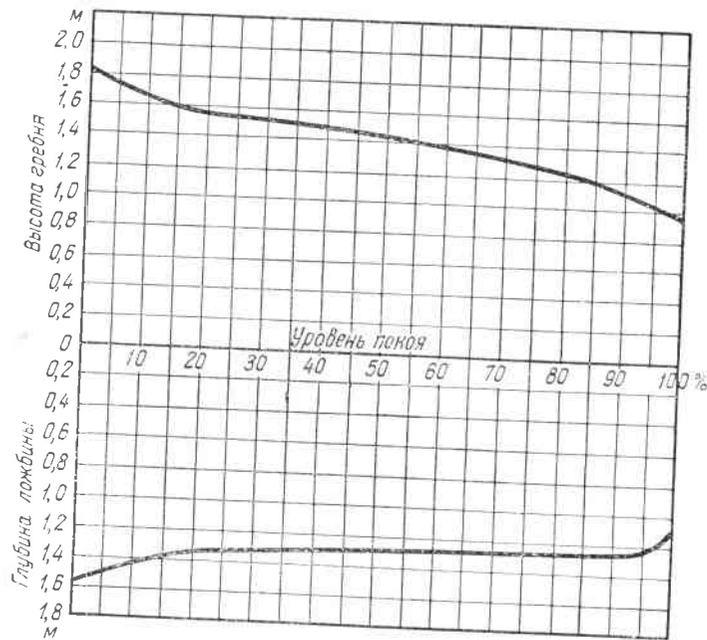


Рис. 96. График высотной характеристики волнения (по П. К. Божичу)

Обработка наблюдений над волнением. При обработке наблюдений над волнением необходимо прежде всего определить процентную обеспеченность разных высот вершин и подошв волны в данном районе исследований.

Можно рекомендовать следующий способ обработки, предложенный П. К. Божичем. Путем наблюдений по волномерной рейке устанавливают, сколько раз в течение определенного промежутка времени закрывается вершиной волны деление, соответствующее наибольшей ее высоте; затем определяют, сколько раз в течение того же промежутка времени закрывается более низкое деление рейки. Проводят также аналогичные наблюдения и над подошвой волны. На основании описанных наблюдений нетрудно построить график (рис. 96), по оси абсцисс которого откладываются проценты обеспеченности, а по оси ординат вверх—

высоты гребней волны и вниз — глубины ее ложбин. Расстояние, измеренное по вертикали между двумя кривыми, соответствует полной высоте волны определенной обеспеченности¹.

Чтобы определить размеры волны, требующиеся для расчета сооружений, необходимо иметь данные многолетних наблюдений над волнением. Так как обычно эти наблюдения непродолжительны, то используют наблюдения над ветром на метеорологических станциях за ряд лет, а затем

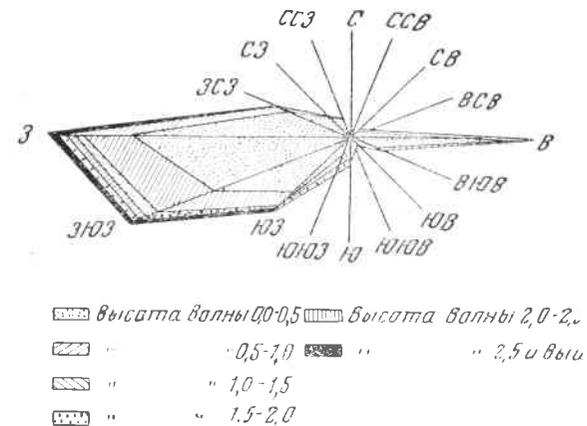


Рис. 97. Роза волнения

определяют расчетные размеры волн по эмпирическим формулам; при этом надо всегда учитывать, что скорости ветра над поверхностью суши меньше скоростей ветра над водной поверхностью, и вводить поправку.

Для характеристики направления волнения и соответствующих высот волны строят розу волнения, как показано на рис. 97. По соответствующим румбам откладывают векторы, представляющие в масштабе повторяемость волнения. Кроме того, изображают и высоту волн с подразделением на группы (например, 0—0,5; 0,5—1; 1—1,5 м и т. д.).

6. Наблюдения над наносами

В задачу исследования наносов входит: изучение озерных отложений; наблюдения над донными (влекомыми) наносами; наблюдения над взвешенными наносами (мутностью).

Изучение растворенных наносов включается в состав гидрохимических работ.

¹См. также «Методические указания Управления гидротехслужбы» № 26, Гидрометеиздат, 1952.

При проведении подобных исследований должны быть выяснены: 1) количество и состав поступающих в озеро наносов и при их транзите через него; 2) процесс осаждения наносов в озере в зависимости от крупности их частиц и гидравлических элементов потока в пределах озера; 3) распределение отложений по площади озера и их динамика; 4) дополнительные факторы, влияющие на образование отложений в пределах озера (размыв берегов, вынос конусов наносов со стороны прибрежных оврагов).

Для изучения отложений со дна озера при промерах глубин посредством приборов (донный щуп, лот Воронкова, дночерпатель и др.) берут пробы.

Если же донные отложения исследуют более подробно, например как полезные ископаемые (сапропели) или в связи с производством дноуглубительных работ, то производят бурение на требуемую глубину.

При значительных глубинах озера для взятия проб донных отложений применяют специальные грунтовые трубки длиной 2—3 м и более, опускаемые на тросе. Благодаря большой скорости опускания трубка погружается в грунт на значительную глубину и вырезает образец — колонку грунта соответствующей длины.

Для наблюдения над движением донных и взвешенных наносов применяют батометры, аналогичные при измерениях на реках.

Исследования наносов используют для определения сроков заполнения озера наносами, заносимости фарватеров и др.

При стационарном исследовании целесообразно закладывать «геохронологические» площадки — реперы из засыпки цветного материала (окрашенный песок, битый кирпич) на дно водоема в характерных пунктах.

7. Исследования термического режима

В задачу исследований термического режима входят:

- 1) установление характера изменения температуры воды по времени (за сутки, месяц, год — суточный, месячный, годовой ход);
- 2) изучение изменения температуры воды в зависимости от глубины в разные периоды года;
- 3) изучение температур в разных пунктах озера;
- 4) одновременное исследование разных факторов, которые могут влиять на температуру воды (ветер, течения, осадки, подземные воды и пр.);
- 5) изучение теплового баланса озера.

Измерение температуры воды на поверхности озера (на глубине 10 см) производят ежедневно в 8 и 20 час. на всех водомерных постах и станциях, расположенных на берегу озера.

Глубинные наблюдения над температурой воды производят на рейдовых вертикалях и на разрезах (см. п. 2). Во всех случаях положение точек, где наблюдаются температуры, должно быть точно определено на плане. Одновременно с измерениями температуры воды производят и другие перечисленные выше наблюдения.

Число точек на вертикали, в которых измеряют температуру, зависит от глубины и колеблется от 2 до 7 при изменении глубин от 3 до 100 м и более.

Измеряют температуру воды термометрами, описанными в § 21. Наиболее применимы поверхностные и глубинные опрокидывающиеся термометры (рис. 42 и 43). При значительных глубинах для ускорения работ в воду опускают сразу несколько термометров, прикрепляемых к тросу в соответствующих точках. Последовательное опрокидывание их в воде производится посредством одного посыльного груза.

Применяют также электрические термометры сопротивления. Заслуживает внимания установка (1953 г.) электротермометров на озерной станции главной экспериментальной базы Государственного гидрологического института (близ Ленинграда), где показания термометров, установленных на разных точках вертикали, передаются посредством изолированного провода на щит, помещенный на станции¹.

Сроки температурных наблюдений: на рейдовых вертикалях — 3—6 раз, а на разрезах — 1—3 раза в месяц.

8. Наблюдения над замерзанием, ледовым режимом и вскрытием озера

Наблюдения над замерзанием, ледовым режимом и вскрытием озера ведутся примерно по той же программе, что и речные зимние исследования, описанные в § 22. Характерными являются периоды: предледоставный (замерзание озера); ледоставный; послеледоставный (вскрытие озера и очищение его от льда).

Состав и объем наблюдений зависят от размеров озера, физико-географических условий его бассейна и от целей исследования.

§ 62. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Метеорологические наблюдения производят на береговых метеорологических станциях, организуемых в тех же пунктах, что и гидрологические озерные станции (если сеть метеорологических наблюдений в исследуемом районе недостаточна); на водомерных постах; на рейдовых вертикалях и вертикалях разрезов.

¹ Научный руководитель А. П. Браславский.

Кроме того, проводятся наблюдения над испарением с поверхности воды.

Наблюдения над испарением с поверхности воды производятся обычно в пунктах расположения озерных станций.

Для наблюдений применяют как наземные, так и пловучие испарители (см. § 27). Так как режим испарения с открытой поверхности озера может иметь особенности по сравнению с режимом испарения с поверхности воды в испарителе (даже большого диаметра), в некоторых случаях испарители устанавливают в середине озера, на специальном плоту, защищенном от волнения. На плоту устанавливают также приборы для измерения температуры и влажности воздуха, направления и скорости ветра, а также испарители разных диаметров и дождемеры.

Все эти метеорологические наблюдения, в особенности над осадками и испарением, необходимы для изучения водного баланса озера.

§ 63. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

В состав инженерно-геологических работ входят геологические и геоморфологические съемки озерной котловины и прилегающего района; разведочные работы; изучение подземных вод; геотехнические исследования; поиски и разведка строительных материалов. Аналогичные работы были описаны в гл. X.

Гидрогеологические исследования в данном случае проводятся с целью получить характеристику подземных вод бассейна исследуемого озера, причем особое внимание должно быть обращено на вопросы, связанные с участием подземных вод в водном балансе бассейна озера.

§ 64. ПОЧВЕННЫЕ И ГЕОБОТАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика почвенных и геоботанических исследований в бассейне озера и озерной котловине ничем существенным не отличается от методики исследования рек, описанной в гл. XI.

При гидрохимических исследованиях озер, имеющих значительные глубины, для взятия проб воды применяют специальные опрокидывающиеся батометры различных типов. Эти батометры забирают пробу воды с требуемой глубины; кроме того, они снабжаются термометрами, служащими для измерения температуры воды.

Пробы берут с поверхности (глубина — 0,2 или 0,5 м при наличии льда), из придонного слоя (1 м от дна), из слоя температурного скачка, а также из горизонтов, лежащих над и под этим слоем.

В остальном гидрохимические исследования ведутся аналогично описанным в гл. XI.

Гидробиологические процессы в озере имеют некоторые отличия от тех же процессов, происходящих в реке, так как озеро в большинстве случаев является замкнутым водоемом; скорости течения в нем весьма незначительны, наблюдается слоистость температур и т. д. Однако методы, применяемые при этих исследованиях, в основном мало отличаются от тех, которыми пользуются при гидробиологических исследованиях рек.

Если озеро имеет значительную глубину, то применяют специальные приборы, примерно такие же, какими пользуются при исследовании морей.

Для составления гидротехнических проектов при описанных выше исследованиях, должны быть выявлены: 1) мощность дольных отложений озера; 2) химический состав воды, а также илов (особенно содержание легко гидролизующихся соединений азота, углерода и фосфора); 3) наличие и состав биообрастаний предметов в озере; 4) наличие и состав планктона («цветение» воды); 5) наличие и состав донной растительности; 6) характер и состав высшей водной растительности (камыш, тростник и др.); 7) условия рыбного хозяйства и др.

§ 65. ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ. ОТЧЕТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Обработка материалов исследований озер производится примерно в том же порядке, что и при исследованиях рек, с той лишь разницей, что в этом случае предварительно должна быть обязательно произведена увязка съемки и нивелирования по всему контуру озера.

Состав и характер отчетных документов в общем, за исключением некоторых дополнений, такие же, как и при исследованиях рек. Что касается продольного профиля, то он составляется по описанной в § 15 схеме лишь в тех случаях, если озеро входит в состав проектируемого водного пути или водноэнергетической системы; в остальных случаях вместо него составляют характерные продольные и поперечные профили (гидрологические разрезы) озера.

Кроме камеральных работ, производят также лабораторные, связанные с анализом проб воды, наносов, иловых отложений и пр.

Глава XV. ИЗЫСКАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Изыскания и исследования водохранилищ могут быть подразделены на две основные части: 1) изыскания, связанные с проектированием и организацией чаши водохранилища до за-

полнения его водой; 2) исследования водохранилища после заполнения его водой и введения в эксплуатацию.

Ниже приводится краткое описание этих изысканий и исследований, причем рассматриваются главным образом большие и средние водохранилища.

А. ИЗЫСКАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ПРОЕКТИРОВАНИЕМ И ОРГАНИЗАЦИЕЙ ЧАШИ ВОДОХРАНИЛИЩА

§ 66. ОБЩИЕ ДАННЫЕ. СОСТАВ РАБОТ

Водоохранилище образуется вследствие возведения в долине реки плотины (с требуемым напором) и затопления расположенных выше плотины площадей (русла, поймы, берегов).

В связи с этим для водохранилища должны быть прежде всего проведены общие исследования реки и ее долины (геодезические и топографические, промерные, гидрологические, геологические и др.) с учетом требований проектирования, в особенности водоподпорных сооружений; затем исследования эти дополняются рядом специальных работ. К числу этих специальных работ относятся:

1) перенос на местность и закрепление проектного контура водохранилища и определение площади затоплений;

2) установление подпора грунтовых вод в районах, прилегающих к берегам водохранилища, и определение площади затоплений;

3) технико-экономические и санитарно-технические обследования в связи с затоплением и подтоплением земель и определением стоимости их отчуждения, переселения, для выработки мероприятий по ликвидации вредного влияния на район (заболочивание, малярия и др.);

4) получение данных для разработки проектов сооружений и мероприятий, связанных с будущей эксплуатацией водохранилища; сооружением портов, пристаней, оградительных дамб, судоходных трасс, маяков и др.;

5) сбор материалов, необходимых для организации исследований водохранилища после заполнения его чаши: для изучения уровня режима, волнения, переформирования берегов и дна, заиления водохранилища, качества воды и др.

§ 67. ПЕРЕНОС НА МЕСТНОСТЬ И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПРОЕКТНОГО КОНТУРА ВОДОХРАНИЛИЩА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ЗАТОПЛЕНИЙ

1. Подготовительные работы

Перенос и закрепление контура водохранилища производится в предпроектный период.

Объем и точность рассматриваемых работ в значительной

мере зависят от местных условий. Например, в горных и малонаселенных районах объем изысканий может быть уменьшен, в равнинных же населенных районах объем изысканий увеличивается; более детальные исследования также производятся, если в зоне будущего затопления и подтопления расположены крупные и важные объекты (промышленные предприятия, сооружения и т. п.).

Для решения рассматриваемых вопросов необходимы прежде всего топографические карты соответствующих масштабов. Если используются карты, составленные в разное время, то необходимо установить единую систему координат и отметок и произвести соответствующую увязку координат и высотных отметок.

Если имеющиеся материалы недостаточны, то производят геодезические и топографические работы, как описано в гл. V.

При наличии материалов аэрофотосъемки использовать их надо обязательно, а если приходится производить съемку чаши большого водохранилища, то следует отдавать предпочтение аэрофотосъемке.

При выборе масштабов съемки надо учитывать требования проекта и каждый раз анализировать, какие ошибки могут быть при определении площадей затоплений, при пользовании картой соответствующего масштаба; в частности, надо обратить внимание на форму водохранилища (его ширину); при малой ширине водохранилища требуются планы в более крупных масштабах. Обычно для больших водохранилищ принимаются масштабы от 1 : 100 000 до 1 : 25 000, для средних — от 1 : 100 000 (1 : 50 000) до 1 : 10 000, для малых — от 1 : 10 000 до 1 : 2 000, в зависимости от стадии проектирования и местных условий. Населенные пункты, промышленные предприятия, ценные угодья и т. п. снимаются в более крупном масштабе.

2. Нанесение на планы контура водохранилища и перенос контура на местность

Работы начинают с установления отметок кривой подпора; затем на план в горизонталях наносят линию уреза воды будущего водохранилища с запасом, устанавливаемым в проекте (с учетом высоты волны, крутизны склонов, заселенности берегов и т. п.). В зависимости от режима сработки водохранилища желательно также нанести на план не только затопляемые, но и обсыхающие в течение определенных промежутков времени территории, что необходимо для выявления «площадей временного затопления», могущих быть использованными при соответствующих условиях (например, для сенокоса).

Для определения ущерба, причиняемого затоплением и подтоплением, а также для выработки соответствующих технических мероприятий необходимо, чтобы на планах были детально обо-

значены пашни, луга, огороды, посевы, леса, кустарники, болота, почвенный и растительный покров, места полезных ископаемых, населенные пункты, промышленные предприятия, переправы, дороги, мосты, инженерные сооружения, оросительная и осушительная сети, водопроводные и канализационные сооружения, линии электропередач и связи и т. п.; также должны быть нанесены административные границы областей, районов и др. Особое внимание следует обращать на изучение подземного хозяйства в подтопленных населенных пунктах. Так как многие из перечисленных выше данных могут отсутствовать на имеющихся планах и находиться на съемках земельных, коммунальных и заводских площадок, то необходимо собрать их в этих организациях.

Ввиду того что создаваемый на реке подпор распространяется на притоки, иногда на значительные расстояния, необходимо производить топографо-геодезические работы и по притокам в объеме, определяемом требованиями проекта.

3. Полевые работы

После того как на план нанесен контур будущего водохранилища, приступают к полевым работам — перенесению контура на местность и закреплению его границ, учитывая при этом, что ограничиваемые контуром водохранилища земли подлежат изъятию из пользования колхозов, совхозов и др.

Для упрощения работ по оконтуриванию водохранилища можно заменить кривую подпора ступенчатой линией с высотой ступени, например 0,1—0,5 м; точность определения этой высоты находится в зависимости от пологости береговых склонов и от высотного обоснования съемки, а также от требования точности определения площади отчуждаемых земель.

Для ступенчатого высотного обоснования необходимо проложить на местности дополнительные нивелирные ходы III и IV классов и установить дополнительные реперы вне контуров водохранилища на обоих берегах реки; расстояния между постоянными реперами назначаются 5—6 км, а между временными — 3—4 км.

Для ступенчатого планового обоснования разбивают триангуляционные сети V класса (аналитические сети), короткобазисную полигонометрию III—IV классов, применяют также метод геодезических засечек.

Для определения точек контура водохранилища на местности прокладывают от реперов нивелирные ходы V класса.

В горных и холмистых районах лучше применять тахеометр (нивелирование наклонным лучом).

Можно также устанавливать на верху трубы тахеометра (или камереля) уровень требуемой чувствительности, что дает воз-

можность производить нивелирование как горизонтальным, так и наклонным лучом¹.

Контур водохранилища, определяемые как изложено выше, ограничиваются прямыми линиями (хордами и секущими); при этом не рекомендуется намечать излишне усложненные формы многоугольника, но в то же время не следует допускать и слишком больших спрямлений по следующим причинам: во-первых, усложняется закрепление контуров и даже затрудняется хозяйственное использование земель при наличии большого числа закрепительных столбов (например, при сельскохозяйственных работах), а во-вторых, нецелесообразно изымать из пользования дополнительные более или менее значительные площади земель.

По контуру многоугольника прокладывают съемочный ход с измерением углов поворота теодолитом (тахеометром), а расстояний — дважды (вперед и назад) дальномером; вершины углов закрепляют знаками в виде деревянных столбов с крестовиной или стальными трубками; расстояния между знаками 100—350 м.

В пустынных районах, в тундре, заболоченных районах работы производят в сокращенном объеме или вовсе не производят.

4. Обработка материалов

Обработку материалов ведут на основании полевых журналов и схем, произведя до начала работ требуемые увязки в них.

По карте с нанесенным контуром водохранилища производят вычисление площади затопления земель, пользуясь таблицами и планиметром; могут быть применены и аналитические методы.

§ 68. УСТАНОВЛЕНИЕ ПОДПОРА ГРУНТОВЫХ ВОД В РАЙОНАХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К БЕРЕГАМ ВОДОХРАНИЛИЩ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ПОДТОПЛЕНИЯ

Вследствие подъема уровня воды в реке при образовании водохранилища происходит подпор грунтовых вод, питающих реку, и подтопление районов, прилегающих к берегам водохранилища. Чтобы оценить ущерб, причиняемый подтоплением, необходимо путем расчетов определить положение кривой депрессии, пользуясь методами динамики подземных вод.

Для расчетов требуется иметь в числе других данных отметки уровня грунтовых вод до образования подпора; они могут быть получены посредством бурения по профилям, разбиваемым от уреза воды по направлению к водоразделу; также обязательно должны быть определены отметки на линии уреза проектируемого водохранилища.

¹Руководящие указания по переносу на местность проектного контура водохранилища (РУ 15-54), Госэнергоиздат, 1954.

На участках, имеющих большое народнохозяйственное значение, производят дополнительные гидрогеологические исследования; в результате выделяют в прибрежной зоне водохранилища места заведомо неподтопляемые, заведомо подтопляемые, возможно подтопляемые.

На участках возможного подтопления важных объектов производят детальные геологические и гидрогеологические съемки в масштабе 1 : 10 000—1 : 5 000, а затем ведут геологоразведочные работы по поперечным профилям.

Назначение расстояний между поперечниками зависит от важности подтопляемого объекта, а также от сложности гидрогеологических условий. При исследованиях, например, зоны подтопления водохранилища на р. Мологе расстояния между поперечниками были равны 2—3 км; при исследованиях подтопления промышленных объектов поперечники располагают чаще, например через 0,5—1 км.

Число скважин на поперечнике устанавливают в зависимости от ширины зоны подтопления; обычно расстояния между скважинами принимают равным 100—300 м, причем по мере удаления от уреза расстояния увеличиваются; скважины доводят до водопора; если водопор залегает значительно глубже дна реки, то первую и последнюю из них (считая от реки) доводят до водопора, а остальные бурят лишь до уровня дна реки.

Для наблюдений над режимом подземных вод выбирают наиболее характерные поперечники и на них (в скважинах, оборудованных фильтрами), а также на речном водомерном посту производят наблюдения, как описано в гл. X.

Для наглядного изображения залегания грунтовых вод после подпора, строят карту гидроизогипс; на этой карте, называемой картой подтопления, определяют глубины залегания подпертых грунтовых вод, а затем строят изолинии глубин уровня грунтовых вод после подпора.

Кроме определения величины подпора грунтовых вод, нередко требуется дать прогноз времени, в течение которого кривая подпора примет устойчивое положение. Определение этого промежутка времени, измеряемого иногда годами, может иметь в ряде случаев большое практическое значение, так как борьба с последствиями подтопления может быть осуществлена постепенно, в течение определенного периода, с соответствующим распределением денежных средств. Так, например, по расчетам Н. Н. Биндемана, установление стабильной кривой депрессии¹ на р. Мологе (в районе Рыбинского водохранилища) определяется примерно в 8 лет.

¹ Необходимо отметить, что термин «стабильная кривая депрессии» имеет условное значение, так как колебания уровня грунтовых вод будут продолжаться вследствие колебаний уровня воды в водохранилище, изменения количества атмосферных осадков и пр.

Для предварительного определения площади подтопления в соответствующих районах можно провести ее границу на 1—2 м выше проектного подпорного горизонта; при этом необходимо учитывать геологические, гидрогеологические и почвенные условия.

§ 69. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ В СВЯЗИ С ЗАТОПЛЕНИЕМ И ПОДТОПЛЕНИЕМ ЗЕМЕЛЬ И ДРУГИХ ОБЪЕКТОВ

Для подробной характеристики затопляемых и подтопляемых земель и других объектов, а также для получения материалов, необходимых при разработке соответствующих мероприятий, проводят специальные технико-экономические обследования. На местах производят осмотры объектов, попадающих в зону затопления и подтопления, составляют подробные их характеристики, оценивают стоимость объектов, намечают требуемые мероприятия, связанные с переносом населенных пунктов и промышленных предприятий, а также мероприятия по борьбе с последствиями затоплений и подтоплений, например осушительные работы в заболочиваемых районах, обвалование и т. п.

Необходимо подчеркнуть, что все описываемые технико-экономические исследования производят при участии заинтересованных учреждений и местных органов — краевых, областных, районных, а также совхозов и колхозов, промышленных предприятий и др.

§ 70. САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ В СВЯЗИ С ЗАТОПЛЕНИЕМ И ПОДТОПЛЕНИЕМ

В задачу санитарно-технических обследований входят:

- 1) изучение зоны затопления и подтопления с санитарно-гигиенической точки зрения и выработка требуемых мероприятий по очистке ложа водохранилища и др.;
- 2) сбор материалов для разработки противомаларийных мероприятий;
- 3) изучение санитарно-гигиенических вопросов, связанных с переносом населенных пунктов на новые места.

При изучении зоны затопления и подтопления особое внимание должно быть обращено на участки временного затопления, обнажающиеся при сработке водохранилища; необходимо, чтобы был обеспечен свободный сток воды с временно обсыхающих площадей и чтобы не было застаивания воды в низинах, западинах и т. п. во избежание создания очагов малярии; как было отмечено, в некоторых случаях площади временного затопления могут быть использованы для сельского хозяйства (конечно, с соответствующими ограничениями).

§ 71. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ СООРУЖЕНИЙ И МЕРОПРИЯТИЙ, СВЯЗАННЫХ С БУДУЩЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ВОДОХРАНИЛИЩА

1. Общие данные

Обычно на водохранилищах создаются различные сооружения, связанные с их водохозяйственным использованием, кроме гидроузлов, являющихся основой для образования водохранилищ; это могут быть порты и пристани, набережные, берегоукрепительные сооружения, судоходные трассы со створными знаками и маяками, водозаборы, насосные станции и т. п. Для проектирования и строительства перечисленных сооружений необходимы изыскательские работы, состав и объем которых зависят от размеров водохранилища, стадии проектирования и местных условий (гидрологических, климатических, геологических и др.).

2. Изыскания портов на водохранилищах

На водохранилищах сооружаются как погрузочно-разгрузочные порты, так и порты-убежища (называют их также убежищами); последние размещаются с таким расчетом, чтобы суда, совершающие рейсы по водохранилищу, могли своевременно укрыться в них от шторма. На больших водохранилищах СССР порты-убежища устроены главным образом в затопленных балках и оврагах и находятся на расстоянии 20—30 км друг от друга.

В состав портов, кроме причальных сооружений, могут входить еще сооружения, ограждающие акваторию порта от волнения, например молы и волноломы¹; в этом отношении водохранилищные порты приближаются по своей конструкции к морским, так как высота волны на крупных водохранилищах достигает 3 м и более.

В состав изыскательских работ, связанных с проектированием портов, входит прежде всего выбор участков, наиболее удобных для устройства портов; обычно их сначала намечают на планах, а затем производят рекогносцировочные изыскания, цель которых на основании имеющихся материалов и дополнительных работ получить данные для оценки полного комплекса вопросов, разрешение которых требуется при проектировании, в том числе об устройстве подъездных путей к порту и водных подходов к нему, мест для судоремонтной базы, жилого поселка и др.

Разработка проектного задания требует более подробных материалов для компоновки сооружения порта в выбранном

¹ Имеются в виду порты на крупных водохранилищах.

месте (или в выбранных местах, если намечаются различные варианты).

Для технического проекта выбранные для портов участки снимают в масштабе 1 : 10 000, 1 : 5 000, 1 : 2 000. Важными являются исследования возможности отложения наносов в районе порта и на подходах, изучение условий ледохода и ледостава (см. гл. VIII), выявление ветрового режима.

В состав инженерно-геологических изысканий входят геологические съемки в масштабе, например, 1 : 25 000, 1 : 10 000, а при наличии оползневых участков — 1 : 5 000 и крупнее, а также геологоразведочные работы (бурение и шурфование) по перечисленным работам, размещаемым через 100—200 м. Геологические выработки могут быть размещены и по квадратной сетке. По осям сооружений набережных, молов и волноломов должны быть заложены скважины. Глубина их определяется в зависимости от геологических условий и конструкций сооружений (см. гл. X). Скважины закладывают также и для характеристики геологических условий при проектировании мастерских, жилых зданий и т. п.

Разведочные работы при изучении оползней производят более подробно, с заложением шурфов и скважин; иногда организуют специальные стационарные исследования с установкой дополнительных реперов и марок для наблюдений над смещением земляных масс.

В состав гидрогеологических работ входит определение коэффициентов фильтрации и другие исследования.

3. Изыскания судоходных трасс

Если водохранилище намечается использовать для судоходства, то заблаговременно, до заполнения его чаши водой, производят изыскания судоходных трасс, в состав которых входит разбивка на местности направлений фарватеров, как основных, так и вспомогательных, исследования мест установки створных знаков (щелевых и др.), маяков и т. п., а также получение материалов для составления пособий для судоводителей (лоцманских карт).

Разбивка судоходных трасс и обстановочных створов и знаков заключается в перенесении на местность намеченных на планах линий и отдельных точек с использованием для этого триангуляционных и других опорных пунктов (см. § 83).

Кроме разбивки судоходной трассы, производят отбивку ее границ по ширине, для чего нормально к оси трассы откладывают по обе ее стороны половину ширины фарватера, которая устанавливается в зависимости от габаритов судов и условий плавания на проектируемом водохранилище; например, на Рыбинском водохранилище была принята ширина фарватера 400 м.

У маяков и вообще у знаков, расположенных на акватории,

желательно устанавливать прочные реперы. Так как постройка реперов может производиться до наполнения водохранилища водой, то отметки их определяют посредством нивелирования с должной точностью. Наличие реперов дает возможность впоследствии определять по ним отметки уровня водохранилища и даже организовать водомерные наблюдения; этот вопрос имеет большое значение для изучения рельефа поверхности воды в водохранилище, например в случае перекоса ее при действии ветров и т. п.

4. Лоцманские карты и лоции

В состав изысканий судоходных трасс входит также сбор материалов для составления лоцманских карт и лоций, которые должны быть изданы заблаговременно, до открытия первой навигации на водохранилище. Обычно лоцманские карты и лоции составляют изыскательские организации. На лоцманских картах и в лоциях помещают следующие данные: краткое описание судоходных трасс, основных и дополнительных, сведения о ширине и глубинах фарватера, о характере расчисток дна водохранилища на фарватере, о явлениях всплывания торфа, характере волнения, о портах-убежищах, подходах к пристаням и портам, лоцманских и сторожевых постах связи, о навигационной обстановке и т. п.

Б. ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ПО ВВЕДЕНИИ ИХ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

§ 72. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ В СВЯЗИ С ОРГАНИЗАЦИЕЙ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ЗАПОЛНЕНИИ ЕГО ЧАШИ ВОДОЙ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

После заполнения чаши водохранилища водой организуют всесторонние исследования его режима для проверки соответствия действительных данных принятым в проекте (построение кривой подпора, ветровой и волновой режимы и др.), для получения материалов наиболее рационального водохозяйственного использования водохранилища, а также улучшения условий его эксплуатации; для изучения вопросов, связанных с переформированием берегов и ложа водохранилища, изменений ледового режима, качества воды, зарастания водохранилища высшей водной растительностью и т. д.

Многие из перечисленных исследований требуют организации наблюдательных пунктов, закладки и установки соответствующих, нередко сложных, приборов, постройки вспомогательных сооружений во время строительства (например, установки датчиков в подводных частях).

Методика исследований водохранилищ очень близка к описанной методике исследований озер, но все же она имеет некоторые особенности.

Водоохранилища должны изучаться комплексно, т. е. с охватом всех основных факторов, участвующих в формировании

ложа водохранилища и его берегов, гидрологического, гидрогеологического и гидрохимического режима, гидробиологических условий и др.

Ниже очень кратко освещаются основные вопросы, которые нужно учесть при исследованиях водохранилищ (главным образом больших, предназначенных для регулирования стока).

§ 73. КРИВЫЕ ПОДПОРА. ЗАТОПЛЕНИЕ И ПОДТОПЛЕНИЕ

Изучение кривых подпора при разных уровнях режимов представляет большой теоретический и практический интерес, в частности для определения фактической площади затопления, вычисления объемов водохранилища и проверки методики гидравлических расчетов. С этой целью при разных расходах воды (и при разном наполнении водохранилища) производят нивелирование уровней воды, используя реперы, установленные вне пределов затопления во время основных изысканий.

Вопросы, связанные с затоплением и подтоплением земель, должны быть подробно изучены. Необходимо проверить, в какой мере намеченное в проекте отграничение береговой линии водохранилища соответствует действительности. Кроме того, должно быть организовано изучение влияния на прибрежную зону переменного уровня режима в связи с регулированием стока. В частности, подлежит исследованию вопрос о возможности хозяйственного использования земель, выходящих из воды при сработке водохранилища.

Для изучения вопросов подтопления производятся систематические гидрогеологические наблюдения в скважинах и колодцах, расположенных в створах, подготовленных, как описано в § 68. Особенно ценными являются наблюдения на гидрогеологических профилях, организованных во время исследований, предшествовавших созданию водохранилища. Эти исследования могут дать ценные материалы не только для решения поставленных задач, связанных с подтоплением, но также для проверки методики расчетов и накопления материалов для последующих работ по расчету кривых подпора подземных вод и скорости распространения подпора подземных вод.

§ 74. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

1. Наблюдения над уровнями, скоростями течения, волнением, ветровым режимом

Наблюдения над колебаниями уровня имеют большое значение для определения притока воды в различные периоды и для установления соответствующего режима работы гидроэлектростанций, попусков для судоходных целей и др. В соответствии со сказанным должны быть организованы водомерные наблюдения

в различных характерных районах: в верхней части водохранилища, в средней, вблизи гидроузла и в нижнем бьефе. Число водомерных постов зависит главным образом от размеров водохранилища, а также от местных условий и задания. Сроки наблюдений над уровнями зависят от характера регулирования стока (суточного, сезонного, многолетнего), а также от сезона (весеннего, летнего, зимнего). Для детального изучения уровня режима, особенно при суточном регулировании, при пропуске паводков и др., следует устанавливать самописцы уровня (лимниграфы).

Особому исследованию подлежат колебания уровней, происходящие при стогах и павогах. Эти колебания могут оказывать влияние на работу гидростанции (вследствие изменения напора), а также на условия судоходства; следует иметь также в виду возможность перекоса зеркала водохранилища при прохождении больших паводков, действия сильных ветров и др.

Во время характерных фаз режима водохранилища определяют: 1) уклоны водной поверхности; 2) скорости течения на поверхности и на разных глубинах в некоторых характерных промерных створах для получения общей картины движения воды; 3) мутность воды в тех же точках для получения картины распределения ее в водосме.

В связи с необходимостью получения гидрологических прогнозов организуют сеть водомерных постов и гидрометрических станций на главных реках и притоках. В этих случаях необходима организация связи для передачи сведений об уровнях в центральный пункт, например на гидростанцию, обслуживаемую гидрологическими данными и прогнозами. Связь может быть различной в зависимости от местных условий и требований эксплуатации: проволочная телеграфная, телефонная, по радио. Могут быть применены и автоматические телеизмерительные приборы-самописцы¹ с применением проволочной и беспроволочной связи, дающие возможность получать на ленте показания уровня.

При большой площади зеркала водохранилища организуются специальные наблюдения над волнением (см. § 61, п. 5).

Для изучения ветрового режима производят наблюдения на береговых метеорологических станциях; желательно организовать наблюдения также в точках водохранилища, удаленных от берега, при этом следует учитывать, что скорости ветра над поверхностью воды больше, чем скорости над поверхностью суши. Для этих наблюдений целесообразно применять самопишущие приборы — аэрорумбографы (непрерывно записывающие).

Кроме намерения элементов волны (высоты, длины), необходимо определять и давление волны на откосы плотин, дамб, бере-

говых креплений, на стенки сооружений, затворы и т. п., для чего устанавливают в соответствующих точках динамографы с приемниками в виде датчиков и другие приборы.

2. Изучение потерь воды из водохранилища и водного баланса

Для изучения потерь воды на испарение устанавливают испарительные станции (пловучие и береговые испарители) и ведут наблюдения, как описано в § 27. Предварительные же расчеты могут быть произведены по имеющимся картам испарения, а также по эмпирическим формулам.

Для учета потерь воды на ледообразование используют наблюдения над ледяным покровом: толщиной льда, распределением льдов и др. Для учета потерь воды от фильтрации через плотину в нижний бьеф производят наблюдения методами, описанными в § 43.

В результате исследований должны быть получены данные для составления водного баланса водохранилища с учетом прихода и расхода воды.

3. Исследования термического и ледового режима

Термический и ледовый режимы водохранилища имеют ряд особенностей; поэтому организуются специальные исследования с использованием уже описанных выше методов.

Как показали исследования С. Н. Крицкого, М. Ф. Менкеля, К. И. Россинского, термический режим водохранилища тесно связан с гидравлическим, в особенности с величиной скоростей течения (проточностью водохранилища). Поэтому при изучении термического режима необходимо измерять как температуру воды на разных глубинах (с точностью не менее $0,01^\circ$), так и скорости течения (наиболее чувствительными вертушками). Эти исследования, особенно в предледоставный и ледоставный периоды, представляют большой интерес для эксплуатации гидростанций.

Необходимо также исследовать изменение сроков замерзания и вскрытия водохранилища по сравнению с рекой, процесс образования незамерзающего участка реки в нижнем бьефе, его гидрологический режим и др. Особое внимание надо обратить на изучение процесса образования глубинного льда (шуги, доинного льда) на незамерзающем участке реки, а также на выяснение возможных затруднений при эксплуатации водозаборных сооружений в нижнем бьефе.

При организации измерения температур можно пользоваться электрическими термометрами с передачей их показаний по проводам на станцию, как описано выше (см. § 61, п. 7).

¹И. А. Шаров, Эксплуатация гидромелиоративных систем, Сельхозгиз, 1952.

4. Изучение заносимости водохранилища

Изучение процессов заносимости (заиления) водохранилища производят для проверки соответствующих расчетов, входящих в состав проекта, и для выработки необходимых мероприятий по борьбе с этим явлением.

В состав исследований должны входить:

1) систематические промеры по закрепленным реперами створам в различные характерные фазы режима водотоков, питающих водохранилище (перед началом половодья, в конце его, перед началом и в конце паводков);

2) отбор проб донных отложений во время промеров глубин;

3) анализ проб донных отложений (преимущественно гранулометрического состава), но иногда и химический и биологический анализы;

4) определение мутности и гранулометрического состава наносов.

5. Исследования устьевых участков притоков

Изменения уклонов устьевых участков рек, впадающих в водохранилище, могут быть значительными при сработке уровня в нем (перед паводком уклоны обычно увеличиваются, а при подъеме уровня воды уменьшаются). Таким образом, создаются условия для переформирования устьевых участков и, в частности, для образования новых дельт. Поэтому исследования этих участков при проектировании судоходства на водохранилищах имеют большое значение и должны включаться в состав гидрологических работ.

§ 75. ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВ И ЛОЖА ВОДОХРАНИЛИЩ

Переформирование берегов водохранилища зависит от ряда факторов:

геологических: геологическое строение, характер залегания и литологический состав пород, их трещиноватость, сохранность, оползни;

геоморфологических: высота, уклоны и форма берегов;

гидрогеологических: выходы подземных вод, их дебит, химический состав;

гидрологических: волнение, скорости течений, колебания уровней, действие льда.

Кроме того, влияет состояние поверхности склонов: растительный покров, расчлененность, а также берегоукрепительные работы и вообще деятельность человека.

Наиболее важным фактором, действующим на переработку берегов, является волнение, о методах изучения которого было сказано в § 61. Действуя на берега, волнение разрушает их; продукты размыва подвергаются дальнейшему истиранию, частично

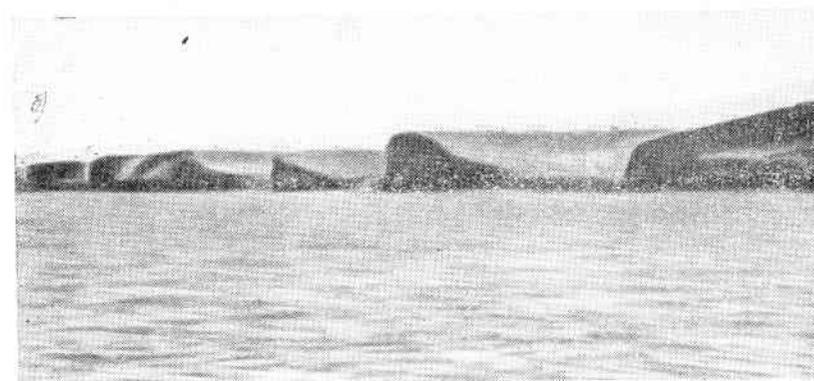


Рис. 98. Виды берегов Цимлянского водохранилища (сентябрь 1953 г.)

а—терраса размыва, образовавшаяся волнением, действующим на коренной берег; б—интенсивное выравнивание береговой линии под воздействием волнения

отлагаются на подводном и надводном склонах, частично выносятся на большие глубины, где отлагаются, ускоряя заносимость водохранилища (см. § 74, п. 4). В результате берега принимают

различные формы, в основном абразионные и аккумулятивные, имеющие разновидности. На рис. 98 показаны примеры переформирования берегов на Цимлянском водохранилище по данным исследований Гипроречтранс.

Вследствие переформирования берегов нередко образуются оползни, обвалы масс грунта, происходит разрушение береговых сооружений и зданий и т. п.; перенос течениями и волной продуктов размыва вызывает обмеление фарватеров, намывы во входах в бухты и т. п.

Для изучения процесса формирования берегов водохранилищ, кроме описанных выше исследований, до наполнения чаши водохранилища производят общее обследование берегов с описанием характерных участков, их обмер, зарисовки, фотографирование.

Помимо общего описания происходящих процессов по формированию берега, необходимо дать и количественные характеристики (скорость отступления берега, объемы смыва и намыва); наблюдения для этого производят на профилях, закрепленных реперами и плановыми знаками, путем съемки береговой линии с привязкой к закрепленной магистрали, а также путем нивелировки в надводной части и промеров в подводной. В результате сравнения накладываемых друг на друга профилей могут быть получены величины, характеризующие интенсивность процессов переформирования берегов, например интенсивность смыва (намыва) в кубических метрах на 1 м в течение месяца, интенсивность смыва (намыва) слоя в сантиметрах в месяц, максимальные величины смыва и намыва и т. д.

Для изучения процессов перемещения и отложения наносов в последнее время применяется окраска их люминофорами. Так, при исследовании Цимлянского водохранилища в 1955 г. окрашенный песок закладывался на дно в определенных точках, а затем брались пробы грунта на нижерасположенных профилях; окрашенные песчинки можно отличить от неокрашенных, так как они приобретают свечение в ультрафиолетовых лучах.

Большое внимание должно быть обращено на заносимость фарватеров, особенно на участках, расположенных близко к берегу, и на подходах к портам и пристаям. Эти исследования ведутся вышеописанными методами (см. § 74).

Постепенное наполнение водохранилища водой даст возможность вести наблюдения при различных отметках уровня воды в нем, что позволяет детально проследить весь сложный процесс преобразования берегов и ложа водохранилища.

В результате описываемых исследований необходимо составить прогноз будущих переформирований берегов и ложа водохранилища.

§ 76. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ. САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Химический состав воды в водохранилищах, даже только в результате испарения с его поверхности, может настолько измениться, что вода станет мало пригодной для ряда потребителей (электростанций, металлургических заводов, химических производств и т. д.). Поэтому, если водохранилище предназначается для водоснабжения и орошения, то должны быть организованы систематические наблюдения над химическим режимом воды как в источниках, питающих его, так и в разных профилях и глубинах самого водохранилища. Необходимо также детально изучить источники загрязнения воды (сточные воды и пр.) как в качественном, так и количественном отношении.

При гидробиологических исследованиях должно быть обращено внимание на «цветение» воды (планктон) и «зарастание» водохранилища, так как эти факторы ухудшают условия его эксплуатации и возникает необходимость разработки мер борьбы с этими явлениями.

Водохранилища часто используют для рыбного и охотничьего хозяйства, поэтому для решения соответствующих задач организуют исследования по специальным программам (см. гл. XI).

Необходимо также продолжать описанные в § 70 санитарно-технические исследования. Особое внимание должно быть уделено изучению качества воды с санитарно-гигиенической точки зрения, для чего берутся пробы воды в определенных створах и производят бактериологические анализы.

§ 77. ИЗУЧЕНИЕ РАЗНЫХ ВОПРОСОВ

1. Всплывание торфов

Как было отмечено выше, в ряде случаев на поверхности водохранилищ, образованных в районе торфяных болот, появляются значительные плавучие торфяные массивы в виде островов, которые могут затруднить судоходство, эксплуатацию гидростанций и водозаборных сооружений. Необходимо выявить места возможного всплывания торфов, отметить их на планах, произвести отбор проб торфа для лабораторных исследований на всплываемость (методика работ имеется), определить возможные масштабы этого явления.

2. Верхний участок водохранилища в районе выклинивания подпора

На этом участке происходит интенсивное отложение наносов и переформирование русла, поэтому он подлежит детальному изучению, особенно если в связи с регулированием стока происходит значительная сработка водохранилища.

В ряде случаев на рассматриваемом участке могут возникнуть затруднения для судоходства вследствие уменьшения глубин из-за отложения наносов на перекатах.

В состав исследований включаются наблюдения над колебаниями уровня, систематические промеры глубин, наблюдения над направлениями струй, в сложных случаях можно рекомендовать организацию русловых станций.

3. Нижний бьеф

Образование водохранилища и режим сброса воды через плотину оказывают большое влияние на участок течения реки нижнего бьефа, непосредственно примыкающий к рисберме плотины, где обычно происходят значительные переформирования (размывы); изучение их включается в программу специальных исследований.

Регулирование стока путем попусков воды из водохранилища для увеличения судоходных глубин, а также сбросы воды через турбины и др. вносят значительные изменения в режим нижнего бьефа на большом протяжении и нарушает режим перекатов на этом участке. Имеют место также русловые изменения в районах впадения притоков вследствие более высокого стояния уровней воды в течение навигационного периода при попусках для увеличения судоходных глубин, кроме того, происходит и общее понижение уровня и дна реки в нижнем бьефе. В этих случаях необходимо организовать специальные русловые станции для исследований нижнего бьефа.

Раздел четвертый СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ

§ 78. СОСТАВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИЗЫСКАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ

В состав специальных изыскательских и исследовательских работ при составлении проектов гидротехнических сооружений входят:

- 1) разбивка сооружений;
- 2) изыскания для выправительных работ;
- 3) изыскания для каналов;
- 4) изыскания для лабораторных гидротехнических исследований.

Кроме перечисленных, могут производиться и другие исследовательские работы по особым программам, например: изыскания и исследования малых рек, изыскания линий электропередач, изыскания для дноуглубительных работ, для гидромеханизации и др.

Ниже приводятся краткие данные о производстве некоторых из перечисленных изысканий и исследований.

Глава XVI. РАЗБИВКА СООРУЖЕНИЙ

§ 79. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТОЧНОСТЬ РАЗБИВКИ

Разбивка производится с целью перенесения на местность и закрепления осей сооружения и их габаритов в соответствии с проектом. Без предварительной плановой и высотной разбивки не может производиться строительство сооружений. В состав этих работ входит определение на местности положения осей сооружения, контуров сооружения и отдельных его частей, а также высотных отметок с использованием координат плановых опорных пунктов и отметок реперов. В период строительства закрепленные при разбивке на местности оси сооружений и опорные плановые и высотные точки непрерывно используют для возведения сооружения согласно чертежам.

Геодезические работы при разбивке сооружений отличаются от тех, которые производятся при съемке; при съемке положение точек определяется с точностью, соответствующей масштабу; на-

пример, при съемке в масштабе 1 : 10 000 графическая точность масштаба равна ± 2 м; при разбивке же сооружений точность назначения точек на местности не зависит от масштаба плана и назначается в зависимости от ряда требований; она нередко достигает ± 1 мм, о чем более подробно говорится ниже.

Различают два рода точности: точность размещения основных осей и точность разбивки частей сооружения относительно основных осей.

При разбивке сооружений могут быть два случая:

1) основные оси сооружений (например, ось плотины) разбиваются на местности с учетом комплекса местных условий (геологических, топографических и др.); затем их включают в опорную сеть с точностью, которой должно соответствовать ее положение;

2) основные оси сначала наносят на план, затем положение их определяется на плане по координатам с точностью масштаба (с учетом ошибок вследствие деформации бумаги), после чего оси разбиваются на местности с использованием имеющейся опорной сети.

На точность разбивки сооружений относительно главных осей влияют следующие факторы:

1) точность определения размеров сооружений при проектировании;

2) материал (дерево), бетон, железобетон и др.);

3) размеры сооружения;

4) назначение сооружения;

5) специальные факторы (наличие движущихся частей, машин, механического оборудования и др.).

Кроме того, точность разбивки может быть различной в продольном и поперечном направлениях, а также по высоте. По опыту гидротехнического строительства (Днепрострой, Свирьстрой и др.), пределы точности ошибок при разбивке сооружений следующие: для осей бычков плотин ± 1 см, для осей шлюзов ± 1 см, для шлюзных ворот $\pm 0,3$ см, для всреальных брусев $\pm 0,1$ см, для подводящих и всасывающих труб турбин $\pm 0,1$ см*.

§ 80. ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИН И УГЛОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТ

1. Измерение длин

Длины измеряют тесьмяной или стальной рулеткой, стальной лентой со шпильками, стальной штриховой лентой с фиксацией концов ее карандашом или булавками на заранее забиваемых кольях, стальной (инварной) шкаловой лентой с отсчетами на

* Более подробно см. А. Ф. Лютц, Разбивка крупных сооружений, Геоиздат, 1952.

обоих концах ленты на башмаках или на целиках, устанавливаемых на кольях, стальной (инварной) проволокой. Для натяжения штриховых и шкаловых лент применяют динамометры, а для натяжения проволоки — динамометры и специальные станки (см. гл. V). Измерительный прибор и метод измерения выбирают в зависимости от требуемой точности и местных условий.

Необходимо иметь в виду следующие возможные ошибки при измерении длин: а) несовпадение оси ленты с направлением линий; б) изменение температуры по сравнению с температурой компарирования; в) неправильное натяжение ленты (проволоки); г) наклон линии; д) неровности местности и изгиб ленты в плане; е) неточности в фиксации концов ленты (проволоки) и отсчетов по шкалам (шкаловых лент); ж) ошибка компарирования; з) провес ленты (проволоки) при измерениях на весу; и) разность высот, на которых располагаются концы проволоки (ленты).

Способы учета перечисленных ошибок рассматривают в курсах геодезии, частично — в гл. V.

Для увеличения точности измерений длин необходимо:

1) производить разбивку линий и установку кольев (башмаков и др.), пользуясь теодолитом;

2) при введении поправок на изменение температуры учитывать, что коэффициент расширения различных сортов стали колеблется в некоторых пределах (0,0000110—0,0000125), вследствие чего величина ошибки (систематической) может достигать 1 : 100 000—1 : 50 000;

3) для натяжения ленты применять проверенные динамометры;

4) определение наклона отдельных лент и проволок производить посредством нивелирования;

5) для уменьшения влияния неровностей расчищать местность (срезка бугорков и т. п.), а иногда устраивать даже настил из досок; можно рекомендовать измерение длин производить на весу;

6) применять соответствующие требуемой точности измерительные приборы (ленты, проволоки и др.) и пользоваться точными методами фиксации их концов;

7) для надежности компарирования измерительных лент (провонок) пользоваться преимущественно стационарными компараторами соответствующих научных учреждений;

При всех случаях измерений надо различать ошибки случайные (с переменными знаками) и систематические (с одинаковым знаком).

2. Измерение углов

Для измерения углов применяют теодолиты разных систем с учетом требуемой точности разбивки. Чтобы по возможности уменьшить ошибки, необходимо: увеличивать точность центрирования инструмента, которая в обычных условиях при применении отвеса на гибкой нити достигает 1 см; следует рекомендовать применение оптических отвесов, так как в этом случае

ошибка центрирования практически может быть доведена до нуля.

Для уменьшения ошибки от неточности установки знака (ве-хи) над точкой визирования рекомендуется производить визи-рование на иглу, гвоздь и т. п., забиваемые на знаке.

Ошибки, происходящие от неточности наведения на визируе-мый знак и от неточности отчетов по лимбу, подробно рассмат-риваются в геодезии и на них можно не останавливаться; до-статочно напомнить, что для измерения углов основным является способ приемов.

3. Определение высот

Для определения высот частей сооружений производят пере-нос посредством нивелирования отметок с реперов, устанавли-ваемых в районе строительной площадки; кроме того, применяют рейки, ленты, рулетки, проволоку для дополнительного отклады-вания (вверх или вниз) точек, отметки которых определены ни-велировкой.

Чтобы обеспечить требуемую точность определения высот расположения точек, необходимо установить достаточное число реперов вблизи сооружения и отметки ответственных точек опре-делять нивелировкой с двух или более реперов; применяемые для высотных измерений ленты, проволоки и др. должны быть компарированы.

§ 81. СПОСОБЫ ПЛАНОВОЙ РАЗБИВКИ СООРУЖЕНИЙ

1. Основные положения

Для разбивки сооружений, положение которых запроектиро-вано на плане, необходимо перенести на местность их оси и кон-туры; так как точность графического определения координат то-чек на плане ниже предъявляемой требованиями разбивки, то графические измерения необходимо производить с наибольшей тщательностью, с учетом ошибок, вызываемых деформацией бу-маги.

В. П. Введенский рекомендует следующий способ (рис. 99). Пусть тре-буется определить координаты точек A и B на плане. Пользуясь координат-ной сеткой, вычисляют координаты вершины n юго-западного угла квад-рата, внутри которого расположена точка A , затем определяют координаты x, y точки A относительно точки n по формулам.

$$x = \frac{100}{na + a'n} na; \quad (36)$$

$$y = \frac{100}{na' + a'm} na', \quad (37)$$

где 100 — длина стороны квадрата в м;
 $na, a'n, na', a'm$ — длины, измеряемые циркулем по масштабу.

Координаты x и y точки A относительно точки n (вершины угла квад-рата) прибавляют к координатам точки n и находят координаты точки A : X_A и Y_A .

Таким же способом определяют координаты точки B : X_B и Y_B . Азимут α и длину l линии AB вычисляют по формулам

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}, \quad (38)$$

$$l = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha}, \quad l = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \alpha}, \quad (39)$$

$$l = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}. \quad (40)$$

Если на планшете и на местности имеются опорные точки M и N , координаты кото-рых X_M, Y_M и X_N, Y_N из-вестны (рис. 99), то точка A может быть перенесена на мес-тность следующим образом. Вычисляют длину линии MA по формулам (39), а также угол β , равный разности азиму-тов линий MN и MA , причем азимуты вычисляются по фор-муле (38). Затем устанавли-вают теодолит в точке M , от-кладывают на лимбе угол β и по направлению MA измеряют длину линии MA , конец кото-рой определит положение то-чки A . Таким же способом мо-жет быть перенесена на мес-тность и точка B .

Кроме описанного способа могут быть применены и дру-гие.

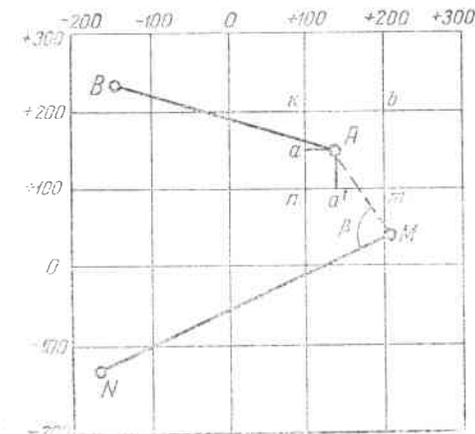


Рис. 99. Определение координат точек при перенесении их на местность

При разбивке сооружений, так же как и при производстве других геодезических работ, надо соблюдать основной принцип — переход от общего к частному, т. е. сначала разбивать главные оси сооружения, а затем оси отдельных частей и наконец дета-лей.

Для разбивки применяют следующие способы (рис. 100): 1) полярных координат; 2) угловых засечек; 3) створных засе-чек; 4) микротриангуляции; 5) прямоугольных координат.

2. Способы разбивки

Способ полярных координат. Разбивается основ-ная ось сооружения или основное направление AB и от опорной точки A откладывают соответствующие расстояния l_1, l_2, \dots под углами $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ (рис. 100, а).

Способ прямых угловых засечек. Определяемая

точка C (рис. 100, б) находится пересечением двух лучей AC и BC , направленных под углами α и β к базису AB (A и B — опорные точки).

Для увеличения точности можно добавить контрольную засечку с базиса BD , как показано на рисунке; в этом случае окон-

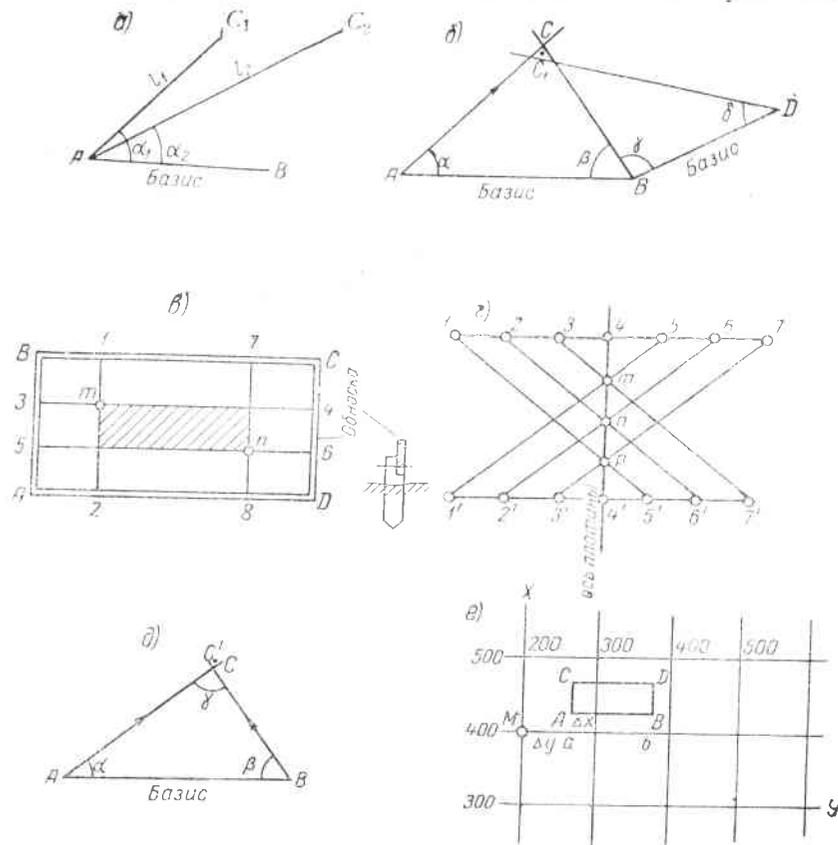


Рис. 100. Способы разбивки

а — полярных координат; б — прямых угловых засечек; в — прямоугольных створных засечек; г — косугольных створных засечек; д — микротриангуляции; е — прямоугольных координат

чательное положение определяемой точки принимают в C_1 (центр тяжести треугольника погрешности).

Способ прямоугольных створных засечек и пересекающихся створов. Определяемое положение точки получается на пересечении двух лучей, причем эти лучи проложены по створам, находящимся вне сооружения.

На рис. 100, в показан способ разбивки по взаимно перпендикулярным створам, широко применяемый для гражданских и промышленных сооружений.

Вне контура сооружения устанавливается так называемая «обноска» $ABCD$, состоящая из досок, поставленных на ребро и прибитых гвоздями к столбам, врытым в землю. На верхних границах досок от основных осей сооружения наносятся штрихами, согласно чертежу, соответствующие абсциссы и ординаты, которые определяют точки, требующиеся для разбивки; для разбивки протягивают бечевки или проволоки по взаимно перпендикулярным направлениям: $1,2-3,4$ и $5,6-7,8$; в местах их пересечения находят определяемые точки m, n .

При разбивке промежуточных опор (быков) мостов, плотины может быть использована схема пересекающихся створов, изображенная на рис. 100, г; аналогичная схема широко применяется при гидрометрических работах. На пересечении створов определяются точки m, n, p .

Способ микротриангуляции. Имея базис AB (рис. 101, д) определяют посредством прямой засечки положение точки C , измерив углы α и β ; затем измеряют угол γ . Вычислив невязку Δ в сумме углов треугольника ABC , вводят поправку $\pm \frac{\Delta}{3}$ в значения углов этого треугольника, а затем вычисляют координаты уточненного положения точки C' и поправки к координатам точки C , затем корректируют положение точки C' точными измерениями на сооружении. Этот способ может быть применен, если имеется возможность установить теодолит в точке C .

Способ прямоугольных координат. При наличии на строительной площадке большого числа сооружений и зданий широко применяют способ прямоугольных координат. В этом случае на плане наносят главные оси площадки в виде двух взаимно перпендикулярных линий и вычерчивают так называемую строительную сетку в виде квадратов, длина сторон которых принимается равной 100, 200 м. Главные оси площадки переносят с плана на местность описанным выше способом и закрепляют; затем разбивают строительную сетку, причем вершины квадратов закрепляют знаками (например, бетонными столбиками), трубками и т. п.; некоторые вершины квадратов привязывают к опорным пунктам и производят соответствующее уравнивание.

Положение отдельных сооружений и их частей относительно строительной сетки определяется путем переноса на местность прямоугольных координат определяемой точки. Для этого теодолит устанавливают, например, в вершине квадрата M (рис. 100, е) затем откладывают величину Δy и получают положение точки a ; установив теодолит в точке a , откладывают по направлению, перпендикулярному линии Ma , величину Δx и получают точку A , таким же способом определяют положение точки B и т. д.

3. Сравнение способов разбивки

Основными способами разбивки сооружений следует считать: для крупных гидротехнических сооружений — способ угловых засечек, для малых — способ прямоугольных створных засечек; для строительных площадок с большим числом зданий и сооружений — способ прямоугольных координат.

§ 82. ПЛАНОВАЯ ОПОРНАЯ СЕТЬ. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ОПОРНЫХ ТОЧЕК. ПРИМЕРЫ РАЗБИВКИ

1. Плановая опорная сеть и закрепление опорных точек

Для разбивки сооружения на местности с требуемой точностью используют плановые опорные точки, координаты которых были определены при основных геодезических работах; сюда относятся триангуляционные и полигонометрические пункты. Если опорные точки расположены в непосредственной близости к сооружению, то к ним привязывают главные оси сооружения, а затем разбивку ведут от главных осей описанными выше способами; если же опорные точки расположены далеко от строительной площадки, то от ближайших опорных пунктов прокладывают к строительной площадке опорную сеть способом триангуляции или полигонометрии, геодезических засечек, короткобазисной полигонометрии, а затем производят разбивку, как указано выше.

Для увеличения точности следует производить разбивку с контрольным определением точек посредством засечек, измерений длин и т. п.

Весьма целесообразно, как было сказано выше, для разбивки пользоваться базисами (рис. 100), надежно закрепляемыми на месте вблизи сооружения; при этом возможны различные расположения базисов: на одном берегу реки или на двух противоположных.

Размещение опорных точек необходимо вести с учетом условий производства строительных работ так, чтобы они были расположены в отдалении от проездов и чтобы наблюдения с них могли вестись без затруднений. Следует располагать базисы и точки наблюдений по возможности без специальных вышек для наблюдений; однако это не всегда удается и приходится иногда строить пирамиды (сигналы).

Закрепление опорных точек производят разными способами: например, бетонными столбами, в которых заделывают марку или стальной стержень со сферической головкой; такой знак может служить и высотным репером. Можно заделать в бетонный столб отрезок трубы и винтить в него стальную пробку с обозначенным центром; вывинтив пробку, можно в трубку вставить вежу для визирования. Для закрепления направ-

лений заделывают в бетон скобы (рис. 101) с рисками, через которые должна проходить прямая, разбиваемая посредством теодолита.

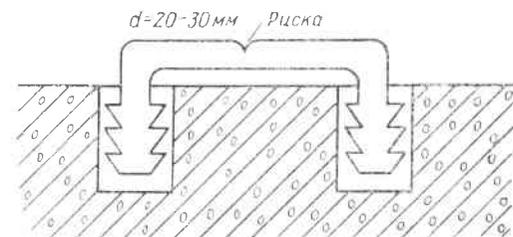


Рис. 101. Скоба с риской

2. Примеры разбивки сооружений

Разбивка гидроузла Днепростроя Запорожской гидроэлектростанции имени В. И. Ленина. В состав гидроузла входят: 1) плотина, криволинейная в плане (по дуге круга); 2) шлюз, расположенный у левого берега; 3) здание гидроэлектростанции у правого берега (рис. 102).

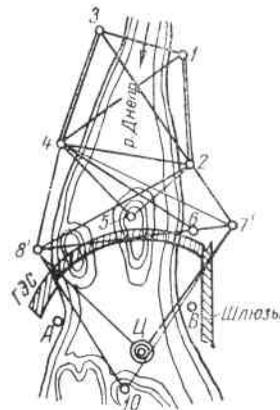


Рис. 102. Опорная плановая сеть для разбивки гидроузла Днепростроя

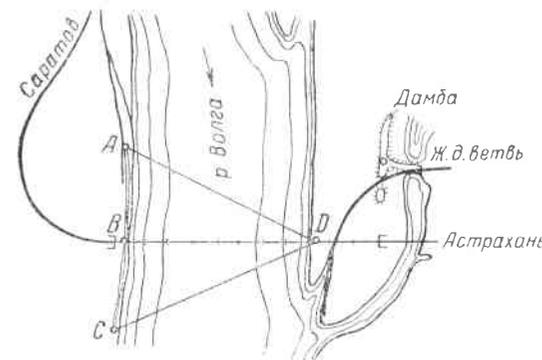


Рис. 103. Опорная плановая сеть для разбивки Саратовского моста

Для разбивки гидроузла использовали шесть опорных точек 5, 6, 7', 8, 10 и Ц. Последняя точка была расположена на искусственно построенном острове; здесь был закреплен центр круга, дуга которого являлась осью плотины. Базисы 1—2 и 3—4 были измерены с точностью до 1:1 000 000; положение точек 8' и 7' определено со средней квадратичной ошибкой ± 3 мм.

Разбивка Саратовского моста. Для моста, длина которого равна 1 694,5 м, были разбиты два базиса — АВ и ВС (рис. 103) длиной 590 и 642 м. Точки А, В, С были закреплены бетонными столбами с заделанными в них марками; разбивка опор производилась способом угловых засечек (рис. 100, б).

§ 83. РАЗБИВКА СУДОХОДНЫХ ТРАСС ДО ЗАПОЛНЕНИЯ ЧАШИ ВОДОХРАНИЛИЩА

На рис. 104 показан участок одного водохранилища; на плане изображены: основная трасса судового хода 11—12—13—14—15—16—17; дополнительные судовые ходы 121—122—123—13, 123—124—125—126 и 121—125—14; щелевые и простые створы (для обстановки фарватеров); границы затопления; пункты триангуляции № 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, выполненной при производстве основных работ.

Для разбивки на местности как судовых трасс, так и знаков обстановки произведено сгущение основной опорной сети: 1) определены дополнительные пункты заполняющей сети для привязки створных знаков и углов поворота судовых трасс; 2) проложены для той же цели дополнительные цепи микротриангуляции; 3) проложены полигонометрические и теодолитные ходы.

Имея достаточное число опорных точек, нетрудно, пользуясь методами, изложенными в § 81, перенести на местность и закрепить требуемые пункты размещения знаков обстановки. Следует добавить, что в рассматриваемом случае можно с успехом применить графические методы увязки триангуляционных сетей (§ 9, п. 3).

§ 84. РАЗБИВКА ТОННЕЛЕЙ

1. Основные данные

В задачу разбивки (трассирования) тоннеля входит определение и закрепление направления его оси. Прежде всего необходимо отметить, что геодезические работы по разбивке тоннелей как во время изысканий, так и в период строительства являются особо ответственными и требуют высокой точности.

Способ разбивки тоннеля в значительной степени зависит от местных условий: рельефа, доступности местности для производства геодезических работ, длины тоннеля, очертания трассы тоннеля в плане (наличие кривых, изменение уклонов), способа производства работы (с применением шахт, проходка тоннеля с одного или с двух концов навстречу) и др.

Проложение опорной сети и съемка производятся с применением описанных в гл. V методов; следует рекомендовать в труднодоступных горных районах аэрофото- и фототеодолитную съемку; могут быть применены и радиогеодезические методы. Во всех случаях трассирования тоннелей необходимо иметь план района в горизонталях.

При трассировании тоннеля для определения его направления и длины могут быть применены следующие способы: непосредственное трассирование поверху; проложение триангуляции; проложение полигонометрии; смешанный способ.

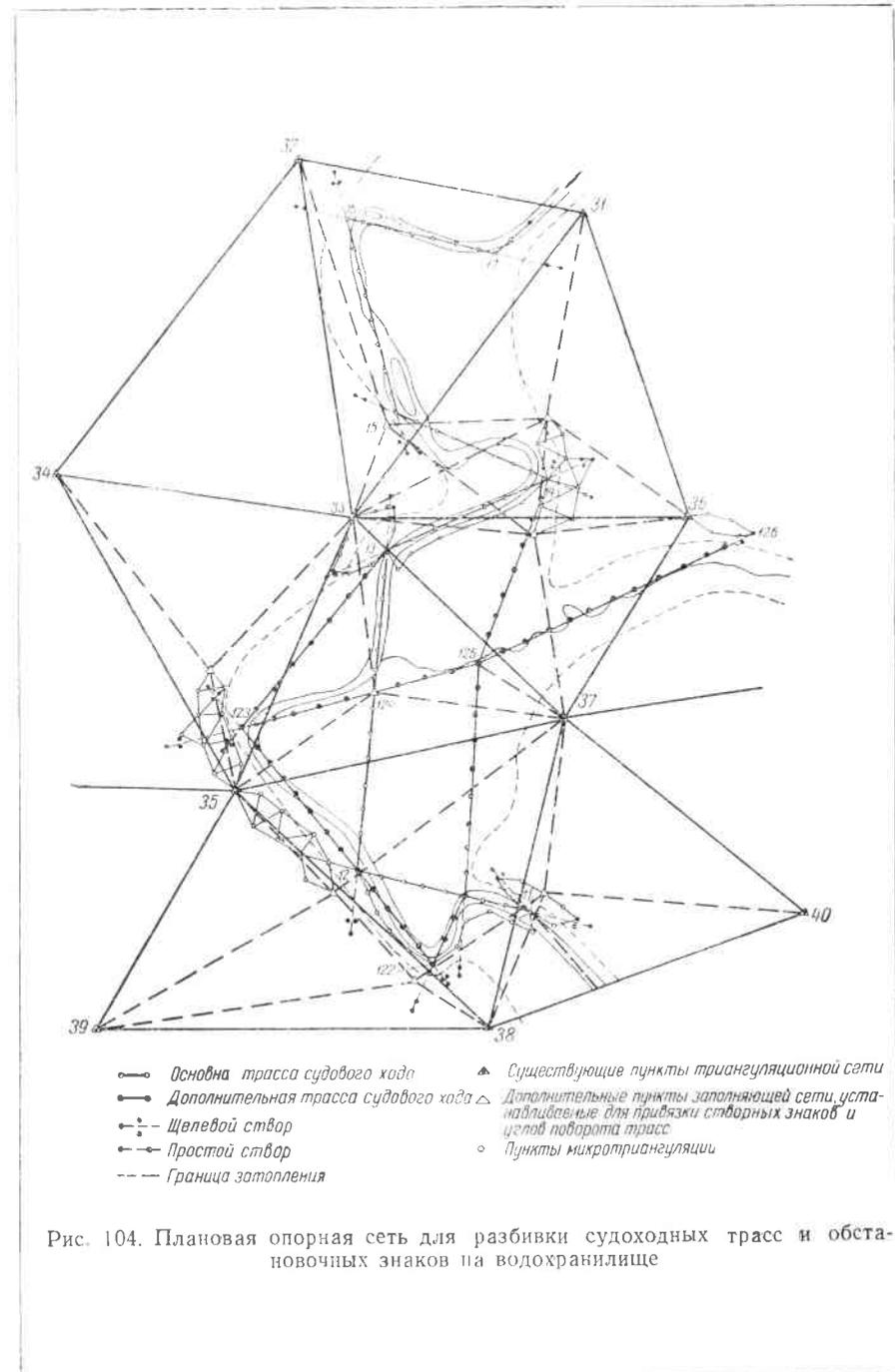


Рис. 104. Плановая опорная сеть для разбивки судовых трасс и обстановочных знаков на водохранилище

2. Трассирование оси тоннеля поверху

Трассирование оси тоннеля непосредственно поверху производится путем разбивки на местности прямой между точками входов в него (порталов).

Длина тоннеля в рассматриваемом случае может быть измерена непосредственно по оси; при благоприятных условиях местности иногда для этого устраивают дощатый помост, однако это обходится дорого. В настоящее время описанный способ применяется редко.

3. Трассирование с проложением триангуляции

Наиболее распространенным способом трассирования оси длинных тоннелей является проложение цепи треугольников или, лучше, четырехугольников между конечными точками тоннеля. Если в данном районе имеются государственные триангуляционные пункты, то триангуляционно для трассирования тоннеля можно проложить между этими пунктами, однако, при условии, что при этом будет обеспечена требуемая точность разбивки.

В большинстве случаев измеряются базисы с соответствующей точностью; при числе треугольников более пяти должно быть измерено не менее двух базисов (в начале и конце тоннеля). Так как в горных условиях выбрать место для базиса нередко бывает затруднительно, то в таких случаях разбивают базис в некотором отдалении от входных точек тоннеля, а затем прокладывают вспомогательную триангуляционную сеть для подхода к нему.

На рис. 105, а показан пример разбивки тоннеля с применением триангуляции.

4. Трассирование с проложением полигонометрических ходов

Вместо триангуляции можно при благоприятных местных условиях проложить полигонометрический ход соответствующего класса, как показано на рис. 105, б. Для увеличения точности желательно проложить второй полигонометрический ход, с тем чтобы получился замкнутый полигон. Можно применить и короткобазисную полигонометрию.

В некоторых случаях могут быть применены смешанные методы трассирования тоннелей с использованием триангуляции для получения основных опорных точек и полигонометрических ходов, опирающихся на триангуляционные пункты.

5. Разбивка тоннелей при постройке

У входов в тоннель устанавливают визирные створы (щиты), закрепляющие его ось, разбивку производят теодолитом, устанавливаемым на оси тоннеля, причем визируют на нить отвеса, закрепляемую в потолке тоннеля; внизу устанавливают столбик с центром на оси тоннеля. Длины линий измеряют с

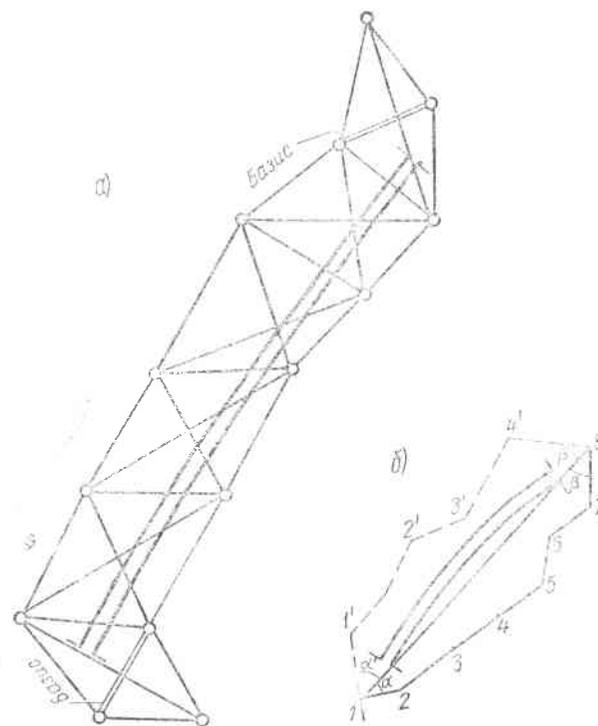


Рис. 105. Разбивка оси тоннеля
а — применением триангуляции; б — с проложением полигонометрических ходов

точностью, удовлетворяющей требованиям полигонометрии соответствующего класса. Ввиду того что разбивка ведется одновременно с проходкой тоннеля, во избежание накопления ошибок, особенно в определении направления оси, производят более точные разбивки по оси пройденного участка с визированием на возможно большие расстояния. Так как разбивку внутри тоннеля производят при плохом освещении, необходимо иметь соответствующие устройства для освещения сетки теодолита, нитей отвесов, реек и т. п.

При изысканиях и трассировании каналов, дамб, тоннелей, дорог и других сооружений сопряжение их прямолинейных участков производят посредством круговых кривых, как показано на рис. 106, где AB и BC — отрезки прямых, касательные к сопрягающей кривой AC в точках A и C . Касательные AB и BC называются тангенсами и обозначаются через T ; отрезок BM , обозначаемый через B , называется биссектрисой. M — середина кривой AB ; точки A , C , M называются главными точками кривой.

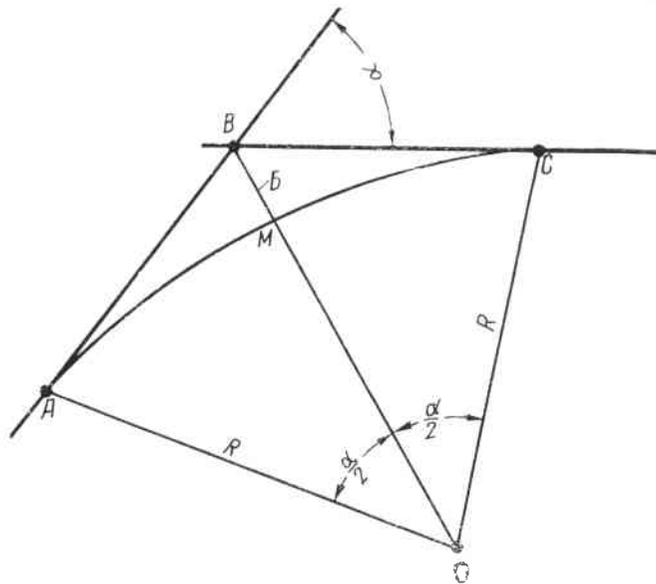


Рис. 106. Разбивка кривой

Если OA — радиус кривой AC — обозначить через R , то

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (41)$$

$$B = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) = \frac{2R \sin^2 \frac{\alpha}{4}}{\cos \frac{\alpha}{2}}. \quad (42)$$

Длина кривой AC

$$K = \frac{\alpha}{180^\circ} \pi R. \quad (43)$$

Величины T , B , K вычисляются по специальным таблицам. Кроме того, в таблицах приводятся величины

$$D = 2T - K, \quad (44)$$

называемые домером; они используются при разбивке пикетажа.

Разбив на местности главные точки, производят детальную разбивку кривой разными способами, которые описываются в курсах геодезии и специальных руководствах.

1. Опорная высотная сеть. Реперы

Опорная высотная сеть в районе строительной площадки состоит из устанавливаемых реперов, которые связываются нивелировкой с реперами, заложёнными при производстве основных топографо-геодезических работ, описанных в гл. V.

Особое внимание должно быть обращено на устойчивость реперов ввиду возможных деформаций грунта в связи с производством взрывных работ, забивкой свай мощными свайными молотами, постройкой глубоких котлованов, возведением высоких насыпей, плотин, дамб и т. п. В этих случаях рекомендуется устанавливать реперы на некотором расстоянии от котлована и перемычки, где производится забивка свай; величина расстояния зависит от характера грунта, глубины котлована и других местных условий; для ориентировки можно принимать это расстояние, например, равным не менее 3—5-кратной глубине котлована.

Кроме реперов, которые устанавливаются вблизи сооружений (их называют рабочими), необходимо устанавливать контрольные реперы, на более значительном расстоянии, с тем, чтобы иметь возможность проверять посредством нивелирования от этих реперов отметки первых. При строительстве канала имени Москвы была проложена вдоль него нивелирная сеть II класса, закрепленная реперами и вне пределов работ, а у сооружений ставились рабочие реперы, связанные с основными реперами нивелировкой IV класса.

Если намечается производство точных наблюдений над осадкой сооружений, то устанавливают фундаментальные реперы специальной конструкции.

Можно, например, использовать конструкцию репера, применявшегося для изучения осадки высотных зданий в Москве. Репер состоит из стальной реперной трубы диаметром 89 мм и защитной трубы диаметром 168 мм, опущенных на глубину 7 м. Промежуток между трубами заливается битумом. Для опускания реперной и защитной труб предварительно производят бурение с диаметром обсадной трубы 325 мм. Для предохранения от повреждений репера сверху устраивают кирпичный или железобетонный колодец, закрытый тремя крышками; на дне колодца прокладывается теплоизоляция. Имеются реперы и других систем, например в виде бетонных массивов пирамидальной формы; основание такого репера должно быть ниже наибольшей глубины промерзания грунта, а верхняя площадка — ниже поверхности земли; репер засыпают грунтом.

2. Определение отметок глубоких котлованов и высоких площадок

Для определения посредством нивелирования отметок дна глубокого котлована, шахты (рис. 107) нивелир устанавливают посредине между рейкой, стоящей на репере $Pn1$, и стальной компарированной рулеткой, опускаемой с грузом в котлован, где

груз погружается в сосуд с водой; рулетку прикрепляют к выносу *A*, устраиваемому над котлованом. На дне котлована устанавливают репер *Pn2*; на этот репер ставят вторую рейку, а на дне котлована между этой рейкой и рулеткой располагают второй нивелир; отсчеты оба нивелировщика производят одновременно;

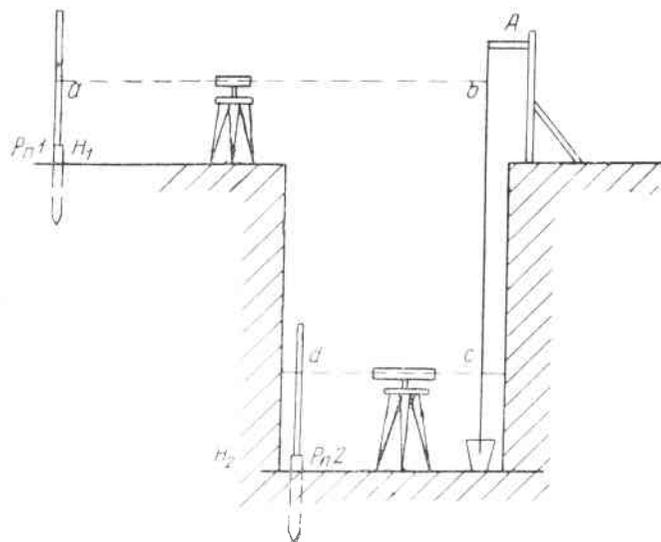


Рис. 107. Передача отметки на дно котлована

для уточненного отсчета по рулетке можно пользоваться дополнительной стальной линейкой с миллиметровыми делениями.

Для контроля следует установить в котловане еще не менее двух реперов и время от времени проверять их неизменяемость посредством нивелировки от рабочих реперов.

Отметка репера *Pn2* равна

$$H_2 = H_1 + a - (b - c) - d, \quad (45)$$

где H_1 и H_2 — отметки реперов *Pn1* и *Pn2*;

a , d — соответственные отсчеты по рейкам;

b , c — то же, по рулетке.

Если требуется определить отметки частей сооружения, осей механизмов и т. п., расположенных высоко над поверхностью земли, то определяют нивелированием отметку какой-либо нижней точки на сооружении и устанавливают здесь репер (например, в виде марки и т. п.); от этого репера посредством стальной рулетки (ленты) передают отметку на репер, устанавливаемый на верхней площадке, затем посредством нивелирования находят отметки самой площадки, осей механизмов и др.; в этом случае второй нивелир устанавливают наверху (на площадке, в помещении).

Глава XVII. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

§ 87. ЗАДАЧИ ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ И ИЗЫСКАНИЙ, СВЯЗАННЫХ С НИМИ. СТАДИИ ИЗЫСКАНИЙ

Главной задачей выправительных (регуляционных) работ является воздействие на русловые процессы посредством возведения различного рода сооружений в русле водного потока с оставлением его в свободном состоянии, в целях: увеличения глубин, целесообразного изменения гидравлического режима потока, защиты берегов от разрушения, предохранения земель и других объектов от затопления, ледохода, отложения наносов.

Нередко выправительные работы ведутся с применением и дноуглубительных.

В соответствии со сказанным в задачи изысканий и исследований, производимых в связи с выправительными работами, входит всестороннее изучение водного потока на соответствующих участках, в особенности его гидрологического режима и гидравлической структуры. В результате должны быть получены материалы, необходимые для проектирования и производства строительных работ. Кроме того, в задачи геодезических работ входит и разбивка сооружений согласно проекту.

Подобно другим видам изыскательных работ рассматриваемые изыскания подразделяют в зависимости от стадии проектирования на рекогносцировочные, предварительные, подробные и строительные (предпостроечные). Само собой разумеется, надо стремиться к возможно меньшему числу стадий изысканий, учитывая сложность проекта, изученность реки и др.

§ 88. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ. ВЫБОР УЧАСТКОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ. ПРОЕКТНЫЙ УРОВЕНЬ. СОСТАВ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

1. Предварительные камеральные работы

Целью предварительных камеральных работ является сбор топографо-геодезических, гидрологических, геологических и других материалов. Особое внимание должно быть обращено на получение планов реки по съемкам прежних лет для суждений о переформировании русла на затруднительных участках, а также на материалы по уровням и расходам воды, по наносам, о ледоходе, зимнем режиме, геологии; при этом следует учитывать необходимость характеристики не только меженного русла, но также поймы и коренных берегов.

Кроме того, необходимо получить данные о дноуглубительных, выправительных и других работах, которые были произведены на реке, и о результатах этих работ.

2. Выбор участков для производства выправительных работ

Приступая к изысканиям для выправительных работ, имею-щих целью улучшение судоходных условий рек, необходимо прежде всего выбрать участки реки, подлежащие выправлению; обычно в таких случаях используют материалы предыдущих исследований реки. Особого внимания требуют: участки, представлявшие наибольшие затруднения для судоходства, вследствие недостаточности глубин и ширины фарватера, малых радиусов; участки, где производились наиболее значительные дноуглубительные работы; перекаты, на которых землечерпательные про-резы были весьма неустойчивыми и требовали повторных боль-ших работ; в некоторых случаях подлежат изучению судоходные рукава, имеющие тенденцию к отмиранию, проходящие вблизи важных пристаней у крупных городов.

Если выправительные работы на реке производятся в связи с мостовыми переходами, укреплением берегов, обвалованием территорий, предохранением водоприемников от наносов, от действия льда, использованием реки как водоприемника при осуше-нии земель, то в таких случаях исследования для выправительных работ производятся с учетом требований задания и особенностей проектируемых сооружений и технических мероприятий.

3. Установление проектного уровня

Следующим важным вопросом является установление проект-ного уровня. При выправительных работах выбор отметки проект-ного уровня, от которого должны отсчитываться заданные глубины, производится так же, как и выбор его при дноуглубительных работах, выполняемых для судоходных целей, т. е. устанавли-вается уровень заданной обеспеченности.

Кроме проектного уровня для отсчета глубин, обычно уста-навливают также уровень, при котором выправительные соору-жения должны оказывать влияние на режим водного потока. От-метки этого уровня должны быть указаны в проекте.

Проектный уровень обычно соответствует меженному режиму. В других случаях (например, при обваловании, мостовых пере-ходах) проектный уровень принимают высокий, обеспеченность его также должна быть указана в проекте. Отметки высоких уровней определяют на основании изучения материалов много-летних водомерных наблюдений, а также на основании опреде-ления так называемых исторических уровней.

§ 89. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И ПРОМЕРНЫЕ РАБОТЫ

Участки реки, намеченные для выправительных работ, снимают в масштабе, более крупном, чем масштаб, принятый при основных исследованиях реки, например 1 : 10 000, 1 : 5 000, а

для малых рек принимают масштаб, например, 1 : 2 000. Гори-зонтиали проводят через 1—0,5 м и даже через 0,25 м, в зависи-мости от местных условий. Съемкой должна быть охвачена вся пойма с второстепенными рукавами, староречьями и т. п.; в слу-чае возможности желательно производить аэрофотосъемку и ис-пользовать планшеты прежних лет, полученные при картографи-ческих съемках.

При выборе масштаба съемки необходимо знать, каковы на данном участке реки глубины, ширины судового хода, радиусы закруглений, т. е. элементы, в первую очередь необхо-димые для проектирования выправительной трассы; кроме того, должны быть учтены и особенности гидрологического режима. При определении границ участков, которые надо исследовать подробно, необходимо учитывать, что выправительные сооруже-ния, воздействующие на водный поток, могут оказать влияние и на участки, ближайšie к выправляемому.

При производстве съемок и нивелировок на исследуемом участке необходимо обратить внимание на уста-новку надежно закрепленных опорных плановых и высотных то-чек (реперов) для использования их во время наблюдений и измерений и для наилучшей сравнимости планов, снятых в раз-ное время, а также при разбивке сооружений. Для усиления об-интенсивности переформирования берегов необходимо закрепить также на берегах магистраль.

Промерные работы производят обычными методами. Кроме промеров по поперечникам, производят также и продоль-ные промеры. Применение эхолота является весьма желательным.

Съемочные и промерные работы производят при разных уров-нях; следует производить промеры перед весенним паводком и на его гребне, в конце спада паводка, в межень; в ряде случаев производят и зимние промеры.

§ 90. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

1. Наблюдения над уровнями и уклонами

Для наблюдений над колебаниями уровней на исследуемых участках устраивают водомерные посты в характерных местах (в начале и конце перекатов, у гребней перекатов); расстояния между постами принимают 1—5 км, в зависимости от местных условий. Кроме обычных водомерных наблюдений, нередко на постах ведут измерения продольных и попереч-ных уклонов.

Пользуясь наблюдениями на водомерных постах и дан-ными продольной нивелировки, определяют отметки сре-зочного уровня и уточняют отметки проектного уровня,

обычно требующиеся для проектирования выправительных работ (§ 18).

В число уровней, подлежащих определению, входят:

- 1) самый низкий навигационный и средненизкий уровни;
- 2) наинизший и средненизкий уровень осеннего ледохода;
- 3) наинизший зимний уровень;
- 4) наинизший уровень подвижки льда;
- 5) средневысокий и самый высокий уровни весеннего ледохода;
- 6) средневысокий и наивысший весенний уровни.

Особое внимание должно быть обращено и на определение отметок и исторических уровней. Для фиксирования высоких уровней рекомендуется устанавливать автоматические рейки простейшей конструкции.

2. Определение скоростей течений и расходов.

Определение направлений струй и уклонов

В дополнение к действующим гидрометрическим станциям организуется определение скоростей течения и расходов воды на участках, где намечаются выправительные работы, особенно при наличии большого числа рукавов, широкой поймы и притоков на этих участках. Во всяком случае должны быть определены расходы, соответствующие уровням, указанным выше. Необходимо также установить распределение расходов воды между главным руслом и второстепенными рукавами при разных уровнях; должно быть исследовано и участие поймы в пропуске расходов воды.

Направление движения струй изучается при помощи поверхностных поплавков, причем желательнее одновременно измерять и глубины, для чего целесообразно применить рыба-лот и в особенности эхолот. При большом объеме исследований можно применить аэрометод, разработанный Гидропроектом и заключающийся в следующем: катер, движущийся поперек реки, по сигналу с самолета сбрасывает на воду деревянные щиты (поплавки) размерами 2×2 м, которые фотографируются с самолета; одновременно фиксируется время и высота снимка (посредством радиовысотомера) для определения масштаба снимка и скорости движения щитов. Этот метод был с успехом применен при изысканиях Куйбышевской, Сталинградской и других ГЭС на Волге.

Нередко, кроме направления поверхностных струй, изучают также направление движения струй на различных глубинах, применяя для этого либо глубинные поплавки, либо специальные вертушки.

Определение продольных и поперечных уклонов водной поверхности производят при разных уровнях; желательнее применять пловучие рейки и профилографы для изображения водной поверхности в горизонталях.

3. Определение коэффициентов шероховатости

Так как в формулы для расчетов элементов выправительной трассы и в другие гидравлические формулы входят коэффициенты шероховатости русла, то определение их должно быть включено в состав гидрологических работ: для этого, как известно, необходимо измерить расходы и уклоны на соответствующих участках реки, имеющих различные коэффициенты шероховатости.

4. Наблюдения над наносами и формированием русла

Изучение режима наносов (взвешенных, допных и придонных) имеет большое значение; при этом должны быть определены как расходы наносов при разных уровнях, так и их сток, проходящий через соответствующие створы на исследуемых участках реки. Необходимо также исследовать и процесс формирования русла, для чего наблюдения над наносами и расходами воды должны производиться при разных характерных уровнях. Пробы наносов надо подвергать гранулометрическому анализу.

5. Гидробатометрические исследования

При изучении гидрологического режима участков реки со сложным русловым режимом, особенно при наличии перекатов с косыми неправильными течениями, большого числа рукавов, широкой поймы и т. п., следует производить гидробатометрические исследования.

6. Способ расчета русловых процессов Н. М. Бернадского

При исследовании деформаций речного русла применяют также теоретические способы расчета например, метод, разработанный Н. М. Бернадским¹.

Этот метод требует предварительного построения натурального или теоретического плана течений, который дает возможность получить схему распределения скоростей потока, их величину и направление, на основании чего затем аналитически определяют деформирующие воздействия водного потока.

Для построения натурального плана течений необходимо иметь:

- 1) план участка реки в горизонталях или изобатах, соответствующий расчетному расходу;
- 2) гидробатометрические профили в характерных местах на участке реки;
- 3) эпюры элементарных расходов на каждом профиле².

Пользуясь эпюрами элементарных расходов, строят интегральные кривые элементарных расходов по ширине каждого профиля (рис. 108); затем крайнюю ординату, изображающую рас-

¹ Н. М. Бернадский, Теория турбулентного потока и ее применение к построению течений в открытых водоемах, Госгизпергиздат, 1933.

² См. также А. Н. Чекрыгин, Водные пути, ч. 1, Водтрансиздат, 1953.

ход в данном профиле, делят на равные части, после чего из точек пересечения интегральной кривой с горизонтальными линиями проводят, как показано на рис. 108, вертикали до пересечения с осью абсцисс; далее полученные на оси абсцисс точки 1', 2', 3',

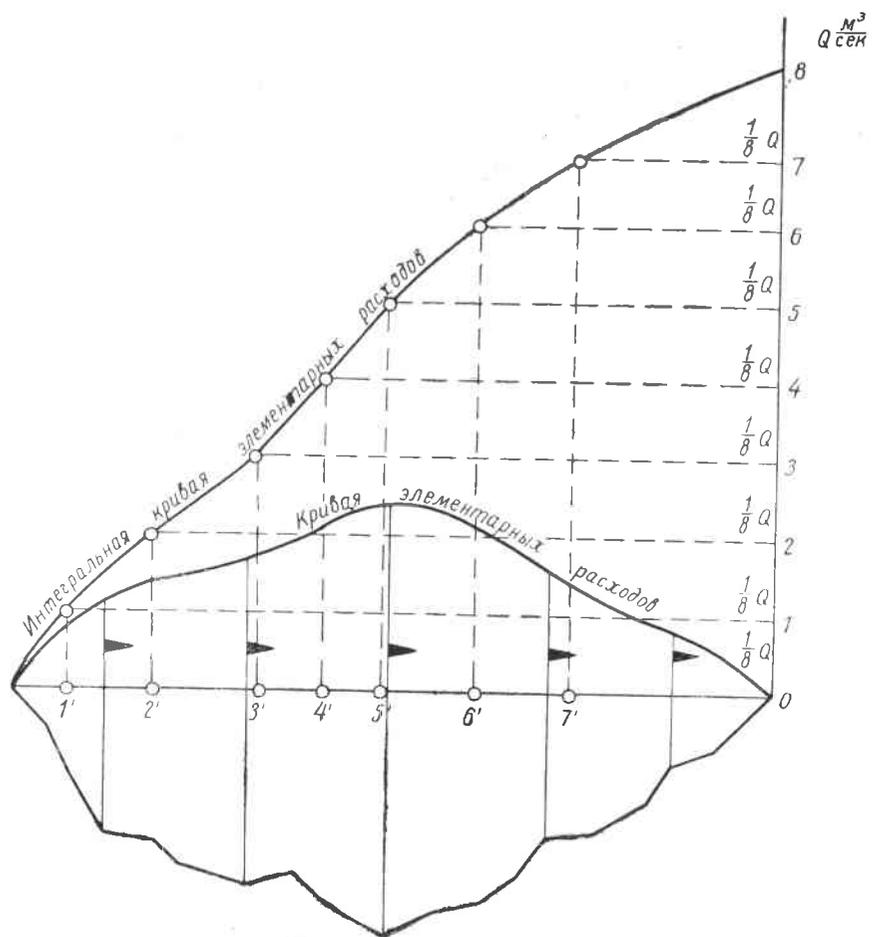


Рис. 108. Построение интегральной кривой элементарных расходов

4', 5', 6', 7' переносят на план и по ним проводят плавные линии, являющиеся линиями тока.

Расход q между линиями тока равен $q = \frac{Q}{n}$, где Q — расход, проходящий через живое сечение, n — число струй.

Пользуясь планом течений (рис. 109), определяют аналитически величину суточной деформации русла и величины суточных

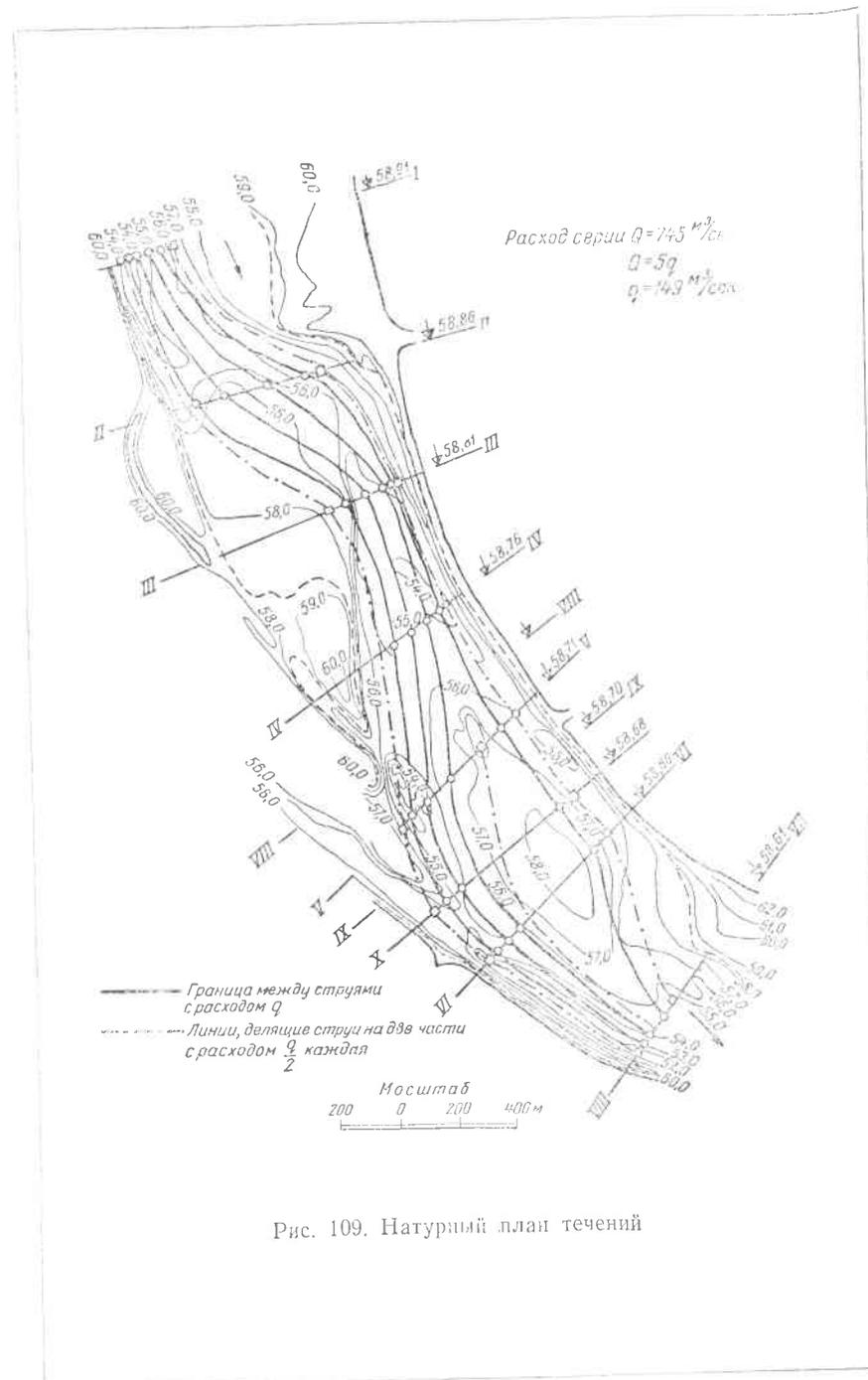


Рис. 109. Натурный план течений

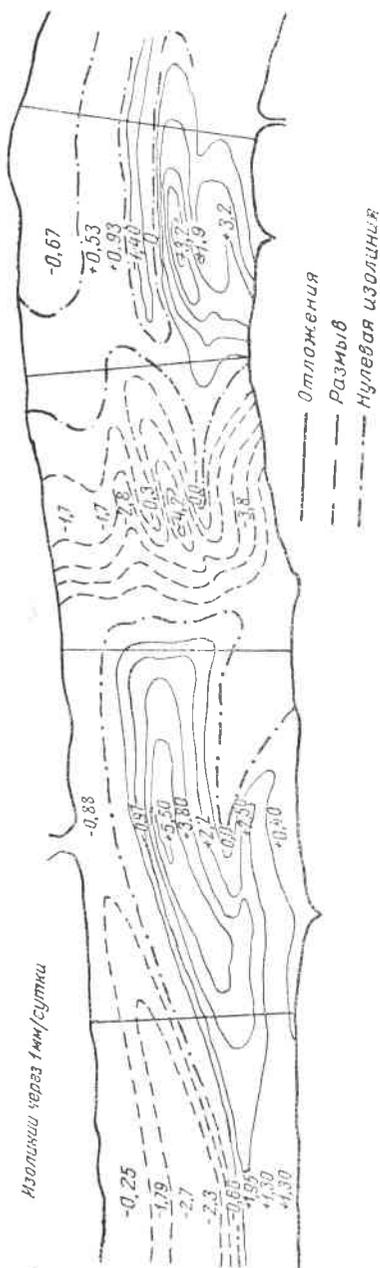


Рис. 110. План суточных деформаций русла

размылов и отложений и, наконец, строят план изолиний деформаций русла (рис. 110)¹.

Необходимо отметить, что в методе Н. М. Бернадского не учитываются внутренние поперечные циркуляции.

7. Исследования зимнего режима

Зимний режим исследуемых участков реки должен быть всесторонне изучен, особенно условия осеннего и весеннего ледохода. Выправительные сооружения, возводимые с целью регулирования межених уровней, могут подвергнуться разрушительному действию осеннего ледохода, проходящего при сравнительно низких уровнях. При проектировании оградительных, берегоукрепительных, струна-правяющих и других сооружений, возвышающихся над весенним уровнем, необходимо учитывать явления весеннего ледохода.

Особый интерес представляют наивысшие и средневые уровни ледохода, а также уровни подвижек льда в период вскрытия реки. Явление навалов льда на берега, ледяные заторы и зажоры также должны быть изучены и учтены при проектировании выправительных сооружений. Необходи-

¹ Подробности см. Н. А. Иванов и А. Н. Чекренев, Дноуглубление, выправление и обстановка, изд. «Водный транспорт», 1930.

мо добавить, что в ряде случаев при больших расходах, сопровождаемых бурным ледоходом, особенно при заторных явлениях, могут произойти значительные переформирования русла.

Для выполнения этих задач необходимо включить в изыскания следующие работы:

а) систематические съемки зимнего режима регулируемых участков рек;

б) наблюдения над направлением, размерами и скоростью хода льдин во время осеннего и весеннего ледохода;

в) наблюдения над процессами вскрытия и замерзания реки на регулируемых участках;

г) наблюдения над зажорами и заторами.

Работы выполняют методами, описанными выше (гл. VIII).

§ 91. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Геологические исследования

Цель геологических исследований — дать общую характеристику геологического строения долины, поймы и русла исследуемых участков реки, а также осветить свойства грунтов с точки зрения их использования как оснований выправительных сооружений и как материала для возведения дамб, запруд и других сооружений. Особое внимание должно быть обращено на изучение устойчивости грунтов дна и берегов, а также на изыскания карьеров строительных материалов (см. гл. X).

Разведочные работы ограничиваются сравнительно неглубоким шурфованием и бурением с учетом глубины заложения проектируемых сооружений и возможных размывов; объем этих работ зависит также от стадии изысканий и сложности местных условий. При производстве подробных изысканий шурфы и скважины располагают по трассе проектируемых сооружений с добавлением, если требуется, разведочных выработок и на поперечных профилях.

2. Геоморфологические исследования

Геоморфологические исследования, проводимые совместно с геологическими, необходимы для характеристики долины и процессов формирования поймы и русла; кроме того, они должны осветить и развитие эрозионных процессов в бассейне, могущих воздействовать на русловые процессы, особенно если, например, наблюдаются селевые потоки или если развита овражная сеть в районе исследуемых участков реки. Очень важно установить историю развития и переформирования участков при многоорукавом характере реки и при блуждании (перемещении) водного потока между коренными берегами.

Сопоставление планов съемок прежних лет может облегчить анализ рассматриваемых процессов. Такие планы могут быть использованы для количественных характеристик интенсивности перемещения водного потока, если были раньше закреплены на планах положения данного речного участка в определенные годы.

Рассмотрение и сопоставление планов съемок прежних лет, характеризующих общее направление формирования речного русла за многолетний период, может облегчить проектирование выправительной трассы, особенно если произвести также и количественную оценку происходящих русловых процессов. Поэтому получение этих материалов во время изысканий необходимо.

3. Гидрогеологические исследования

Цель этих исследований — выявить общие гидрогеологические условия района выправительных сооружений.

Кроме общей гидрогеологической съемки, при проектировании массивных сооружений со значительным заглублением изучают режим грунтовых вод в шурфах и скважинах, применяя методы, описанные в гл. X.

§ 92. ОСОБЕННОСТИ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ГОРНЫХ РЕКАХ

При исследованиях горных рек в связи с проектированием выправительных работ необходимо иметь в виду как особенности режима этих рек, так и особенности конструкции проектируемых сооружений.

Скорости течения и влекущая сила горных потоков вследствие крутых уклонов достигают значительных величин; роль донных наносов в твердом стоке нередко становится преобладающей; увеличивается шугоносность; большое распространение имеют и селевые потоки (в Средней Азии, Закавказье). Все сказанное должно быть учтено при выборе методов исследований и измерительной аппаратуры.

Особое внимание должно быть обращено на определение продолжительности паводков, наибольших скоростей течения и наибольших расходов.

Следует добавить, что при наличии селевых потоков, когда в русле реки образуются скопления грязе-каменных масс, преграждающих течение, определение максимальных расходов воды по наблюдениям гидрометрических станций является ненадежным, так как при прорыве образовавшихся грязе-каменных преград секундные расходы и скорости резко увеличиваются. Поэтому в этих случаях приходится пользоваться гидравлическими расчетами.

Для обоснования гидравлических расчетов необходимо производить исследования в целях установления величин

коэффициентов шероховатости, соответствующих условиям данной реки; при этом желательно установить хотя бы приблизительную зависимость между основными характеристиками русла: расходом, шириной, средней глубиной, средней скоростью течения, уклоном, крупностью наносов и др.

В этом отношении заслуживают особого внимания работы С. Т. Алтунина¹, предложившего на основании многолетних исследований ряд эмпирических зависимостей, характеризующих гидрологический и гидравлический режимы горных и предгорных рек Средней Азии, на которых были произведены затем многие выправительные работы, что дало возможность проверить результаты расчетов на практике.

Указанные эмпирические методы расчетов нельзя считать универсальными; каждый раз необходимо вносить в них поправки, учитывающие комплекс местных физико-географических, гидрологических и других условий. Установление указанных поправок должно служить основной целью изысканий.

§ 93. РАЗБИВКА ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Разбивка выправительных сооружений производится теми же методами, что и осей сооружений, причем местоположение точек на водной поверхности закрепляют пловучими буйками или посредством береговых створов и т. п.; разбивку можно производить также по льду.

Разбивка продольных осей береговых сооружений, имеющих значительную длину (например, оградительных дамб и т. п.), ведется с пикетажем (через 100 м) по оси, с дополнительными точками (плюсами), и производится нивелирование V класса. Для закрепления трассы устанавливаются по оси прочные знаки, обычно не реже чем через 500 м, одновременно делают выноски в сторону от берега на соответствующее расстояние с учетом требований производства строительных работ, и также закрепляют знаками; кроме того, разбивают нормально к продольной оси сооружения поперечные профили через 50—100 м и по ним производят нивелирование.

При разбивке сооружений в русле реки для характеристики рельефа производят подробные промеры глубин.

§ 94. ОТЧЕТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

В состав отчетных документов входят: планы исследуемых участков реки в масштабах 1:10 000, 1:5 000, 1:2 000; продольные профили и профили по трассе проектируемых сооружений; материалы для характеристики уровней, скоростей течения,

¹ С. Т. Алтунина и И. А. Бузунов, Защитные сооружения на реках, Сельхозгиз, 1953.

расходов, наносов, зимнего режима; материалы по метеорологии, геологии, геоморфологии, подземным водам, по почвенному и растительному покрову, по разбивке сооружений, а также и другие материалы (описание сооружений в русле реки, фотографические снимки и т. п.).

Глава XVIII. ИЗЫСКАНИЯ КАНАЛОВ

§ 95. ЗАДАЧИ И СТАДИИ ИЗЫСКАНИЙ

В задачи изысканий каналов входит получение материалов, необходимых для выбора и закрепления на местности наиболее выгодного направления каналов, размещения сооружений, входящих в состав каналов, а также для составления проектов каналов и соответствующих сооружений.

Изыскания каналов тесно связаны с проектированием, поэтому в дальнейшем попутно освещаются некоторые вопросы, относящиеся к их проектированию.

Изыскания каналов, так же как и другие, описанные в предыдущих главах, подразделяются на рекогносцировочные, предварительные, подробные (называемые также окончательными) и строительные (предпостроечные).

Само собой разумеется, что изыскания и проектирование по перечисленным стадиям можно производить лишь при проектировании и строительстве больших каналов со сложной трассой и крупными сооружениями; в большинстве случаев ограничиваются двумя стадиями изысканий и проектирования, например объединяются рекогносцировочные и предварительные изыскания, могут быть объединены также подробные изыскания со строительными.

Ниже рассматриваются главным образом большие каналы.

§ 96. КЛАССИФИКАЦИЯ КАНАЛОВ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ИЗЫСКАНИЙ, ТРАССИРОВАНИЕ КАНАЛОВ

1. Классификация каналов

Каналы могут быть подразделены на три основные группы: водопроводящие, судоходные и лесоплавные, смешанные.

Водопроводящие каналы предназначаются для подачи (транспортирования) воды, поэтому они и рассчитываются на определенные расходы воды; дно водопроводящих каналов должно иметь соответствующий продольный уклон. Водопроводящие каналы по их назначению разделяют на энергетические (подводящие и отводящие), оросительные (прри-

рационные), осушительные, водопроводные (т. е. для водоснабжения).

Судоходные каналы могут быть открытыми и шлюзованными; их подразделяют на обходные, подходные, деривационные, соединительные.

Смешанные каналы используют одновременно для различных целей: для судоходства и водоснабжения, для орошения и судоходства и т. д.

2. Особенности изысканий и трассирования каналов

Основной особенностью изысканий канала является требование выбрать, разбить на местности и закрепить наиболее выгодное (в техническом и экономическом отношении) направление канала и установить его продольный профиль, т. е. определить трассу. Проекция трассы канала на горизонтальной плоскости определяется планом осевой линии канала, а разрез по этой линии вертикальной поверхностью, которая затем разворачивается на плоскость, является продольным профилем местности. По нанесении на продольный профиль дна проектируемого канала получается продольный профиль канала. Таким образом, трасса определяет положение канала как в плане, так и в профиле. Работы по проложению трассы канала называются трассированием.

При трассировании каналов любого назначения необходимо учитывать, что затраты на сооружение канала и расходы на его эксплуатацию должны быть по возможности наименьшими; этого можно достигнуть при сокращении длины, объемов выемок и насыпей, числа сооружений и т. д.

Необходимо еще добавить, что в состав изысканий каналов входит не только их трассирование, но и установление мест сооружений (судоподъемники, заградительные ворота, шлюзы, регуляторы, вододелители, акведуки, дюкеры, тоннели, мосты, плотины, дамбы, быстротоки, порты, пристани, переправы, гражданские сооружения, мастерские, насосные станции, трубопроводы больших диаметров и т. д.), а также их разбивка.

§ 97. СОСТАВ РАБОТ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

При производстве предварительных камеральных работ, цель которых — собрать материалы по району, где проектируется канал (сеть каналов), должно быть обращено особое внимание на сбор карт и планов, а также материалов аэрофотосъемки, так как при наличии планов в горизонталях методика трассирования каналов изменяется. Собранные картографические материалы должны быть прежде всего между собой увязаны (единая система координат, единая высотная система).

В состав полевых работ входят:

1) геодезические и топографические, заключающиеся в съемочных и нивелирных работах, с проложением (сгущением) опорных сетей для получения планов местности, где проектируется канал (сеть каналов);

2) трассирование каналов — проложение и закрепление на местности (и на плане) трассы канала и составление его продольного профиля, как было отмечено выше;

3) инженерно-геологические и гидрогеологические — выполняются в тесной связи с трассированием канала;

4) гидрологические, — по изучению водотоков и водоемов, пересекаемых трассой канала, а также используемых на отдельных участках, например для проложения трассы судоходного канала, для питания водораздельного бьефа и т. п.; при изучении водотоков и водоемов производят также промерные работы;

5) метеорологические — производятся вместе с гидрологическими с учетом требований проекта; особенно следует обратить внимание на ветровые явления, испарения и др.;

6) почвенные, геоботанические, гидрохимические и гидробиологические — ведутся по весьма различным программам в зависимости от назначения канала; так, например, при изысканиях оросительных каналов почвенные исследования получают значительное развитие; при изысканиях водопроводных каналов (для водоснабжения) большое внимание уделяется гидрохимическим и санитарно-гигиеническим исследованиям;

7) разные работы — фотографические, сбор дополнительных сведений, изучение затоплений и подтоплений и т. д. также включаются в состав изысканий.

Камеральные окончательные работы заключаются в обработке полевых материалов; особое внимание уделяется выбору наиболее выгодной трассы канала.

В ряде случаев производятся специальные лабораторные работы на моделях каналов и сооружений, а также натурные исследования (опытные работы) на небольших участках каналов, построенных в натуральную величину или в уменьшенном масштабе, и др.; целесообразно эти работы производить с участием изыскателей.

Так как способы выполнения большинства перечисленных работ освещены в предыдущих главах, то ниже описывается главным образом методика трассирования каналов на разных стадиях изысканий и проектирования, с некоторыми дополнениями.

§ 98. РЕКОГНОСЦИРОВОЧНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

1. Основные данные

Рекогносцировочные изыскания предшествуют составлению технико-экономического доклада. При проектировании больших каналов возможны различные варианты трасс; наметить их — цель рекогносцировочных изысканий. Для составления технико-экономического доклада необходимо создать общую схему решения водохозяйственной проблемы, наметить основные варианты и отобрать из них наиболее целесообразные — один или несколько, подлежащие последующим изысканиям.

Необходимо напомнить, что технические изыскания должны вестись совместно с экономическими; ряд факторов определяется на основании экономических расчетов, например ожидаемый грузооборот судоходного канала, эффективность оросительных и осушительных работ, возможности комплексного использования каналов и т. п.

2. Рекогносцировочные изыскания при наличии карт

Предварительное камеральное трассирование. При наличии карт в масштабах 1 : 100 000, 1 : 50 000 * и более крупных на них наносят трассу канала в различных вариантах, приняв за основу требования задания и технические условия на проектирование каналов. При этом должны быть учтены назначение канала и местные условия. Так, например, трасса оросительных каналов намечается таким образом, чтобы было обеспечено наилучшее командование над орошаемой территорией; при трассировании осушительных каналов выбирают пониженные места для наиболее эффективного сбора вод с осушаемых земель и отвода их в водоприемник; деривационные энергетические каналы очень часто трассируют по склонам долины (по когорам).

Что касается судоходных соединительных каналов, то они обычно пересекают водораздел между соединяемыми реками в местах, где отметки водоразделов наименьшие; поэтому они трассируются по возможности по кратчайшему направлению, с учетом уменьшения объемов земляных работ (особенно в водораздельной выемке), а также числа шлюзов (при наиболее низкой отметке водораздела); необходимо учитывать, кроме того, условия питания водой водораздельного бьефа, геологические и гидрогеологические условия.

* Имеющиеся планшеты аэрофотосъемки должны быть обязательно использованы.

Трассирование каналов на стадии рекогносцировочных изысканий производится без разбивки кривых по трассам, состоящим из ломаных линий.

По намеченным на картах направлениям каналов строят продольные профили каналов с освещением общих геологических условий, в которых залегает трасса.

Полевые работы. Обычно в дополнение к камеральному трассированию каналов производят рекогносцировочные обследования по намеченным трассам. При этом, в случае если недостаточно картографических материалов, наиболее сложные участки трассы могут быть сняты в более крупных масштабах, например 1:10 000, иногда по облегченным требованиям; по направлению трассы производят нивелирование V класса. Одновременно на основных, особо сложных, участках трассы ведут инженерно-геологические и гидрогеологические исследования (оползни, карст и т. п.); геологические съемки дополняют небольшими разведочными работами (шурфованием, неглубоким бурением).

3. Рекогносцировочные изыскания в малоисследованных районах

Если изыскания производятся в малоисследованных районах, то по основным направлениям, намеченным на мелкомасштабной карте, выполняют маршрутно-глазомерные съемки; на водораздельных же участках (если производятся, например, изыскания судоходных соединительных каналов) прокладывают теодолитные или мензульные ходы, по которым ведут нивелирование V класса; во многих случаях, например для определения характерных высот (на водоразделах и др.) и для получения приближенного профиля, с успехом можно применить барометрическое нивелирование.

В ряде случаев, особенно если район изысканий имеет значительную площадь со сложным рельефом, следует рекомендовать применение аэровизуальных рекогносцировок и облегченных аэрофотосъемок.

Изучение геологии, гидрогеологии, почвенного и растительного покрова и пр. производится, как описано выше.

4. Отчетные документы

В состав отчетных документов входят:

- 1) карты и планы отдельных участков с показанием различных вариантов трассы канала;
- 2) схематические продольные профили каналов по исследованным вариантам;
- 3) материалы по геологии, гидрогеологии и др. (карты, разрезы и пр.);

4) общая пояснительная записка с характеристикой исследованных вариантов и с указанием, какие варианты необходимо изучить более подробно;

5) отчет о произведенных работах.

§ 99. ИЗЫСКАНИЯ ВАРИАНТОВ И ИХ СРАВНЕНИЕ

Выше было отмечено, что при проектировании и изысканиях больших каналов, в особенности судоходных соединительных и комплексного назначения (смешанных), иногда приходится изучать обширные районы и намечать многие варианты, характеризующиеся различными физико-географическими и экономическими условиями.

Например, при изысканиях канала имени Москвы было намечено три основных варианта: 1) самотечный от г. Старица на Волге с выходом у Москвы около Тушино; 2) от устья р. Шона, впадающей в Волгу, с выходом также у Тушино; 3) осуществленный — от с. Иваньково на Волге через г. Дмитров к Москве.

Даже после того как выбран основной район для проектирования канала, приходится исследовать многие варианты, отличающиеся друг от друга как принципиальной общей схемой, так и деталями.

Например, когда в 1918 г. по постановлению Совета Народных Комиссаров приступили к сооружению Волго-Донского канала в месте наибольшего сближения Волги и Дона (Сталинград—Калач), т. е. когда район сооружения канала был окончательно определен, были произведены подробные изыскания (главный инженер Е. В. Близняк) более чем по 30 вариантам для установления наиболее выгодной трассы канала, которая окончательно выбрана по направлению Красноармейск (б. Сарепта) — Калач.

§ 100. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

1. Основные положения. Способы трассирования каналов

В результате рекогносцировочных изысканий обычно выявляется несколько «конкурентоспособных» вариантов, которые более подробно изучают, с тем чтобы выбрать наиболее выгодный из них, трассировать его и закрепить на местности. Решение этой задачи и является основной целью предварительных изысканий.

Все намеченные варианты должны быть трассированы на местности. Для уточнения трассы канала на отдельных сложных участках должны быть также изучены дополнительные варианты (подварианты).

На рассматриваемой стадии изысканий не требуется производить трассирование со всеми второстепенными деталями; однако необходимо изучить все сравниваемые варианты с одинаковой подробностью, чтобы иметь возможность сравнить их с должным

обоснованием и чтобы объем работ и их стоимость были определены с требуемой точностью.

Трассирование каналов на этой стадии изысканий производится тремя способами: камеральным, полевым и смешанным — камерально-полевым.

При применении камерального способа трассу канала укладывают сначала на карте достаточно крупного масштаба (например, 1 : 25 000, 1 : 10 000, 1 : 5 000), а затем разбивают в поле путем переноса ее с карты, после чего уточняют трассу с учетом геологических и других местных условий.

Камерально-полевой способ трассирования является наиболее распространенным, особенно часто его применяют в горных районах.

Во всех случаях должны быть использованы планшеты аэрофотосъемки.

Остановимся на некоторых подробностях перечисленных методов трассирования каналов.

2. Камеральное трассирование

При камеральном трассировании каналов имеется возможность ориентироваться по карте сразу на большом протяжении, что является большим преимуществом этого вида работ.

Если средний естественный уклон местности больше уклона дна канала, объем земляных работ возрастает; поэтому в ряде случаев приходится увеличивать (развивать) длину трассы канала для получения требуемого уклона.

Если уклон дна канала (водопроводящего) обозначить через i_k , а средний естественный уклон местности, где трассируется канал, через i_e , то наименьший объем земляных работ по сооружению канала получится, если

$$i_k = i_e. \quad (50)$$

Поэтому желательно найти на местности трассу, удовлетворяющую указанному требованию.

Если обозначить сечение горизонталей (по вертикали) через Δh , то заложение a_k , соответствующее уклону i_k , будет равно

$$a_k = \frac{\Delta h}{i_k}. \quad (51)$$

Откладывая последовательно на карте посредством циркуля расстояния a_k в соответствующем масштабе, так, чтобы ножки циркуля помещались на смежных горизонталях, можно протрассировать на карте линию с заданным уклоном i_k (рис. 111). Построенную линию затем заменяют прямой или дуговой кривой, с тем чтобы конечные точки трассы совпадали с задаваемыми «твердыми точками»¹.

¹ То есть с точками примыкания оси канала к реке, другому каналу и т. п.

По намеченному направлению, пользуясь картой в горизонталях, можно построить предварительный продольный профиль канала.

Затем переходят к переносу на местность намеченной трассы. Для этого определяют графически координаты поворотных точек трассы, а по ним находят дирекционные углы линий трассы, поворотные (например, правые углы между ними) и длину линий.

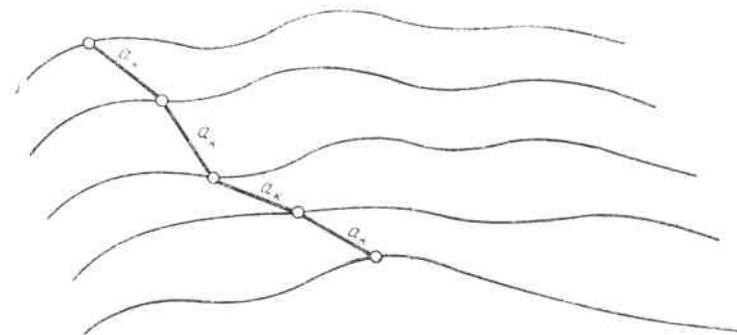


Рис. 111. Трассирование линии с заданным уклоном

Имея эти данные, нетрудно произвести разбивку трассы на местности, пользуясь геодезической опорной сетью и применяя методы, описанные в гл. XVI. Разбивка кривых (облегченная), закрепление трассы и нивелирование по трассе производятся обычными, описанными выше методами. Одновременно уточняют и направление трассы с учетом геологических, гидрогеологических и других условий, о чем говорится ниже.

3. Полевое трассирование

Предварительные работы. Если отсутствуют крупномасштабные планы и не были произведены рекогносцировочные изыскания, то трассу канала наносят приблизительно на имеющиеся мелкомасштабные карты, на них же отмечают все известные ситуационные признаки (пересечения дорог, устья рек, колодцы, населенные пункты, ясно выраженные контуры и т. п.); для ориентирования могут служить также азимуты прямых, определяемые по карте; при пользовании bussолью необходимо учитывать склонение магнитной стрелки, а также магнитные аномалии; для получения более точных результатов следует определять направление истинного меридиана упрощенными астрономическими способами.

Необходимо добавить, что на основании материалов рекогносцировочных изысканий и других данных предварительно составляют ориентировочный проект, в котором намечают: трассу

канала (например, на карте 1 : 50 000), сокращенный продольный профиль (например, в масштабе: горизонтальном — 1 : 50 000 и вертикальном 1 : 250), на профиле наносят отметки земли (например, с карты 1 : 50 000), дно канала с показанием уклонов; в состав проекта включают также схему привязки трассы к имеющимся геодезическим опорным пунктам.

Определение уклонов на местности, измерение длин линий. Трассирование в поле водопроводящего канала допускается по уклону, указанному на продольном профиле, и ведется следующим образом. Установив заднюю рейку на ближайшем репере, нивелировщик вычисляет величину отсчета на передней рейке, зная заданный уклон и расстояние между рейками; последнее определяют либо дальномером, которым снабжен нивелир, либо посредством ленты.

Для ускорения работ можно пользоваться легким стальным тросом, изготовленным из семижильного стального полевого телефонного кабеля длиной 100 м, диаметром около 1 мм, с хлорвиниловой изоляцией (предложение А. А. Лукеркина)¹; на концах троса имеются карабины; при производстве более точных измерений можно для натяжения троса с определенной силой (например 10 кг) применить динамометр. Описываемый измерительный трос разбит на метры и дециметры, через каждые 5 м закреплены алюминиевые муфточки с оцифровкой 5, 10, 15, 20 и т. д. Трос наматывается на катушку; вес прибора с катушкой около 1 кг. Этот прибор с успехом может заменить стальную 20-метровую ленту.

Переместив переднюю рейку таким образом, чтобы отсчет по ней соответствовал вычисленному (в соответствии с заданным уклоном), закрепляют найденную точку вехой; затем нивелир устанавливают на новой стоянке; описанная операция повторяется, и таким образом на местности устанавливают ряд вех, закрепляющих линию с заданным уклоном.

Спрямление трассы; подварианты. Направление линий, имеющих заданный уклон, может быть определено посредством теодолита; в этом случае, установив теодолит в данной точке, измеряют возвышение оси трубы теодолита над этой точкой h (рис. 112), после чего трубу теодолита поворачивают на угол α , равный уклону I дна канала на данном участке трассы². Рейка, на которой укрепляется марка (в виде передвижного щитка) на высоте h , перемещается на местности до тех пор, пока крест нитей трубы теодолита не совпадет с центром марки; определенные таким образом точки на местности закрепляют кольями или вехами.

¹Рационализация и изобретательство в проектно-исследовательских работах, Дориздат, 1952.

²Для увеличения точности рекомендуется производить отсчет угла дважды — при расположении вертикального круга слева и справа.

Вслед за предварительным «нащупыванием» отдельных точек трассы производят ее спрямление путем проведения (лучше по теодолиту) прямой линии по направлению выставленных кольев (вех); в этом случае некоторые вехи остаются вправо или влево от этой линии.

При трассировании следует по возможности избегать изгибов трассы, если это не вызывает заметного уменьшения земляных работ. Если приходится обходить отдельные препятствия (например, более или менее значительные повышения или понижения местности), требующие большого удлинения трассы, следует разбивать на местности дополнительные варианты (подварианты) трассы, с тем чтобы впоследствии возможно было выбрать с должным обоснованием наиболее выгодный вариант.

Закрепление трассы. Спрямленные описанным способом участки трассы закрепляют на всех углах поворота, например деревянными столбиками; центром угла является

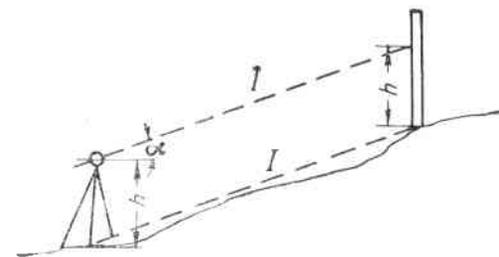


рис. 112. Определение направления линии с заданным уклоном

гвоздь, забиваемый в торец столбика; столбик окапывают канавой. Кривые на изгибах трассы разбивают способом, описанным в гл. XVI. В равнинной местности можно ограничиться разбивкой лишь начальной, средней и конечной точек кривой, с определением пикетажа в конечной точке. На косогорных участках производят более подробную разбивку, с выносом на кривую целых пикетов.

Для надежного закрепления трассы устанавливают, например, через каждые 10 км прочные реперы, являющиеся одновременно и плановыми опорными знаками.

Детали работ по трассированию. Измерение углов производят 30'' или 1' теодолитом, одним приемом. На трассе разбивают пикетаж через каждые 100 м с промежуточными точками в местах излома рельефа. Измерение линии (двойное) производят 20-метровой стальной лентой или описанным выше 100-метровым тросом; при наличии плановых опорных пунктов на расстоянии до 5 км друг от друга можно ограничиться одиночным измерением длин линий. При пересечении рек, оврагов и т. п. производят перекидку с построением треугольников. Нивелирование по трассе производят двойное — обычно IV класса, в зависимости от длины хода и наличия реперов соответствующих классов. Если расстояние между реперами IV класса не превышает 10 км, то можно производить одиночное нивелирование по

трассе V класса. Если поперечный уклон местности превышает 2°, необходимо разбивать поперечные профили не реже чем через 100 м и произвести по ним нивелирование V класса; длина поперечника задается с таким расчетом, чтобы была освещена местность по обе стороны от бровки канала не менее чем на 50 м.

Привязка трассы к опорным пунктам и определение характерных пунктов. Трасса канала должна быть привязана отдельными секциями к опорным геодезическим знакам; длина секции зависит от густоты сети опорных пунктов. Так, например, она не должна превышать 25 км при расстоянии опорного пункта от трассы до 5 км; длина висячих ходов не должна быть более 25 км, причем на концах длинных висячих ходов желательно определять истинные азимуты.

Как по направлению трассы канала, так и по пути привязки ее к опорным пунктам должны быть определены в плане и по высоте урезы воды в реках, ручьях, балках (с указанием времени привязки), выходы подземных вод (в родниках, колодцах), разведочные выработки (шурфы, скважины).

4. Отчетные документы

При обработке полевых материалов составляют следующие отчетные документы:

1) план трассы канала в масштабе, например, 1 : 50 000 с нанесением всех вариантов трасс, отметок, углов, поперечных профилей, реперов, связующих ходов и основной ситуации;

2) продольный профиль наивыгоднейшей трассы и вариантов (примерные масштабы: горизонтальный — 1 : 10 000, вертикальный — 1 : 100) с обозначением отметок земли, дна канала, уклонов дна канала, уровней воды, схематического плана трассы и закруглений;

3) поперечные профили косогорных участков и переходов трассы через водотоки (примерные масштабы: горизонтальный — 1 : 2 000 и вертикальный 1 : 100);

4) пояснительная записка с соображениями о выборе наивыгоднейшего варианта (длины, наиболее значительные выемки и насыпи, геологические условия, экономические соображения);

5) отчет о произведенных работах, вспомогательные материалы по уравниванию ходов, вычислению координат и отметок, ведомости и полевые журналы, фотографические снимки.

§ 101. ТРАССИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ И ФОТОТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

Выше неоднократно отмечалось, что при изысканиях каналов целесообразно использовать материалы аэрофотосъемки. Если на основании аэрофотосъемки составляют планы в горизонталях, то в этом случае трассирование не имеет никаких особенностей по сравнению с описанными выше методами, хотя, конечно, при этом

обеспечивается большая наглядность трассирования благодаря наличию планшетов с фотографическим изображением местности.

Чтобы использовать материалы аэрофотосъемки в период полевых работ, когда она производится, можно трассировать канал по фотосхемам, которые могут быть составлены в сравнительно короткие сроки после залетов. В этих случаях для облегчения пользования фотосхемами рекомендуется нанести на них, хотя бы приблизительно, характерные горизонталы, если имеются на картах высотные точки; можно также определить дополнительные характерные отметки посредством барометрического нивелирования.

Так как на фотосхемах масштабы съемки на разных планшетах различные, то это обстоятельство следует учитывать при трассировании; в частности, при укладке кривых с применением лекала последние должны быть изготовлены с учетом масштабов.

При трассировании каналов, например деривационных, в горной труднодоступной местности с успехом можно применить фототеодолитную съемку (см. гл. V), а затем по планам в горизонталях произвести трассирование описанными выше методами.

§ 102. ПОДРОБНЫЕ (ОКОНЧАТЕЛЬНЫЕ) ИЗЫСКАНИЯ

1. Задачи подробных (окончательных) изысканий

Цель этого вида изысканий — отыскать наивыгоднейший вариант трассы канала. При предварительных изысканиях и составлении проектного задания для некоторых участков трассы намечаются схематические решения, вследствие отсутствия полного объема геологических материалов, кроме того, при проведении экспертизы проекта обычно намечаются некоторые изменения трассы и возникает необходимость обследовать дополнительные варианты, вносятся изменения и в проекты сооружений. Поэтому в задачи подробных (окончательных) изысканий входит:

1) исследования дополнительных вариантов, как намечавшихся в период предварительных изысканий, так и предложенных для исследований по требованию экспертизы (при утверждении проектного задания), с детальным учетом геологических и гидрогеологических условий;

2) окончательная разбивка трассы и закрепление ее на местности по наивыгоднейшему варианту, причем особое внимание обращается на трассирование канала на косогорных участках, а также на участках со сложными геологическими условиями (оползни, обвалы, карст);

3) окончательный выбор мест для сооружений и производство необходимых дополнительных изысканий в этих местах; причем особое внимание обращается на пересечение канала с водотоками, оврагами, селевыми потоками и т. п.; дополнительно изучаются условия питания водораздельных бьесфов судонходных каналов;

особенности лессовидных, подверженных просадкам под влиянием действий воды, вследствие изменения физических и химических свойств грунтов. Деформация грунта в этих случаях происходит вследствие его уплотнения, вызываемого уменьшением начальной пористости и вымыванием или растворением солей, содержащихся в грунте. Кроме описанных выше геологических, геоморфологических и гидрогеологических исследований, нередко производят опытные работы в шурфах и специальных котлованах с наливом в них воды.

В местах расположения особо ответственных сооружений следует рекомендовать определять величину просадок посредством опытных нагрузок с замачиванием пород водой, а также исследовать просадки на участках опытных каналов.

Карстообразование в засоленных грунтах вследствие суффозии, наблюдаемое в различных породах.

Потери воды на фильтрацию из канала. Этот вопрос является весьма важным, так как для устранения фильтрации из каналов приходится проектировать специальные мероприятия, требующие затраты больших средств. Для изучения фильтрационных свойств грунтов производят лабораторные и полевые исследования.

Устойчивость откосов каналов. Для установления рациональных устойчивых откосов каналов производят лабораторные и полевые исследования, учитывая, что величина уклона откосов влияет как на объем земляных работ, так и на условия эксплуатации каналов.

Допускаемые неразмывающие скорости в каналах. Определяют их главным образом с учетом гранулометрического состава грунтов, а также общих геологических и гидравлических условий; при этом принимают во внимание действующие нормы проектирования.

Свойства грунтов со строительной точки зрения. Изучают их на различных участках канала, чтобы получить характеристики грунтов, требующиеся для составления проектов земляных работ (выбора механических снарядов, методов разработки и транспорта грунтов, составления сметы и т. п.).

Засоление земель в районах проектируемого орошения в связи с изменением режима подземных вод. Для изучения этого вопроса организуют специальные гидрогеологические и почвенные исследования, во время которых ведут изучение режима подземных вод, их химического состава, исследование физических и химических свойств почв и т. п.; в результате должны быть даны предварительные соображения об ожидаемых изменениях режима подземных вод и их химического состава после осуществления проектируемых сооружений.

Изменение режима подземных вод под влиянием подпора, создаваемого каналом, уровень которого выше по-

верхности земли. В ряде случаев происходит заболачивание территории, прилегающей к каналу; при этом могут также создаваться условия, благоприятные для развития малярии.

Из приведенного перечня, который можно было бы еще дополнить, следует, что вопросы геологии и гидрогеологии при изысканиях каналов имеют весьма существенное значение.

Все эти исследования ведутся по особым программам и методам, излагаемым в специальных руководствах.

2. Гидрологические исследования

Гидрологические работы могут быть разбиты на две основные группы: 1) исследования, связанные с самим каналом и его действием; 2) исследования водотоков, которые канал пересекает.

В состав работ первой группы входит прежде всего определение потерь воды на испарение и ледообразование в каналах во время эксплуатации, а также оценка будущего ледового режима канала. Для изучения вопросов испарения организуют испарительные станции с установкой испарителей и испарительных бассейнов, как описано в гл. VIII; кроме того, собирают и обрабатывают материалы по наблюдениям на действующих станциях в районе канала.

Вопросы будущего ледового и зимнего режима канала решают на основании имеющихся материалов по наблюдениям на водоемах и водотоках в районе канала, организуют также специальные гидрологические посты и производят термические расчеты. Очень важно определить сроки замерзания и вскрытия канала, рассчитать толщину льда, выяснить возможность образования глубинного льда (шуги, донного льда). Что касается изучения потерь на фильтрацию, то об этом было сказано выше (см. п. 1).

Подробно должны быть изучены вопросы питания водораздельного бьефа судоходных каналов, особенно если намечается использовать для него естественные водные запасы, имеющиеся в водораздельном районе. В этих случаях требуется детально исследовать гидрологический режим рек и озер, воды которых могут быть направлены в водораздельный бьеф, и определить объем возможного стока в различные периоды года. Иногда такие исследования ведут в больших масштабах, причем приходится изучать обширные районы и многие объекты, как, например, при изысканиях Беломорско-Балтийского канала имени И. В. Сталина, Волго-Балтийского водного пути (Мариинской системы) и др.

В ряде случаев, кроме изучения стока в водораздельном районе, исследуют вопрос о возможности переброски воды из соседних районов путем устройства специальных каналов и т. п.

Если проектируется подачу воды в канал производить насосами, то в этом случае требуется определить необходимые объемы

воды с учетом ожидаемых потерь, наметить источники питания, наметить и исследовать места насосных станций, трассировать линии водоводов и т. п.

В состав гидрологических работ второй группы входят исследования водотоков и водоемов, которые пересекаются каналом. Как известно, в этих случаях проектируются акведуки, дюкеры, трубы и другие сооружения; состав изысканий определяется главным образом требованиями проекта. Например, если для перехода канала через реку проектируется акведук или судоходный мост-канал, то состав изысканий такой же, как при изысканиях мостовых переходов: подробно изучается гидрологический режим реки, причем особое внимание для проектирования требуемого отверстия в сооружениях должно быть обращено на определение максимальных расходов. Иногда, особенно при проектировании каналов на косогорных участках в горных и предгорных районах, встречаются селевые потоки, могущие причинить затруднения при эксплуатации канала. В этих случаях необходимо всесторонне изучить соответствующие бассейны, где формируются сели, обследовать очаги и процессы их образования, определить максимальные возможные расходы (жидкие и твердые) и собрать материалы, необходимые для проектирования.

Исследования селей ведутся по специальной программе.

3. Гидромелиоративные изыскания и исследования

При проектировании мелиоративных работ (орошения, осушения, обводнения) изыскания и исследования должны производиться с учетом всех агротехнических и полезащитных мероприятий, так как только при этих условиях могут быть удовлетворены требования социалистического сельского хозяйства. Поэтому в состав гидромелиоративных изысканий и исследований включается комплекс взаимно связанных работ по изучению почвенного покрова, рельефа, геологических и гидрогеологических условий местности, агротехнических и других мероприятий и т. д. Особое внимание должно быть обращено на изучение влияния возможных изменений водно-грунтового режима в связи с намечаемыми мелиоративными работами.

Поэтому при такого рода изысканиях подлежат освещению следующие вопросы:

1) влияние физико-географических условий, агротехнических мероприятий и вообще деятельности человека на почвообразовательный процесс;

2) общая характеристика почв; мощность почвенных горизонтов, механические и физические свойства и др.;

3) режим почвенных и грунтовых вод, процессы накопления и передвижения воднорастворимых солей;

4) потребность в химических и других мелиорациях (гипсование, известкование, дренаж, промывка и др.).

Особое внимание должно быть обращено на возможность заболачивания трассы каналов и подъема уровня грунтовых вод, а также на химический состав воды в источнике орошения.

§ 104. СТРОИТЕЛЬНЫЕ (ПРЕДПОСТРОЕЧНЫЕ) ИЗЫСКАНИЯ КАНАЛОВ

1. Общие данные. Исходные материалы

После того как в результате подробных (окончательных) изысканий произведено трассирование канала по наиболее выгодному направлению и исследованы места сооружений, перед началом сооружения канала производят строительные (предпостроечные) изыскания. Задача их — окончательно «отделать» трассу канала (уточнить сведения по карьерам строительных материалов, водоснабжению строительных площадок, электроснабжению, подъездным путям, строительству рабочих поселков и пр.), а также произвести разбивку земляных работ и сооружений.

Так как земляные работы при строительстве каналов занимают важное место в общем комплексе работ, ниже приводятся краткие дополнительные сведения о производстве разбивок этих работ с учетом опыта строительства каналов в СССР.

Основными исходными материалами для производства работ по разбивке обычно являются:

- 1) карта района, где проектируется канал (сеть каналов), в масштабе 1 : 25 000 или 1 : 50 000;
- 2) план трассы канала в масштабе 1 : 10 000;
- 3) продольный профиль по оси канала в масштабе 1 : 10 000;
- 4) планы мест под сооружения в масштабе 1 : 2 000;
- 5) детальная схема трассы канала в масштабе 1 : 10 000 с нанесением пикетов, начала и конца кривых, элементов кривых и углов, отметок точек и расположения реперов;
- 6) схемы привязки основных точек трассы к опорным;
- 7) ведомость отметок разбивочных точек;
- 8) ведомость реперов с указанием класса нивелирования.

2. Сгущение поперечных профилей

Для точности определения объемов земляных работ и для правильной разработки проектных профилей производят сгущение сети поперечников, которые по каналу разбивают, например, в среднем через 20 м, а по сооружениям — через 10 м; кроме того поперечники разбивают в характерных точках рельефа.

Длину поперечников выбирают с таким расчетом, чтобы обеспечить отметками весь поперечный профиль сооружения, включая дамбы и начало кавальеров. Концы дополнительных поперечников закрепляют столбиками (так же, как и концы разбитых ранее поперечников на пикетах).

Нивелирование по поперечникам производят от реперов по замкнутому ходу.

3. Установка дополнительных реперов

Для обслуживания трассы канала и сооружений исходными отметками устанавливают дополнительные реперы с таким расчетом, чтобы расстояния между реперами по трассе канала были не более 1—1,5 км; расстояние же репера от оси канала по возможности не должно превышать 0,5 км. У каждого сооружения должно быть установлено не менее двух реперов постоянного типа; по трассе канала могут быть установлены деревянные реперы (см. гл. V). Все вновь установленные реперы связывают нивелировкой с реперами предыдущих изысканий и, кроме того, привязывают к плановым опорным точкам.

Глава XIX. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

§ 105. ЗАДАЧИ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Задачи исследований. Общие данные

Основной задачей лабораторных исследований на моделях является изучение воздействия проектируемых сооружений и гидротехнических мероприятий на водный поток и влияние его на сооружение. При этом исследуют пропуск паводков через сооружения, переформирование берегов и русла, отложение наносов, пропуск льда и шуги и т. д., а также изучают фильтрацию, подпор грунтовых вод и др.

Все эти процессы сложны и при проектировании не поддаются точному расчету (многие задачи гидравлики решаются лишь, как плоские), поэтому отмеченный пробел и восполняется лабораторными опытами на моделях. В зависимости от поставленной задачи проектирования, строительства и эксплуатации сооружений определяются объемы и масштабы опытов. Для этих опытов необходимы модели, для сооружений которых должны быть осуществлены гидротехнические изыскания в поле.

Лабораторные гидротехнические исследования производят обычно в закрытых помещениях; если речные участки имеют большую длину и значительную ширину поймы, то исследования ведут на открытых площадках.

2. Объекты лабораторных исследований. Масштабы моделей. Размеры площадок

Объектами лабораторных исследований являются:

1) гидроузлы, при проектировании которых исследуют вопросы, относящиеся к выбору наиболее рационального взаимного расположения плотины, шлюзов, здания ГЭС и др.;

2) водосливные плотины; целью лабораторных исследований является установление коэффициентов расхода, вопросов пролука льда, гашения энергии в нижнем бьефе и др.;

3) водоприемники; изучаются способы защиты от наносов и льда;

4) судоходные шлюзы; исследуются системы наполнения и опорожнения камеры шлюза, натяжение тросов при шлюзовании судов;

5) отстойники; исследуются способы предохранения сооружений от наносов, промывка последних;

6) выправительные и дноуглубительные работы; исследуется воздействие на водный поток продольных и поперечных струенаправляющих сооружений, заградительных и защитных сооружений, землечерпательных прорезей (главным образом капитальных), спрямлений (прокопов).

Модели широко применяют для ряда исследований:

а) фильтрации — для выявления противодействия на подошву сооружения, определения потери воды, установления градиентов давления и скоростей в местах выхода грунтовых вод;

б) волнения — при проектировании сооружений на озерах, водохранилищах, с целью определения действия волны на сооружения (молы, воллоломы, дамбы, береговые укрепления), для выбора системы наиболее рациональных конструкций и типов крепления откосов;

в) русловых процессов. Масштабы моделирования выбирают различные, в зависимости от задач лабораторных исследований, конструкции и размеров сооружения, протяжения исследуемого участка реки, ширины поймы и т. п. Например, моделирование гидроузлов производят в масштабах от 1:50 до 1:500, а отдельных сооружений и их частей — от 1:10 до 1:100. Что касается лабораторных исследований особо крупных гидроузлов, выправительных и дноуглубительных работ, то масштаб моделирования определяется главным образом размерами лабораторной площадки, нередко в таких случаях они бывают открытыми.

Так, например, площадка Нагатинской русловой лаборатории Центрального научно-исследовательского института эксплуатации и экономики водного транспорта, построенной на берегу Москвы-реки (в верхнем бьефе Перервинской плотины, входящей в состав канала имени Москвы), имеет площадь около 6 га; вода на площадку подается самотеком из верхнего бьефа (обычно же вода на модель подается посредством насоса).

Крытая площадка гидротехнической лаборатории строительства Куйбышевского гидроузла имеет размеры 50×150 м.

Необходимо добавить, что при изучении русловых процессов на реках с малыми уклонами обычно вертикальный масштаб модели принимают более крупным, чем горизонтальный.

В зарубежной практике интересно отметить исключительную по размерам модель центрального бассейна р. Миссисипи (США). Открытая площадка этой модели имеет размеры $1\,370 \times 1\,070$ м. Масштаб модели: горизонтальный — 1 : 2 000, вертикальный — 1 : 100.

§ 106. МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛАБОРАТОРНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Общие данные

Если объектами лабораторных исследований являются гидроузлы, выправительные и дноуглубительные работы, а также другие проектируемые на исследуемых участках рек (озер, водохранилищ) сооружения, то в лабораториях необходимо иметь, кроме проектных материалов (в виде чертежей, записок и т. п.), также материалы, всесторонне характеризующие исследуемый участок реки; сюда относятся планы, профили, гидрологические, гидравлические и геологические данные и т. п.

Ниже приводится краткий перечень требований, которым должны удовлетворять названные материалы¹.

2. Планы реки

Планы исследуемого участка обычно составляют в масштабе 1 : 5 000, а для малых рек — 1 : 2 000; густота промеров глубин должна быть такой, чтобы изобаты на модели могли быть нанесены через 10 или даже 5 см (иногда и чаще). Для увеличения густоты промерных точек рекомендуется в дополнение к промерам по поперечным профилям производить промеры по продольникам и вычерчивать их на отдельном листе в более крупном масштабе, например 1 : 1 000. На плане должны быть нанесены все водомерные посты, расположенные на исследуемом участке, и показаны измеренные продольные и поперечные уклоны поверхности воды при разных ее уровнях.

3. Гидрологические материалы

Графики и таблицы колебаний уровня воды составляют по материалам наблюдений на водомерных постах, находящихся на исследуемом участке; кроме того, необходимо построить графики колебаний уровня воды на опорном водомерном посту с многолетними наблюдениями и кривые обеспеченности уровней.

¹ И. А. Шадрин, Опыт русловых исследований на открытых моделях, Речиздат, 1951.

Сведения об измеренных расходах воды в различных створах при различных уровнях, а также кривые расходов $Q=f(H)$ необходимы для лабораторных исследований.

Имея указанные материалы по уровням и расходам, можно построить типовые гидрографы и воспроизвести на модели режим расходов, формирующих речное русло, в той последовательности, которая соответствует тому или иному гидрографу.

Материалы о направлении струй (поверхностных и глубинных) и о скоростях течений можно оформлять на кальках, для наклеивания их на планы.

Если были произведены гидробатометрические исследования, то необходимо иметь соответствующие отчетные материалы; особенно важны планы с изобатами и изолиниями элементарных расходов воды, взвешенных наносов, а также живых сил.

Должны быть также отчетные материалы по донным наносам.

Гранулометрический состав донных отложений и наносов должен быть отражен в таблицах, графиках и картограммах.

4. Геологические материалы

Геологическое строение меженного русла, поймы и берегов характеризуется соответствующими планами, разрезами и описаниями, материалами бурения в границах отметок возможных размывов русла и берегов на исследуемом участке, а также глубин землечерпательных прорезей.

Особое внимание должно быть обращено на выпосы из оврагов и притоков, а также на осередки, косы и т. п.

5. Прочие материалы

Кроме перечисленных материалов, необходимы фотографические снимки, описания исследуемого участка реки и т. п. Особую ценность представляют дополнительные материалы, которые могут быть получены работниками гидротехнической лаборатории во время выездов их для ознакомления с исследуемым участком реки.

Раздел пятый
**ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
ИЗЫСКАНИЙ**

*Глава XX. ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
ИЗЫСКАНИЙ. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ. НОРМЫ.
РАСЦЕНКИ. СМЕТЫ*

**§ 107. ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ
В СССР**

1. Общая схема организации изысканий

Так как гидротехнические изыскания тесно связаны с проектированием, то обычно проектные и изыскательские работы в организационном отношении объединяют. Центральными учреждениями, ведающими этими работами, являются специальные институты и управления по составлению проектов и производству изысканий и исследований. Так, например, в Министерстве электростанций СССР изысканиями и проектированием гидротехнических объектов и гидростанций занимаются проектный институт Гидроэнергопроект и Проектно-изыскательское управление Гидропроект. В ведении Министерства речного флота СССР имеются два института проектирования и изысканий на речном транспорте (Гипроречтранс, в Москве и Ленинграде).

По каждому проектируемому гидротехническому строительству или отдельному гидротехническому объекту проектной организацией назначается главный инженер, ответственный за проект в целом, в том числе и за материалы, получаемые в результате изыскательских и исследовательских работ. Методическое и общее руководство изысканиями сосредоточено в соответствующих отделах проектно-изыскательских институтов. Для производства же изысканий организуют комплексные изыскательские партии (КИП) и экспедиции, которые разделяются на отряды для выполнения топографо-геодезических, гидрологических, инженерно-геологических и других работ. В случае большого объема и сложности изыскательских работ может быть организовано несколько партий, руководимых начальником изысканий. В состав партий и отрядов входит технический, вспомогательный и рабочий персонал. Кроме изыскательских работ экспедиционным методом, на местах организуют для стационарных наблюдений водомерные посты, гидрометрические и метеорологические станции, гидрогео-

логические наблюдательные пункты, водоизмерительные посты и станции и др.

Научно-исследовательские работы, в том числе и лабораторные (на моделях), выполняются научно-исследовательскими институтами (например, ВНИИГ имени Б. Е. Веденсева, ВНИИ Водгео и др.), а также кафедрами вузов, обычно по договорам. Некоторые проектно-изыскательские институты и управления имеют собственную лабораторную базу, например Гидропроект.

**2. Составление программ работ и инструкций.
Планирование работ**

В соответствии с заданием и целями изысканий составляют программу полевых и камеральных работ. В ней должны быть отражены задачи изысканий, состав работ, основы методики их выполнения. При этом должны быть учтены: стадии проектирования, особенности исследуемого объекта, наличие имеющихся материалов, особые требования проекта и т. п. Так, например, при составлении программы геодезических и топографических работ устанавливают класс триангуляции и полигонометрии, класс нивелирования, масштабы съемок и т. п. В программе гидрологических работ намечаются работы по изучению гидрологического режима рек (озер) с установлением пунктов и типов водомерных постов, гидрометрических створов и станций и т. п. В программу инженерно-геологических работ входят: определение районов геологических съемок, установление масштабов съемок, задания на производство геологоразведочных работ и т. п.

Таким образом, программа отвечает на основной вопрос: «что надо делать?». Для ответа же на вопрос «как надо делать?» должны быть составлены соответствующие методические инструкции и наставления или же использованы имеющиеся.

В настоящее время отдельными ведомствами и научными учреждениями выполнена огромная работа в области методики различного рода изысканий и исследований и изданы инструкции и наставления, из которых многие являются обязательными для всех учреждений, производящих те или иные изыскательские работы.

Главным управлением геодезии и картографии разработаны обязательные инструкции по производству геодезических работ; Главным управлением гидрометслужбы — по производству гидрологических и метеорологических работ (см. гл. V, VIII, IX); Министерством геологии и охраны недр — по производству геологических, геоморфологических, гидрогеологических исследований (см. гл. X) и др. Кроме того, обширные методические указания, как выполнять гидротехнические изыскания и исследования, изданы ведомственными проектно-изыскательскими организациями: институтами Гидроэнергопроект, Гипроречтранс, Гидропроект, Министерством сельского хозяйства и др. Весьма ценные методи-

ческие руководства для ведения почвенных, геоботанических, гидрохимических, гидробиологических исследований и др. издаются институтами Академии наук СССР.

При составлении методических указаний по производству тех или иных работ, входящих в программу изысканий, необходимо использовать имеющиеся инструкции и наставления, в первую очередь те, которые являются обязательными, а затем все другие, которые по своему содержанию соответствуют программе изысканий. В инструкции необходимо вводить дополнения и уточнения с учетом задач организуемых изысканий, особенностей исследуемых объектов и местных условий.

В случае если не имеется инструкций и наставлений, которые могут быть использованы, составляются новые инструкции, в которых излагается методика производства соответствующих работ.

После того как программа составлена, разрабатывают общий план работ (полевых и камеральных) с указанием календарных сроков их выполнения соответствующими партиями, отрядами и пр. Лучше всего изображать календарные планы работ в виде графиков-таблиц, дающих наглядное представление о последовательном ходе отдельных операций (рис. 114).

Работы должны быть организованы таким образом, чтобы ни в каком случае не было отставания от плана, причем качество выполнения всех работ должно быть отличным. Желательно досрочное выполнение планов, что вполне возможно при организации социалистического соревнования, а также использования рациональных методов, основанных на внедрении в производство изысканий новой передовой техники и опыта новаторов.

3. Личный состав

В состав изыскательских партий входит: технический персонал, рабочие и иногда канцелярско-хозяйственный персонал (завхоз, бухгалтер). Технический персонал составляют специалисты и техники, работающие с тем или иным инструментом и выполняющие ту или иную специальную работу.

Количество технического персонала определяется характером работ, объемом и нормами выработки. Руководство работами осуществляется начальником партии, руководство отрядами и группами — начальниками отрядов (групп), специалистами (геодезист, геолог, почвовед, ботаник, биолог и др.).

Количество рабочих зависит от состава и характера работ, с учетом того, что для каждой специальной работы требуется определенный штат.

Набирать рабочих в партии и экспедиции лучше всего в исследуемом районе, так как они знают местность, реку (озеро) и условия работы. Это особенно важно, если приходится работать

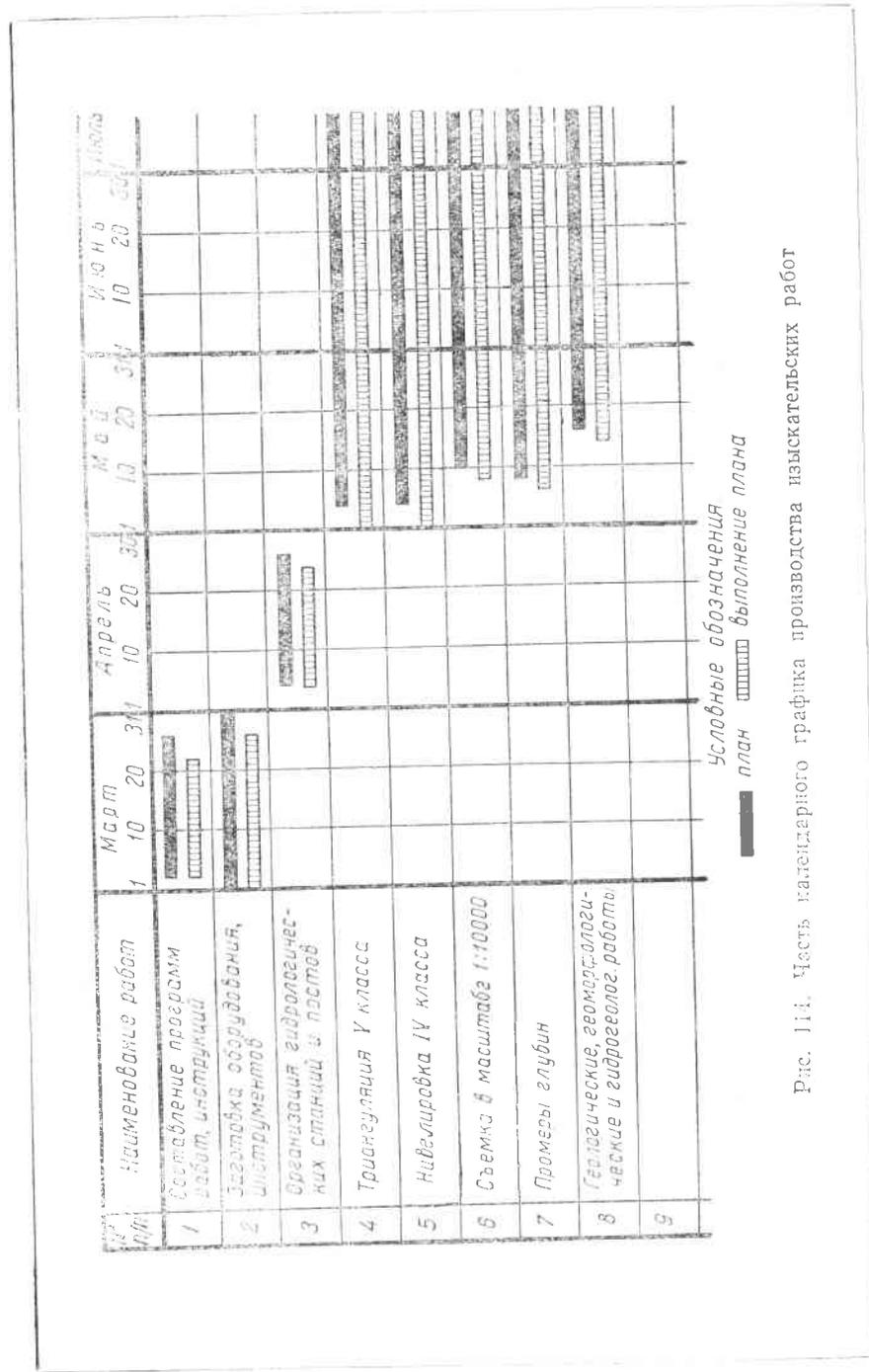


Рис. 114. Часть календарного графика производства изыскательских работ

в трудных местах, на реках с бурным течением, в болотах, в тайге и др.

Необходимо обратить внимание на хорошее инструктирование личного состава.

4. Помещения для техников и рабочих

Весьма существенным вопросом при гидротехнических изысканиях является обеспечение личного состава соответствующими помещениями для жилья.

Наиболее распространенным видом жилья для партии являются брезентовые палатки и разборные фанерные домики (последние — при более длительных работах и особенно зимой) или передвижные на колесах и волокушах фургоны.

Наиболее удобны для жилья палатки с высокими бортами и двускатной крышей.

Палатки и домики оборудуют походными кроватями; на холодное время для обогрева устанавливают переносные железные печи или керогазы. Освещение палаток и домиков производится фонарем или при помощи электростанции, работающей от ветряка или автомотора.

Если на исследуемой реке возможно плавание судов, то желательно размещать технический и рабочий персонал на специально оборудованной брандвахте (судне), размеры которой зависят от характера реки, состава партии и средств буксировки. На брандвахте, кроме жилых помещений, устраивают красный уголок, столовую, кухню с печью для варки пищи и, если требуется, для выпечки хлеба, темную комнату для фотографических работ, лабораторию для исследований наносов и анализов, кладовые, уборные и др. Если предполагается вести работы до поздней осени, то необходимо установить печи для отопления; кроме того, следует устроить камеру для просушивания одежды.

5. Средства транспорта и связи

Успех и выполнение работ в значительной степени зависят от правильной организации транспорта для передвижения отрядов партии. Кроме сухопутных способов передвижения (автомобилей, мотоциклов, велосипедов, конных подвод, верховых лошадей, верблюдов и т. п.), используют также водные (лодки обыкновенные, с переносными двигателями, моторные катеры, паровые баркасы, пароходы и теплоходы).

В последние годы для обслуживания исследовательских и изыскательских партий применяют самолеты и вертолеты; они особенно необходимы при работах в тундрах и пустынях. Одним из распространенных типов самолетов является небольшой (двухместный) биплан ПО-2 (У-2).

Выбор вида транспорта зависит от скоростей течения, глубин, объема и характера работ. В составе транспорта партии желательно иметь хотя бы одну полугусеничную грузовую машину.

В ряде случаев, например при работах в отдаленных районах, приходится организовывать радиосвязь. Независимо от этого каждая партия и отряд должны иметь радиоприемник, так как это дает возможность коллективу исследователей быть всегда в курсе жизни всей страны. Необходимо помнить, что политико-массовая работа, самообразование и другие виды политической и технической учебы для изыскателей в период полевых работ так же необходимы, как и в период камеральных работ и во время пребывания в населенных пунктах. Следует подчеркнуть, что без хорошо налаженной политико-массовой работы практические и теоретические достижения в работе будут ниже возможных.

6. Снабжение партий инструментами, разным инвентарем и продовольствием

При снабжении инструментами и разным инвентарем надо всегда иметь в виду, что в партии должно быть все необходимое, но ничего лишнего, и следует учитывать, с одной стороны, большую трудность, а иногда и невозможность получить то или иное оборудование в районе производства работ, а с другой стороны, — недопустимость загромождения партии лишним оборудованием.

В соответствии с планом работ, методами изысканий и местными условиями партия должна быть снабжена разного рода инструментами и приборами: геодезическими, промерными, гидрометрическими, метеорологическими, геологическими, фотографическими и др., в том числе и запасными.

Как технический персонал, так и рабочие должны всегда учитывать необходимость бережного и внимательного обращения с инструментами.

Кроме инструментов и приборов, в снаряжение партии входит разного рода вспомогательное оборудование (топоры, пилы, ломы, напильники и т. д.), различные материалы для установки реперов, ремонта лодок и т. п., хозяйственные принадлежности (посуда и др.), набор лекарств (походная аптека) и пр.

Необходимо организовать по возможности регулярное снабжение газетами и книгами.

Если изыскания производятся в малонаселенных районах, то вопрос снабжения партии продовольствием занимает важнейшее место, и на разрешение его должно быть обращено особое внимание.

7. Инспектирование и приемка работ

Для обеспечения надлежащего качества работ необходимо производить систематическое их инспектирование. Инспектированию подлежат все работы, в особенности топографо-геодезические, промерные, гидрологические, геологические. В эту задачу входит систематическая проверка хода выполнения и технического соответствия заданию качества работ, выявление недостатков и указание путей и средств их устранения; должно быть обращено внимание также на качество полевых записей и камеральной обработки.

В результате инспектирования работ составляются акты.

Приемке подлежат законченные полевые и камеральные материалы. В этом случае прежде всего производится камеральный просмотр полевых материалов. Особое внимание должно быть обращено на недопустимость подчисток в полевых журналах, на четкость и систематичность записей, соблюдение требований, предъявляемых инструкциями.

Затем производят выборочный осмотр триангуляционных знаков, центров и реперов. Рекомендуется прокладывать контрольные полигонометрические и нивелирные ходы. Проверку съемки контуров и рельефа также производят на месте, пользуясь различными способами в зависимости от масштаба съемки, условий местности и др.

При приемке гидрологических работ следует обращать особое внимание на наличие паспортов (технических списков) водомерных постов и станций, надежность записей наблюдений, качество работ, качество реперов, наличие тарифов вертушек, число вертикалей, правильность учета дутьсажи, число определений расходов, охват амплитуды уровней гидрометрическими наблюдениями.

В результате приемки составляются акты.

Перечисленные и прочие работы принимают согласно специальным инструкциям.

8. Учет работ

Учет работ ведется непрерывно, и он необходим для проверки выполнения намеченного плана, для установления объема работ, выполняемых отдельными отрядами или лицами (техниками, рабочими) при сдельной оплате труда, для накопления материалов, которые могут служить основанием при составлении урочных норм и расценок на соответствующие работы.

Для учета работ удобно применять так называемые рапортчики, составляемые ежедневно по окончании работ техником, ведающим работами того или иного отряда. В рапортчике подробно отмечаются все обстоятельства работы, начало и конец ее, перерывы, время, затраченное на переезды, наименование выполненных работ и их количество и пр.

Другой способ учета работ основан на графическом изображении хода отдельных операций условными знаками на таблицах.

§ 108. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

1. Общие данные

При организации и ведении работ должны быть приняты все меры к соблюдению требований техники безопасности и охраны труда. Следует иметь в виду, что соблюдение этих требований способствует также повышению производительности труда и улучшению качества работ. Ниже приводятся краткие сведения по основным вопросам.

Прежде всего необходимо ввести такой порядок, чтобы зачисление на полевые работы технического и рабочего состава производилось после освидетельствования врачом. Необходимо, чтобы инженерно-технический персонал был ознакомлен с правилами техники безопасности и с правилами подачи первой помощи, особенно тонущим.

Партии изысканий должны быть снабжены походными аптечками; кроме того, хорошо, если каждый будет иметь индивидуальный пакет.

Рабочие и инженерно-технический персонал должны быть снабжены спецодеждой по установленным нормам.

2. Работа в холодное время

При работах в холодное время на открытом воздухе необходимо обеспечить возможность обогрева на месте работ. Кроме того, в особо холодное время рабочий день сокращается, согласно правилам, установленным законодательством.

Если работы ведутся со льда, необходимо соблюдать меры предосторожности: ограждать знаками проруби, лунки, не допускать работ при толщине льда менее 20 см, перед началом работ опробовать прочность ледяного покрова.

3. Противопожарные меры

Состав противопожарных мер определяется объемом и характером работ. На браунвахтах и судах должны соблюдаться правила, установленные Министерством речного флота; на складах, в мастерских и т. п. — особые правила противопожарной безопасности. Необходимо иметь лицо, ответственное за противопожарную безопасность.

При работах в лесной местности, а также в сухой степи в летнее время нужно устанавливать дежурство около костров и обязательно тушить их по миновании надобности.

Специальные меры предосторожности должны соблюдаться при хранении горючего (для моторных судов и автотранспорта), согласно установленным правилам. В лагерях должны быть отведены специальные места для курения.

4. Рубка леса

При рубке леса необходимо во избежание несчастных случаев не сваливать деревья на просеку, не заваливать дорог и троп, предупреждать находящихся вблизи валки дерева, не производить рубки при сильном ветре переменного направления, соблюдать технические правила рубки (в частности, нельзя подрубать дерево с трех или четырех сторон).

5. Пользование пловучими средствами

При пользовании пловучими средствами необходимо соблюдать правила, установленные Министерством речного флота. На каждом судне и лодке должна быть на видном месте надпись о числе человек, допускаемом к посадке (без груза). Пропуск судов через пороги и другие опасные места надо производить с особыми предосторожностями, с помощью опытных лоцманов.

Все суда и лодки должны быть снабжены спасательными кругами или поясами, а также средствами для водоотлива. При плавании после захода солнца суда и лодки снабжаются огнями.

6. Топографо-геодезические работы

При постройке сигналов для триангуляционных работ необходимо, чтобы производитель работ лично руководил всеми ответственными операциями. Следует обращать особое внимание на число оттяжек и их распределение при подъеме высоких столбов, на прочность канатов или тросов, на надежность их крепления.

При наблюдениях на верхних площадках сигналов нужно закрывать люки. Если топографические работы происходят на крутых склонах, необходимо укрепляться на веревке. Работающие в полярных областях и в песчаных пустынях должны иметь предохранительные очки.

7. Промерные и гидрометрические работы

При производстве промерных работ, особенно в порожистых местах, необходимо обращать внимание на остойчивость лодок и других пловучих средств. Управление пловучими средствами должно быть поручено опытному рулевому.

Устанавливая лодку или гидрометрический понтон на якорь, необходимо соблюдать правила предосторожности при опускании и подъеме якоря и при работе с лебедками.

Если промеры глубин или гидрометрические наблюдения производятся с люльки, передвигаемой по тросу, протянутому с берега на берег, то все ответственные части (опоры, тросы и их крепления, люлька и др.) должны быть рассчитаны по правилам строительной механики. Перед пуском люльки в работу следует произвести пробные испытания с нагрузкой, на 50—100% превышающей расчетную. О результатах испытания составляется акт. Для большей безопасности рекомендуется, чтобы наблюдатель, находящийся в люльке, был привязан цепью, идущей от телеграфного (пожарного) пояса к тросу.

8. Горноразведочные работы

При производстве горноразведочных работ должны соблюдаться правила, указанные в специальных инструкциях.

9. Профилактика в малярийных местностях

При работах в малярийных местностях необходимо принимать предупредительные меры, изложенные в специальных инструкциях.

§ 109. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО КАМЕРАЛЬНЫХ РАБОТ. РАЗМНОЖЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

1. Общие данные

Полученные во время полевых работ материалы изысканий должны быть обработаны для дальнейшего их использования (для проектирования, издания в печати и т. п.).

Необходимо иметь в виду, что обработка материалов является не менее важным делом, чем полевые работы. Как бы тщательно ни были произведены те или иные операции в поле, неудовлетворительная обработка может обесценить результаты изысканий.

Внимание должно быть обращено не только на качество обработки, но и на срочность, так как изыскания всегда связаны с выполнением определенного задания. Не менее важно, чтобы и стоимость обработки была наименьшей, однако не в ущерб качеству.

Обработанные материалы должны отличаться четкостью, наглядностью, простотой и удобством для пользования и издания в печати.

Обработка материалов изысканий подразделяется на полевую и окончательную.

2. Полевая обработка материалов

Полевая обработка материалов по топографо-геодезическим и промерным работам была описана выше (§ 14); необходимо добавить, что и по другим работам в полевой период должно своевременно выполняться: предварительное вычисление расходов воды; построение графиков колебаний уровня воды; составление рабочих геологических и гидрогеологических разрезов, а также рабочих геологических, геоморфологических, почвенных и геоботанических карт, систематизация материалов коллекций и гербария и т. д.

3. Окончательная обработка материалов изысканий

Организация вычислений. Начнем с вопроса об устранении возможных ошибок. Это достигается прежде всего путем повторных подсчетов разными лицами («первая и вторая рука»), которые должны работать обязательно порознь, сверяя время от времени результаты своих вычислений. Очень важно также производить все вычисления по определенной системе, располагая подсчеты в известном порядке: в виде таблиц, выводов и др. Надо стараться вести вычисления так, чтобы они могли служить отчетным документом, так как переписка является источником ошибок, заметить которые при наличии сложных выкладок очень трудно. Применение различных печатных бланков и ведомостей очень облегчает работу.

Срочность и качество обработки. Срочность обработки достигается ведением ее по заранее установленному календарному плану, в котором должна быть учтена необходимость правильной последовательности работ.

Качество обработки зависит прежде всего от правильной организации и надлежащего оборудования работ. Весь процесс обработки материалов следует разделить на отдельные операции. Исполнителям должны быть даны точные указания, какие методы обработки рекомендуется применять; помимо этого, им необходимо дать образцы отчетных документов, указать порядок расположения подписей и т. п. Особое внимание надо обращать на единообразие форматов чертежей.

Не менее важно также установить в самом начале обработки условные обозначения для планов, чертежей, графиков и т. п., руководствуясь стандартными обозначениями.

Оборудование. Продуктивность, а значит, и стоимость работы зависят от качества и состава оборудования, поэтому партия должна быть снабжена достаточным числом арифмометров, счетных машин, логарифмических линеек, чертежных принадлежностей, таблиц, пособий и пр. Также надо обратить внимание на подготовку рабочего места, правильное устройство и расположение чертежных столов, их освещение.

В связи с большим объемом вычислительных работ при обработке материалов изысканий вопрос о широком использовании машин является весьма актуальным.

Кроме всем известных арифмометров различных систем, рекомендуется пользоваться также более совершенными и продуктивными полуавтоматическими, автоматическими и другими машинами.

4. Порядок обработки материалов

Обработка материалов начинается с проверки полевых книжек, планшетов и составления окончательной их описи, что бывает особенно необходимо, если исследования производятся несколькими партиями. Предварительные же описи книжек и планшетов по каждой партии должны быть составлены непосредственно по окончании полевых работ, и все без исключения полевые материалы — журналы, дневники, книжки, планшеты и т. п. — должны быть собраны и зарегистрированы в конце полевых работ.

Обработка материалов геодезических, промерных, геологических, гидрогеологических и других работ производится в определенной последовательности с учетом особенностей этих работ и требований проекта.

5. Оформление и размножение материалов изысканий

Общие данные. Во всех случаях материалы изысканий должны быть оформлены так, чтобы ими было удобно пользоваться при проектировании и при выполнении других работ, например научно-исследовательских, а также размножены (обычно в пяти экземплярах). Нередко материалы изысканий издаются в таких случаях в обязанности начальника партии входит специальная подготовка их к печати. Ниже приводится краткое описание способов оформления и размножения материалов изысканий.

Оформление материалов изысканий и исследований. В состав оформляемых материалов входят:

- 1) планы, карты, профили, графики, чертежи;
- 2) текст (объяснительные записки, расчеты, описания);
- 3) иллюстрации.

Прежде всего необходимо установить их форматы с соблюдением требований обязательных стандартов.

Исключением являются мензульные планшеты, рамки которых имеют форму квадрата размерами 500×500 мм или форму трапеции.

Размножение материалов изысканий и исследований. Наиболее распространенным способом размножения планов и продольных профилей является светокопия. Для

светокопирования должна быть изготовлена точная копия материала в черной туши, на полотняной или бумажной кальке. Вместо изготовления калек можно получить посредством фотографирования позитив на пленке, а затем использовать его для снятия светокopies.

В последнее время появились предложения размножать чертежи без снятия копии на кальке. В этих случаях лист бумаги, на котором изображен чертеж, покрывают специальной эмульсией, делающей бумагу прозрачной.

Существуют специальные светокопировальные станки, имеющие значительную производительность.

Другим способом размножения является фотографирование. В этом случае посредством фотографирования получают негатив с оригинала в требуемом масштабе, а затем производят печатание фотоснимков.

Желательно материалы изысканий, хотя бы в сокращенном объеме, издавать в печати.

Необходимо добавить, что в крупных проектно-изыскательских организациях, например в Гидропроекте, широко используются фотомеханические способы изготовления планов, карт, чертежей посредством специальных репродукционных камер, фото-трансформаторов и др.; благодаря этому ускоряется и удешевляется процесс изготовления и размножения материалов.

§ 110. НОРМЫ, ЕДИНИЧНЫЕ РАСЦЕНКИ. СМЕТЫ

1. Значение норм

Нормы устанавливаются для определения затрат времени, необходимого для выполнения соответствующей работы, при этом определяют норму выработки, т. е. количество работ, выполняемых в единицу времени, и норму времени, необходимого для выполнения данной работы.

Норма выработки (в единицу времени) выражается в соответствующих величинах, называемых измерителями, например: съемка — в квадратных километрах, нивелирование — в километрах и т. д. Норма времени выражается в рабочих днях или часах. Так как нормы должны учитывать рост производительности труда и развитие техники, то они время от времени пересматриваются в сторону их повышения.

Нельзя, конечно, подходить к установлению новых норм механически, повышая действующие нормы огульно на один и тот же процент; надо изучить каждую норму в отдельности и учесть имеющиеся производственные возможности.

Очень важно, чтобы передовые нормы были увязаны с новой техникой. Необходимо улучшать, рационально повышать нормы не изолированно по одному виду работ, а по всему комплексу взаимно связанных видов работ. Только таким путем, т. е. рацио-

нально нормируя работу по каждой операции, можно повысить производительность труда и достигнуть наибольшего экономического и качественного эффекта от применения новых норм.

2. Порядок составления норм и единичных расценок

Нормы составляют следующим образом:

1) намечают состав рабочего отряда для выполнения данной операции и устанавливают содержание работы;

2) устанавливают норму выработки за единицу времени (за восьмичасовой рабочий день) на основании изучения рабочего процесса с учетом условий, указанных в п. 1;

3) вычисляют расход рабочей силы на единицу работы.

По изыскательским работам для строительства, в том числе и для гидротехнического, соответствующие нормы выработки были утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства в 1953 г.¹

Имея нормы трудовых затрат на единицу работы и зная стоимость в рублях одного рабочего дня инженера, техника, рабочего, нетрудно определить стоимость этих затрат в рублях на единицу работы. Чтобы получить полную стоимость единицы работы, т. е. единичную расценку, надо учесть еще дополнительные, так называемые накладные расходы.

Такие материалы для определения стоимости изыскательских работ помещены в «Едином прейскуранте цен на проектные и изыскательские работы для строительства», часть I, Изыскательские работы, Госстройиздат, 1951.

3. Укрупненные показатели стоимости изыскательских работ

С 1 января 1956 г. вступил в действие новый Справочник для определения стоимости изыскательских работ, изданный в двух книгах. В первой книге помещены единичные расценки по топографо-геодезическим, инженерно-геологическим и другим работам. Во второй книге приводятся укрупненные стоимости: например, стоимость комплексных изысканий гидроузлов (без водохранилищ) дается по измерителю: 1 000 квт мощности гидростанции; стоимость изысканий для выявления мероприятий по улучшению судоходных условий рек в свободном состоянии дается по измерителю: 1 пог. км реки и т. д. Стоимости даются в рублях, причем работы разделяются на три категории по сложности: легкая, средняя, сложная. Во второй книге Справочника стоимости исчислены для различных стадий проектирования:

¹ Единые нормы выработки на проектные и изыскательские работы, оплачиваемые сдельно, ч. I, Изыскательские работы для строительства, т. I, Госстройиздат, 1953.

проектное задание, технический проект, рабочие чертежи. В Справочнике даются указания по учету дополнительных расходов, например, внешнего транспорта; стоимость изыскательских работ в отдаленных и высокогорных районах учитывается путем введения коэффициентов, больших единицы (например, для Курильских островов коэффициент равен 1,7).

4. Составление сметы

Для составления сметы надо прежде всего определить количество, категорию и содержание работ, подлежащих выполнению, и выразить их в соответствующих измерителях.

Определив по Справочнику согласно вышеизложенному стоимость единицы работы, исчисляют стоимость работ по отдельным группам, а затем, просуммировав их, определяют сметную стоимость всех изыскательских работ по данному объекту.

Если в Справочнике отсутствуют те или иные работы, то разрешается пользоваться Единым прейскурантом цен (см. п. 3) для определения их стоимости или самостоятельно исчислять стоимость этих работ.

Глава XXI. ВОПРОСЫ РЕКОНСТРУКЦИИ И РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ В СССР

§ III. НОВАЯ ТЕХНИКА И РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

1. Общие данные

Применение наиболее совершенных методов производства гидротехнических изысканий и исследований имеет чрезвычайно большое значение для повышения производительности труда, удешевления и ускорения изыскательских работ.

Могут быть намечены две главные группы мероприятий в этом направлении:

- 1) введение новых методов, новых инструментов и оборудования, т. е. передовой техники;
- 2) улучшение существующих методов и существующих инструментов — рационализация.

2. Новая техника

К главнейшим принципам, на которых должна основываться новая техника на изыскательских работах, относятся следующие: все измерительные операции должны быть максимально скоростными (автоматика, телемеханика, радиотехника); работы долж-

ны быть механизированы для облегчения труда изыскателей и увеличения производительности труда, а также для улучшения качества работ.

В области топографо-геодезических работ в настоящее время основным видом государственных съемок является аэрофотосъемка.

Она широко может быть использована и для других целей: для геологических и геоморфологических съемок, геоботанических и почвенных исследований и др. В сочетании с эхолотированием аэрофотосъемка русел рек и водоемов (озера, водохранилища) дает большой эффект.

Наземная фототермолитная съемка тоже должна получить распространение, особенно при исследованиях мест сооружений в горных районах.

Методы радиолокации, радионивелирования с самолета и вообще радиогеодезические методы открывают новые горизонты для гидротехнических изысканий.

Применение новых моделей инструментов, в особенности новых систем дальномеров, может также улучшить, ускорить и удешевить топографо-геодезические работы.

Очень важным является вопрос усовершенствования методики производства промеров работ, которые отличаются большой трудоемкостью. Необходимо широко применять эхолотирование, дающее значительное ускорение и улучшение качества работ, в особенности при использовании радиологов и других аналогичных радиоприборов.

Изучать рельеф дна можно будет посредством аэрофотосъемки вместо промеров глубин, особенно при исследованиях озер и водохранилищ; ряд работ, выполненных в этой области (при глубинах до 30 м) дал удовлетворительные результаты, однако полностью вопрос еще не разрешен.

В области гидрологических исследований можно указать много новых методов и приборов, заслуживающих внимания. Прежде всего необходимо пересмотреть теоретические основы современной гидрометрии, которая в настоящее время еще пользуется в значительной мере устаревшими методами, основанными на несовершенных теоретических воззрениях на структуру водного потока.

При организации и выполнении гидрологических работ, основную часть которых составляют наблюдения над колебаниями уровня воды, измерение жидких и твердых расходов, изучение термического и ледового режима необходимо считать главной задачей, так же как и в других разделах изысканий, упрощение, ускорение и удешевление работ при условии обеспечения надлежащего их качества. Это может быть достигнуто в значительной мере применением автоматических приборов, самописцев, с использованием электричества, радио. Широкое развитие должны получить физические методы исследований с использованием электроники, электроакустики, меченых атомов и др.

Можно с успехом применять стереофотограмметрию, аэрофотосъемку, киносъемку для изучения паводков, вскрытия и замерзания рек, ледового режима. Для изучения напоров и процессов формирования русла целесообразно использовать подводное фотографирование и физические методы.

Для гидрологических и метеорологических наблюдений во многих случаях могут с успехом применяться автоматические, гидрологические и метеорологические станции, передающие результаты наблюдений давления, температуры, скорости и направления ветра и др. по радио.

Весьма важным является внедрение и расширение аппаратуры для производства химических анализов вод (потенциометры, колориметры, спектрометры и др.).

В методике геологических и гидрогеологических изысканий имеется много областей, требующих коренных усовершенствований. Особое внимание нужно обратить на необходимость всестороннего применения аэрофотосъемки (аэрогеосъемки), а также самолетов и вертолетов для транспорта.

Разработка геофизических методов разведки и создание аппаратуры, наилучшим образом удовлетворяющей требованиям гидротехнических изысканий, является актуальной задачей; особого внимания заслуживает электроразведка, применение эхолотов для исследования мощности донных отложений в водоемах.

Методика исследований физико-механических свойств грунтов (геотехнические исследования) требует также дальнейшей разработки и унификации автоматических самопишущих приборов, оптических приборов и т. п.

Необходима полная механизация буровых работ и создание новых типов буровых станков. В частности заслуживает внимания развитие способов бурения скважин больших диаметров — до 1 м и более.

Весьма ценными для бурения неглубоких скважин являются вибробуры новой конструкции, ускоряющие и удешевляющие работы в несколько раз, а также весьма продуктивные шнековые буры.

В области гидрогеологических изысканий должны найти широкое применение новые электронные приборы для изучения уровней, дебита, коэффициента фильтрации подземных вод, а также полевые гидрохимические и геотехнические лаборатории.

Наконец, следует сказать о возможности использования радиоактивных элементов (меченых атомов) для гидрологических, геологических и гидрогеологических исследований. Область применения этого нового метода растет с каждым годом как в СССР, так и за рубежом.

Необходимо по возможности механизировать и обработку материалов. Для этого с успехом можно применять не только обыч-

ные счетные машины (арифмометры и т. п.), но и специальные, например для обработки расходов воды, для различного рода гидрологических расчетов и т. п., а также электронные счетные машины.

3. Рационализация организации работ и методов гидротехнических изысканий. Скоростные методы

Не только с помощью новой техники можно добиться повышения качества и продуктивности работ: можно достигнуть многого, если внимательно отнестись к организации производственного процесса в целом и его деталей.

Успех работ в значительной степени зависит от использования социалистических форм организации труда, четкости, детальности разработки планов и программ работ, правильности расстановки кадров, бесперебойности, снабжения финансами, продовольствием, спецодеждой, материалами, заблаговременности доставки инструментов и оборудования, качества средств передвижения, надежности связи, качества инструментов и оборудования, четкости руководства и инструктирования (особенно молодых работников), уплотнения рабочего полевого периода и рабочего дня, всемерного уменьшения потерь времени на переезды, четкости распределения обязанностей, нормирования и т. д.

По отдельным категориям работ можно наметить ряд конкретных мероприятий на основании детального изучения рабочего процесса.

Опыт изысканий, проектирования и строительства Большого Ферганского канала имени Сталина, грандиозных строек на Волго-Доне, Днепре и других скоростных строек, где были применены новые методы изыскательских работ, должен быть использован при организации гидротехнических изысканий.

Скоростные методы изысканий, с использованием аэрофотосъемки, эхолотирования и других новых методов в настоящее время широко применяются в СССР; они дают хорошие результаты¹.

Особое внимание должно быть обращено на еще большую тесную связь между проектированием и изысканиями, так как это может ускорить, например, выбор вариантов и разрешение тех или иных вопросов.

Большое значение для ускорения работ имеет также камеральная обработка материалов на месте, во время полевых работ.

Внедрение новой техники, рационализации отдельных элементов работ, четкая их организация, обмен опытом — выполнение всех этих условий дает возможность вести гидротехнические изыскания передовыми скоростными методами.

¹ На технической конференции проектно-изыскательских организаций Бауманского района г. Москвы по обмену опытом внедрения в инженерные изыскания новой техники и новых методов работы был сделан ряд докладов о новой технике и новых методах изыскательских работ (в апреле 1956 г.).

ЛИТЕРАТУРА

Общая

Е. В. Близняк, Водные исследования, Речиздат, 1952.
Справочник по гидротехнике, Госстройиздат, 1955.

К главам IV и V

А. В. Гавеман, Аэросъемка и исследование природных ресурсов, АН СССР, 1937.
Географический сборник VII, Вопросы аэрофотосъемки, изд. АН СССР, 1955.
В. Ф. Дейнеко, Аэрофотогеодезия, Геодезиздат, 1955.
О. Г. Дятц, Геодезия для гидротехнических специальностей, Геодезиздат, 1950.
Инструкция по триангуляции 1, 2, 3 и 4 классов, Геодезиздат, 1956.
М. Д. Коншин, Аэрофототопография, Геодезиздат, 1949.
Практическое пособие для производства изыскательских работ на речном транспорте, Топографо-геодезические работы для берегового строительства, Речиздат, 1951.
Н. Н. Степанов, Геодезия, Гидрометеиздат, 1954.
А. С. Чеботарев, Геодезия, ч. I и II, Геодезиздат, 1955 и 1949.

К главе VI

В. С. Горшенин, Магнитострикционные эхолоты, изд. «Водный транспорт», 1939.
Практическое пособие для производства изыскательских работ на речном транспорте. Изыскания на судоходных реках в свободном состоянии, Речиздат, 1952.
П. А. Шейкин, Гидрографические работы на реках, изд. ВМС, 1949.

К главе VII

Инструкция по производству топографо-геодезических изысканий. Оформление материалов (И 31-53), Госэнергоиздат, 1955.
Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500, изд. 2-е, Геодезиздат, 1953.
Условные знаки для топографических планов масштаба 1:10 000, (дополн. изд.), Геодезиздат, 1953.

К главе VIII

В. Д. Быков, Гидрометрия, Гидрометеиздат, 1949.

Г. В. Железняков, Гидравлическое обоснование методов речной гидрометрии, под ред. Е. В. Близняка, изд. АН СССР, 1950.

В. В. Лебедев, Гидрология и гидрометрия в задачах, Гидрометеиздат, 1955.

Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 6, Гидрометеиздат, 1952.

Г. И. Шапов, Речные наносы, Гидрометеиздат, 1954.

К главе IX

М. С. Аверкиев, Метеорология, изд. МГУ, 1951.

Е. В. Близняк, Руководство к барометрическому нивелированию, изд. 4-е, ГУГК, 1939.

В. Н. Кедров и М. С. Стеризат, Метеорологические приборы, Гидрометеиздат, 1953.

Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, ГУ ГМС, вып. 3, Метеорологические наблюдения на станциях, Гидрометеиздат, 1946.

К главе X

В. А. Апродов, Геологическое картирование, Госгеоиздат, 1952.

Гидроэнергопроект, Ручное ударно-вращательное бурение, Госэнергоиздат, 1949.

Гидроэнергопроект, Изыскания естественных строительных материалов при гидроэнергетическом строительстве, Госэнергоиздат, 1950.

Инженерно-геологическая съемка при гидроэнергетическом строительстве, Министерство электростанций, Госэнергоиздат, 1947.

Инженерно-геологические исследования для гидроэнергетического строительства, под ред. И. В. Попова, т. I и II, Госэнергоиздат, 1950.

Инженерно-геологические исследования при проектировании и строительстве гидроэнергетических сооружений. Методическое пособие для инженеров-геологов, Госэнергоиздат, 1953.

Инженерно-геологические изыскания на морских побережьях и в устьях рек, Госстройиздат, 1954.

Инструкция для коллекторов инженерно-геологических партий, МЭС СССР, Госэнергоиздат, 1951.

Г. Н. Каменский, Поиски и разведка подземных вод, Госгеоиздат, 1947.

Г. Н. Каменский, Гидрогеологические исследования и разведка источников водоснабжения, Госгеоиздат, 1947.

Н. И. Куличихин и Б. И. Воздвиженский, Разведочное бурение, Госгеоиздат, 1949.

И. М. Литвинов, Исследование грунтов в полевых условиях, Углетехиздат, 1951.

Методическое руководство по изучению режима подземных вод, Госгеотехиздат, 1954.

В. П. Мирошниченко, Аэрогеосъемка, Географгиз, 1946.

В. А. Обручев, Полевая геология, т. I и II, Горгосиздат, 1932.

М. Н. Петрусевич, Геологосъемочные работы на основе аэрометодов, Госгеотехиздат, 1954.

И. В. Попов, Инженерная геология, Госгеоиздат, 1951.

А. Н. Спиридонов, Геоморфологическое картографирование, Географгиз, 1952.

Ф. П. Саваренский, Инженерная геология, ГОНТИ, 1937.

А. И. Силин-Бекчурин, Специальная гидрогеология, Госгеоиздат, 1951.

Справочник по инженерно-геологическим расчетам при изысканиях для гидротехнического строительства, Госэнергоиздат, 1955.

Л. В. Сорокин, Б. И. Максимов и др., Общий курс разведочной геофизики для техникумов, Госгостехиздат, 1949.

Е. Г. Чаповский, Практическое руководство к лабораторным работам по грунтоведению и механике грунтов, Госгеолгиздат, 1945.

К главе XI

- О. А. Алексин, Основы гидрохимии, Гидрометеиздат, 1953.
Ботанический институт АН СССР, Методика полевых геоботанических исследований, изд. АН СССР, 1938.
Н. Н. Воронихин, Растительный мир континентальных водоемов, изд. АН СССР, 1953.
С. М. Драчев, А. С. Разумов, С. В. Бруевич, Б. А. Скопичев, М. Г. Голубева, Методы химического и бактериологического анализа воды, Медгиз, 1953.
А. В. Евланова и Л. А. Штуковская, Технический и санитарный анализ воды в условиях экспедиций, Госстройиздат, 1952.
А. А. Красюк, Почвы и их исследование в природе, Сельхозгиз, 1931.
А. К. Пронин, Изучение растительности путем аэрофотографирования, т. I, изд. АН СССР, 1949.
И. Ф. Садовников, Почвенные исследования и составление почвенных карт, Сельхозгиз, 1954.
П. В. Сюзев, Гербарий, изд. Московского общества испытателей природы, 1949.
Г. Х. Шапошиков, Изучение ихтиофауны водоемов, изд. АН СССР, 1950.

К главам XII и XIII

- Практическое пособие для производства изыскательских работ на речном транспорте. Изыскания на судоходных реках в свободном состоянии, Речиздат, 1952.
Правила гидрографической службы № 5, Промер на реках (ПГС), Управление гидрографии ВМФ СССР, 1945.
Е. В. Близняк, Руководство к барометрическому нивелированию, изд. 4-е, Редбюро ГУГК при СНК СССР, 1939.
Наставление по рекогносцировочным гидрографическим исследованиям рек, Гидрометеиздат, 1949.
Справочник путешественника и краеведа, под ред. С. В. Обручева, Географгиз, 1949.
С. А. Янченко, Наставление для определения азимутов пониженной точности, Военгиз, 1944.

К главам XIV и XV

- П. К. Агеев, Санитарно-гигиенические вопросы гидротехнического строительства, Медгиз, 1951.
П. К. Божич, Производство волновых наблюдений и исследований, Речиздат, 1948.
С. Н. Крицкий, М. Ф. Менкель и др., Зимний режим водохранилищ и каналов, наблюдения и исследования, Проблемы регулирования речного стока, вып. 3, изд. АН СССР, 1948.
Л. С. Кусков, Водное хозяйство крупных гидроузлов и судоходных каналов, Речиздат, 1951.
И. А. Лифанов, Организация чаши водохранилища, Госэнергоиздат, 1946.
Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 7. Гидрологические наблюдения на озерных станциях, Гидрометеиздат, 1948.
Прогноз подпора грунтовых вод по берегам водохранилища, Госэнергоиздат, 1947.

Руководящие указания по переносу на местность проектного контура водохранилища (РУ 15-54), Госэнергоиздат, 1954.

Методика изучения сапропелевых отложений под ред. В. Н. Сукачева вып. 1, изд. АН СССР, 1953.

Л. Ф. Титов и Ф. А. Коршак, Руководство по стереофотограмметрической съемке волн, изд. Главсевморпути, 1948.

Труды лаборатории озераведения АН СССР, т. I, изд. АН СССР, 1950.

И. Е. Шмерлинг, П. Д. Буторов и др., Опыт эксплуатации Рыбинского водохранилища, Речиздат, 1952.

К главе XVI

- А. Н. Баранов, К. И. Егунов и др., Геодезия в тоннелестроении, ч. I и II, Геодезиздат, 1952 и 1953.
В. П. Введенский, Разбивка сооружений, Стройиздат, 1948.
Н. Г. Видуев, Д. И. Ракитов и др., Геодезические разбивочные работы, Гостехиздат Украины, Киев, 1952.
Г. Ф. Глотов, Геодезические работы при крупном гидростроительстве, Редбюро, ГУГСК, 1939.
А. Ф. Лютиц, Разбивка крупных сооружений (основные положения), Геодезиздат, 1952.

К главе XVII

- С. Т. Алтуни, Выправительные, защитные и регулировочные сооружения на реках, Сельхозгиз, 1947.
С. Т. Алтуни, И. А. Бузунов, Защитные сооружения на реках, Сельхозгиз, 1953.
Н. М. Бернадский, Речная гидравлика, ее теория и методология, т. I, 1933.
Н. А. Иванов, А. П. Чекрышев, Дноуглубление, выправление и обстановка, изд. «Водный транспорт», 1939.
А. В. Караушев, Гидравлика рек и водохранилищ, изд. «Речной транспорт», 1955.
Практическое пособие для производства изыскательских работ на речном транспорте, Руслыные исследования, Речиздат, 1951.
А. Н. Чекрышев, Водные пути, ч. I, Водтрансиздат, 1953.

К главе XVIII

- Н. Г. Видуев, Д. Н. Ракитов и др., Геодезические разбивочные работы, Гостехиздат, УССР, 1952.
Н. Г. Видуев, Д. Н. Ракитов, Нивелирование рек, каналов и водохранилищ, Гостехиздат УССР, 1952.
А. В. Горин, Проектирование железных дорог, т. I, II, III, Трансжелдориздат, 1948.
Рационализация и изобретательство в проектно-изыскательских работах, Дориздат, 1952.
А. А. Угинчус, Каналы и сооружения на них, Госстройиздат, 1953.

К главе XIX

- Е. В. Близняк, М. М. Гришин и др., Гидротехнические сооружения, т. II, Госстройиздат, 1946.
Гидравлическое моделирование, перевод с английского С. В. Муромцева, под ред. Е. В. Близняка, Госэнергоиздат, 1948.
И. А. Шадрин, Опыт русловых исследований на открытых моделях, Речиздат, 1951.

К главе XX

Справочник укрупненных показателей стоимости проектных и изыскательских работ, Общая часть, Госстройиздат, 1955.

То же, ч. I, Изыскательские работы для строительства, раздел I, Единичные стоимости отдельных видов изыскательских работ, Госстройиздат, 1956.

То же, раздел 2, Укрупненные показатели стоимости комплексных изысканий по отраслям народного хозяйства, Госстройиздат, 1956.

То же, раздел 3, Укрупненные показатели стоимости линейных изысканий, Госстройиздат, 1956.

Правила техники безопасности на топографо-геодезических работах Главного управления геодезии и картографии, Геодезиздат, 1950.

Н. К. Скаковский, Техника безопасности при производстве геологических поисково-съёмочных работ, Госгеолгиздат, 1952.

Инструкции по составлению проектов и смет по гидротехническому строительству (И 109-53). Госэнергоиздат, 1954.

К главе XXI

В. И. Баранов, Радиометрия, изд. АН СССР, 1955.

И. С. Булгаков, Счетные машины, Машгиз, 1951.

А. И. Несмеянов, Меченые атомы, Гос. изд. технико-теоретической литературы, 1951.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
<i>Раздел первый</i>	
Характеристика гидротехнических изысканий	
Глава I. Задачи гидротехнических изысканий. Краткая история гидротехнических изысканий и исследований вод в СССР	5
§ 1. Задачи гидротехнических изысканий	—
§ 2. Краткая история исследований вод и гидротехнических изысканий	—
Глава II. Классификация гидротехнических изысканий. Состав работ	9
§ 3. Классификация гидротехнических изысканий и связь их с проектированием	—
§ 4. Состав изыскательских работ и их краткая характеристика	11
Глава III. Предварительные камеральные работы	12
§ 5. Общие данные. Основные учреждения и организации. Главнейшие материалы	—
<i>Раздел второй</i>	
Речные изыскания	
<i>А. Подробные комплексные исследования рек</i>	
Глава IV. Состав работ, входящих в подробные комплексные исследования рек	13
§ 6. Состав полевых работ	—
§ 7. Предварительная рекогносцировка	14
Глава V. Геодезические и топографические работы	—
§ 8. Состав геодезических и топографических работ	—
§ 9. Проложение опорной сети	15
§ 10. Нивелирование	25
§ 11. Съёмка	34
Глава VI. Промеры глубин. Траление	44
§ 12. Промеры глубин	—
§ 13. Траление	57
Глава VII. Главнейшие отчетные документы по топографо-геодезическим и промерным работам	58
§ 14. Обработка материалов изысканий	—
§ 15. Главнейшие отчетные документы	59
Глава VIII. Гидрологические работы	61
§ 16. Задачи и состав гидрологических работ. Классификация гидрологических и гидрометрических станций	—
§ 17. Наблюдения над колебаниями уровня воды	63
§ 18. Приведение материалов полевых работ к срезочному (условному) уровню и вычисление срезки	64
§ 19. Определение скоростей течения и расходов воды. Вычисление стока	69
§ 20. Наблюдения над паводками. Определение стока паводков. Изучение формирования русла	71

	Стр.
§ 21. Изучение температурного режима реки	74
§ 22. Изучение замерзания реки, ее зимнего режима, вскрытия и ледохода	78
§ 23. Отчетные документы по гидрологическим работам	80
Глава IX. Метеорологические работы	81
§ 24. Общие данные	—
§ 25. Приборы для измерения температуры воздуха	—
§ 26. Приборы для измерения влажности воздуха	82
§ 27. Приборы для наблюдений над испарением	83
§ 28. Наблюдения над облаками	88
§ 29. Наблюдения над атмосферными осадками и снежным покровом	—
§ 30. Приборы для измерения давления воздуха	91
§ 31. Приборы для наблюдений над ветром. Роза ветров	—
§ 32. Наблюдения над различными метеорологическими явлениями	93
§ 33. Метеорологические станции и производство наблюдений	—
§ 34. Отчетные документы	95
Глава X. Инженерно-геологические изыскания	—
§ 35. Задачи инженерно-геологических изысканий, их классификация и состав работ	—
§ 36. Геологическая съемка	96
§ 37. Геоморфологическая съемка	101
§ 38. Аэрогеологические методы исследований	102
§ 39. Геологоразведочные работы	104
§ 40. Бурение	109
§ 41. Размещение разведочных выработок. Построение геологических разрезов	115
§ 42. Геофизические методы разведки	118
§ 43. Гидрогеологические исследования	121
§ 44. Геотехнические исследования	128
§ 45. Изыскания строительных материалов	129
§ 46. Инженерно-геологические изыскания в связи с проектированием гидротехнических сооружений	132
§ 47. Инженерно-геологические карты	136
Глава XI. Почвенные и геоботанические исследования. Гидрохимические и гидробиологические исследования	138
§ 48. Задачи почвенных и геоботанических исследований	—
§ 49. Производство почвенных исследований	139
§ 50. Производство геоботанических исследований	141
§ 51. Задачи гидрохимических и гидробиологических исследований	143
§ 52. Производство гидрохимических исследований	—
§ 53. Производство гидробиологических исследований	147
<i>Б. Предварительные (облегченные) и рекогносцировочные исследования рек</i>	
Глава XII. Предварительные (облегченные) гидротехнические изыскания	149
§ 54. Задачи предварительных (облегченных) изысканий. Состав работ. Предварительная рекогносцировка	—
§ 55. Геодезические и топографические работы. Промерные работы	150
§ 56. Гидрологические и прочие работы	152
Глава XIII. Рекогносцировочные исследования рек	153
§ 57. Производство рекогносцировочных изысканий	—
<i>Раздел третий</i>	
Изыскания и исследования озер и водохранилищ	
Глава XIV. Исследования озер	155

§ 58. Задачи исследований и их классификация. Состав работ	155
§ 59. Геодезические и топографические работы	157
§ 60. Промерные работы	159
§ 61. Гидрологические работы	173
§ 62. Метеорологические работы	174
§ 63. Инженерно-геологические работы	—
§ 64. Повышенные и геоботанические исследования. Гидрохимические и гидробиологические исследования	—
§ 65. Обработка материалов. Отчетные документы	175
Глава XV. Изыскания и исследования водохранилищ	—
<i>А. Изыскания, связанные с проектированием и организацией чаши водохранилища</i>	
§ 66. Общие данные. Состав работ	176
§ 67. Переезды на местность и закрепление проектного контура водохранилища. Определение площадей затоплений	—
§ 68. Установление подпора грунтовых вод в районах, прилегающих к берегам водохранилища. Определение границ подтопления	179
§ 69. Техничко-экономические обследования в связи с затоплением и подтоплением земель и других объектов	181
§ 70. Санитарно-технические обследования в связи с затоплением и подтоплением	—
§ 71. Изыскания для разработки проектов сооружений и мероприятий, связанных с будущей эксплуатацией водохранилища	182
<i>Б. Исследования водохранилищ по введению их в эксплуатацию</i>	
§ 72. Предварительные работы в связи с организацией исследований водохранилища по заполнению его чаши водой. Основные положения	184
§ 73. Кривые подпора. Затопление и подтопление	185
§ 74. Гидрологические работы	—
§ 75. Исследования перестроения берегов и ложа водохранилищ	188
§ 76. Гидрохимические и гидробиологические работы. Санитарно-технические исследования	191
§ 77. Изучение разных вопросов	—
<i>Раздел четвертый</i>	
Специальные гидротехнические изыскания и исследования	
§ 78. Состав специальных изысканий и исследований	193
Глава XVI. Разбивка сооружений	—
§ 79. Основные положения. Точность разбивки	—
§ 80. Измерение линий и углов. Определение высот	194
§ 81. Способы плановой разбивки сооружений	196
§ 82. Плановая опорная сеть. Закрепление опорных точек. Примеры разбивки	200
§ 83. Разбивка судоходных трасс до заполнения чаши водохранилища	202
§ 84. Разбивка тоннелей	—
§ 85. Разбивка кривых	206
§ 86. Высотная разбивка сооружений	207
§ 87. Задачи выверочных работ и изысканий, связанных с ними. Стадии изысканий	209
Глава XVII. Изыскания для выверочных работ	—
§ 88. Предварительные камеральные работы. Выбор участков для производства выверочных работ. Проектный уровень. Состав полевых работ	—
§ 89. Топографо-геодезические и промерные работы	210
§ 90. Гидрологические работы	211
§ 91. Геохимические, геоморфологические и гидрогеологические исследования	217

	Стр.
§ 92. Особенности изысканий для выправительных работ на горных реках	218
§ 93. Разбивка выправительных сооружений	219
§ 94. Отчетные документы	—
Глава XVIII. Изыскания каналов	220
§ 95. Задачи и стадии изысканий	—
§ 96. Классификация каналов и особенности их изысканий. Трассирование каналов	—
§ 97. Состав работ и их характеристика	221
§ 98. Рекогносцировочные изыскания	223
§ 99. Изыскания вариантов и их сравнение	225
§ 100. Предварительные изыскания	—
§ 101. Трассирование с использованием аэрофотосъемки и фотогеодолитной съемки	230
§ 102. Подробные (окончательные) изыскания	231
§ 103. Геологические, геоморфологические, гидрогеологические, гидрологические, почвенные и прочие исследования	233
§ 104. Строительные (предпостроечные) изыскания каналов	237
Глава XIX. Изыскания для лабораторных гидротехнических исследований	238
§ 105. Задачи и характеристика лабораторных гидротехнических исследований	—
§ 106. Материалы, необходимые для производства лабораторных гидротехнических исследований	240

Раздел пятый

Организация гидротехнических изысканий

Глава XX. Организация гидротехнических изысканий. Техника безопасности. Нормы. Расценки. Сметы	242
§ 107. Организация гидротехнических изысканий в СССР	—
§ 108. Техника безопасности и охрана труда	249
§ 109. Организация и производство камеральных работ. Размножение материалов	251
§ 110. Нормы, единичные расценки. Сметы	254
Глава XXI. Вопросы реконструкции и рационализации гидротехнических изысканий в СССР	256
§ 111. Новая техника и рационализация изыскательских работ	—
Литература	260

Евгений Варфоломеевич Близняк
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

23455

* * *
Госстройиздат,
Третьяковской пр., д. 1

* * *
Редактор издательства Л. А. Годубенкова
Переплет худ. Ю. М. Сигова
Технический редактор А. М. Токер

О П Е Ч А Т К И

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать	Вина
68	12 сверху	по формуле (13)	по формуле (12)	Автора
157	16 сверху	(рис. 87)	(рис. 86)	Из-ва
171	2 снизу	гидротехслужбы	гидрометеослужбы	Автора
199	16 сверху	(рис. 101, б)	(рис. 100, б)	Из-ва

Зак. 336

Сдано в набор 22 II 1956 г. Подписано к печати 13/III 1956 г. Т-08021. Бумага 60×92/16
— 8,83 бум. л. — 16,75 печ. л. + 3 вклейка 1 печ. л. (18,33 уч.-изд. л.) Изд. № V-8961
Тираж 3000 экз. Цена 6 р. 45 к. Переплет 1 р. 50 к. Зак. 336

Типограф № 2 Гос. издательства литературы по строительству и архитектуре,
Ленинград, ул. Маяковского, 58