

НКТП—СССР

ГЛАВЭНЕРГО

ТРЕСТ „ГИДРОЭЛЕКТРОПРОЕКТ“

**ИНСТРУКЦИЯ  
ПО ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ  
ИЗЫСКАНИЯМ**

Выпуск III

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ**

ТРЕСТ «ГИДРОПРОЕКТ»

# ИНСТРУКЦИЯ ПО ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ

Выпуск III

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ  
И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ  
РАБОТЫ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

«СТАНДАРТИЗАЦИЯ и РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ»

МОСКВА

1984

ЛЕНИНГРАД

3258

ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ТЕХНИЧЕСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА СССР

3428

№3

ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ТЕХНИЧЕСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА СССР

~~165/17  
1934г.~~

~~ПРОЗЕРНО  
1934г. 126833~~

Главный ред. из-ва М. ГИТТЕРМАН  
Редактор книги А. ШИГЕЛЬ  
Техн. редактор А. ЖДАНОВА  
Сдано в производство 17/II 1934 г.  
Подписано к печати 8/III 1934 г.  
Изд. № 80—г, 15 1/2 печ. листа 64000 экз. в п. л.  
Бумага 72x104, 1/16 д. листа  
Главлит № В 80828 Тир. 3000 Зак. 278

Рязнинографля Мособлполиграфя Совизлощадь.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Надлежащее качество проектных работ достигается главным образом при наличии полноценных результатов водноэнергетических изысканий.

Повышение качества изыскательских работ и снижение себестоимости их обеспечиваются соблюдением высокой точности выполнения работ, последовательностью их производства, правильной организацией и строгим соответствием объема проводимых изысканий данной стадии проектирования. Созданные в 1933 г. в системе Гидроэлектропроекта комплексные изыскательские партии могут и должны проводить в жизнь перечисленные принципы.

Все возрастающее развитие водноэнергетических исследований настоятельно требует издания инструкционных материалов, излагающих приемы и способы производства работ, базирующихся на современном состоянии науки и техники и отражающих специальные производственные задачи треста.

С этой целью Управление изысканий Гидроэлектропроекта приступило к разработке специальных руководств по отдельным видам водноэнергетических исследований для работников созданных комплексных изыскательских партий. Одним из таких руководств и является настоящая Инструкция по водноэнергетическим изысканиям, состоящая из трех выпусков. Первый из них освещает топо-геодезические работы, второй — гидрологические и третий — инженерно-геологические и гидрогеологические работы.

Инструкция разработана специальными бригадами и утверждена комиссией в следующем составе: инж. А. М. Щигель (председатель), гл. инженер изысканий Е. П. Иогансон (зам. предс.), члены комиссии: проф. Е. В. Близняк, проф. Ф. П. Саваренский, проф. И. В. Попов, проф. Н. А. Головин, инж.-геодезист Н. Г. Котов, инж.-геодезист Е. Ф. Белikov, инж. О. К. Шверин, инж. П. П. Пиварелис, инж.-геолог М. П. Семенов, инж.-геодезист Ю. С. Фроловский (секретарь).

Просьба ко всем пользующимся настоящей инструкцией свои указания о возможных недочетах направлять по адресу: Москва, Ц., Китайский проезд, 7, Гидроэлектропроект, Управление изысканий.

Пом. управляющего трестом, начальник сектора изысканий

*Инж. А. М. Щигель*

## ПРЕДИСЛОВИЕ К III ВЫПУСКУ

Настоящий выпуск инструкции имеет две цели: 1) дать геологическим работам, производимым для обоснования проекта, то направление и объем, которые нужны согласно установившимся в настоящее время требованиям к отдельным этапам проектирования: для рабочей гипотезы, схемы и эскизного проекта (для технического проекта инструкция еще не составлена), и 2) обеспечить методическую правильность выполнения отдельных видов работ, в совокупности составляющих инженерно-геологическое изучение.

Вследствие этого инструкция делится на две части: первую, трактующую о видах и объектах работ, потребных для отдельных этапов проектирования (три главы), и вторую, излагающую методы выполнения отдельных видов исследований (пять глав).

Настоящий выпуск является результатом коллективного труда. Составление отдельных глав его распределяется между участниками работы следующим образом: введение написано проф. И. В. Поповым; в 1-й части главы I и II составлены им же, глава III — инж. С. П. Семеновым; часть 2-я составлена еще в 1932 г. инж. Н. К. Тихомировым, причем главы II и III остались без особенных изменений, но пополнены разделами по изучению грунтов; глава I подверглась коренной переработке и значительно дополнена; глава IV значительно дополнена и в нее внесены частичные изменения. Указанные дополнения в части 2-й и переработка ее выполнены проф. И. В. Поповым. Руководство составлением и редактированием всей инструкции выполнено проф. И. В. Поповым. В проработке отдельных частей книги принимали участие геологи А. А. Ивацкин-Писарев и Е. А. Молдавская.

После составления инструкция подверглась детальному разбору в комиссии под председательством инж. А. М. Щигель, в которой участвовали, кроме постоянных ее членов, гл. инж. изысканий треста Е. И. Иогансон и привлеченные эксперты-геологи и гидротехники: проф. В. М. Малышев, инж. И. А. Рабинович, проф. Ф. П. Саваренский, проф. Г. Н. Каменский, доц. В. А. Приклонский и инж. Н. В. Мастицкий.

И Управление изысканий Гидроэлектропроекта, и редактор, и составители, выпуская инструкцию в настоящем виде, не считают ее лишенной недостатков, и лишь острая необходимость дать книгу уже для текущего периода работ заставила издать ее безотлагательно.

Применение инструкции в настоящем виде должно вместе с тем явиться и ее проверкой. Несомненно, много ценных замечаний, исправлений и дополнений после этого смогут быть выдвинуты полевыми работниками. Для этого в 1934 г. предполагается созыв специального технического совещания, посвященного обсуждению инструкции.

По ряду частных вопросов предполагается издать отдельные инструкции, трактующие их более подробно, чем в настоящей работе.

С внесением поправок, которые будут предложены как со стороны геологов, так и проектировщиков, вся инструкция, мы надеемся, приобретет полноту и четкость, необходимые для того, чтобы обеспечить проектирование нужными методами инженерно-геологических работ и высоким качеством их результатов, а самые изыскания сделать точными, быстрыми и дешевыми.

## ВВЕДЕНИЕ

Инструкциям для топографических и гидрологических работ легко придать конкретный характер, так как характер топографических съемок и гидрологических изысканий в общем мало отличается при производстве их для различных сооружений и в различных районах. Поэтому между инженером-проектировщиком, определяющим задания, и топографом и гидрологом, принимающими их к выполнению, легко устанавливаются взаимное понимание и практическая увязка в работе. Но между инженером-проектировщиком и инженером-геологом (а тем более геологом) такая увязка и полное взаимное понимание, определяемое общностью конечной цели их работ, к сожалению, далеко не всегда имеют место. Происходит это, главным образом, потому, что отдельные виды геологических исследований, в общем своем комплексе слагающие инженерно-геологическое изучение, можно понимать и осуществлять очень широко, далеко выходя за пределы, нужные для решения практических вопросов, поставленных проектировкой. Велико также разнообразие геологических, гидрогеологических и грунтовых условий, которые могут встретиться в местах, на первый взгляд схожих по своему строению. Наконец, существенно затрудняет установление полного взаимного понимания между геологами и проектировщиками то, что геологи создаются зачастую в школе научной работы, а инженеры-проектировщики свои взгляды и приемы работы выковывают в условиях практики строительства.

Ввиду всего этого на согласование геологических исследований с целями и условиями проектирования должно быть обращено особое внимание. Никакая инструкция, как бы хорошо составлена она ни была, не может дать указаний для всех случаев, которые создаются: а) разнообразием геологических условий разных районов и участков, б) различием требований, вытекающих из конструктивных и проектных предположений и из степени ответственности сооружений и в) необходимостью согласования объема работ с этапом проектирования.

Установление окончательной согласованности между взглядами и требованиями проектировщиков и геологов является задачей главного инженера, ответственного за качество проекта в целом. Для него одинаково важны и он в равной мере ответствен как за качество проектных работ, так и за полноту и правильность положенных в основу их геологических данных и соответствие их этапу проектирования. Поэтому им проверяются основные вопросы, задаваемые проектировщиком геологу, и методы и объем работ, производимых геологом для получения материалов, на основе которых даются ответы на эти вопросы.

Приступая к инженерно-геологическим исследованиям, геолог должен твердо помнить, что в данном случае он выполняет по заданию проектировщика геологическую часть сложного комплекса разнообразных исследований, в совокупности создающих базу для проекта.

Естественно, что геологические исследования должны осуществляться методами геологической работы и потребные приемы должны вытекать из поставленных перед геологом задач и вопросов. Получив от проектировщика вопросы, с которыми последний обращается к геологу, геолог определяет те виды работ, приемы их и объем, которые необходимо для этого выполнить.

В конечном счете, проектировщик требует от геолога дать ему литолого-техническую характеристику интересующего его участка, его гидрогеологию и прогноз тех изменений, которые явятся в результате возведения и функционирования проектируемого сооружения. Степень подробности этих сведений должна отвечать этапу проектирования.

Чтобы дать требуемые характеристики с достаточной степенью достоверности и в таком виде, чтобы ими можно было пользоваться при проектировании, все характеристики пород и подземных вод должны быть связаны в единую систему. Такая увязка обязательно должна производиться на основе схемы геологического строения всего района исследований, слагающейся из описания стратиграфии, тектоники, гидрогеологии, геоморфологии, литологии и современных физико-геологических процессов.

Характеристика некоторых технических свойств пород и вод, полученная для отдельных точек района проектирования, оторванная от общегеологической характеристики района, даст неполноценный материал. Полученные результаты не будут отвечать размеру средств, затраченных на их получение, и использование их не сможет быть таким гибким, как это требуется при нормальном развитии всякого проектирования. Не увязав полученные отдельные показатели с общей схемой геологического строения местности, не выяснив законов их пространственных изменений, геолог не будет в состоянии ответить на ряд вопросов проектировщика, с которыми последний вправе к нему обратиться. И так как все же эти ответы нужно будет дать, — придется провести дополнительно огромное количество дорогостоящих разведывательных выработок.

К такому же результату, т. е. к неизбежной излишней затрате больших средств, приводит и нарушение нормальной последовательности изучения.

При инженерно-геологических исследованиях необходимо идти от общего к частному, от изучения больших площадей с малой подробностью к детальному изучению окончательно выбранных участков.

Руководясь узким практицизмом, геолога зачастую побуждают начинать изучение геологических условий для проектирования гидросиловых установок на какой-либо реке с бурения и притом по довольно большой программе на определенных створах, ошибочно полагая, что это даст экономию, так как не будут производиться другие, якобы излишние геологические работы. Недостаточно авторитетный и неуверенно чувствующий себя геолог, не понимающий своих прав и обязанностей, не умея отграничить свои права от прав и обязанностей проектировщика, пытается дать „заключение“ о геологических условиях для сооружения гидростанции, не уяснив себе схемы геологического строения долины реки.

В подавляющем большинстве случаев такой не проведенный последовательно, а поэтому неправильный метод инженерно-геологических исследований ни к чему другому, как к потере значительных средств, энергии и времени, не приводит. Чтобы использовать результаты бурения, все равно придется выполнить пропущенные этапы исследований. Но при этом вознаграждаемыми останутся потери времени и значительных средств. Поэтому наиболее экономичным и бы-

старым методом получения необходимых для проектирования характеристик инженерно-геологических условий, несомненно, явится только систематическое исследование при последовательно сужающихся площадях и соответственно возрастающей подробности изучения.

Основными последовательными моментами этого исследования являются:

а. Сбор и изучение существующих литературных и архивных геологических материалов. Изучение геологического строения района, захватываемого проектированием (в широком понимании). Подробность изучения должна соответствовать картам мелкого масштаба. Границы изучаемой площади определяются геологическими, геоморфологическими и топографо-географическими условиями и потребностями проектирования. Это изучение включает в себя получение стратиграфической, тектонической, геоморфологической и гидрогеологической характеристик района и литолого-технической характеристики важнейших пород. Изучение сопровождается соответствующими небольшими по объему разведывательными работами.

б. Далее, изучаются те же вопросы с подробностью, отвечающей съемке в масштабах средней крупности, на участках, вырисовывающихся в результате первого этапа изучения как возможные варианты месторасположения узлов сооружений. Разведывательные работы играют при этом существенную роль. Гидрогеологическое изучение сопровождается небольшими по объему опытными работами.

Подробное изложение методики определения видов и объема потребных работ при последовательном переходе геологических исследований к стадии рабочей гипотезы и через схемы к эскизному проекту дано в 1-й части настоящей инструкции.

Пользуясь ее указаниями, надо всегда иметь в виду, что размер реки и проектируемого на ней сооружения в значительной степени влияют на характер и объем производимых изысканий, и требования к геологическим материалам при проектировании на реках, подобных Волге или Ангаре, будут совсем другие, чем при проектировании на их второстепенных притоках.

Следующим моментом, требующим особого внимания, является вопрос о качестве первичных материалов, на которых геолог базирует свое инженерно-геологическое заключение. Качество этих материалов определяет и качество заключения. Геолог, который будет давать заключение, должен быть ответствен за качество первичных материалов. С самого начала работ он не должен выпускать из-под своего твердого руководства весь комплекс работ, дающий ему материал для заключений, начиная от съемочных, затем разведывательных и опытных работ и кончая сопровождающим их лабораторным и камеральным изучением.

Для того чтобы геолог, дающий заключение, мог выносить свои решения ответственно, ему необходимо через соответствующих специалистов, ведающих отдельными отраслями исследований, решительно и неустанно, фактически влиять на направление и качество выполняемых работ. Соответственно этому и должны быть построены организационная схема работ и схема подчиненности занятого на работах персонала. Полнее и лучше всего это достигается, когда начальником или техпоруком всех геологических работ является геолог с подчинением ему всех буровых и горноразведывательных, опытных и лабораторных работ. И обратно, самые плохие результаты получаются, когда одна организация ведет буровые, горные и др. работы, а другая организация или какой-либо геолог, не распоряжающийся ими как начальник или ответственный руководитель, бывает обязан давать заключение и вести так называемое геологическое об-



служиванне. Самое широкое поле для обезлички и безответственности создается в этих условиях, в результате чего заключение получается расплывчатое, неясное, неполное, совершенно не отвечающее поставленной цели, не говоря уже о большой потере средств и времени. Найти ответственных лиц за такие печальные результаты работ обыкновенно невозможно, так как оценка деятельности тех и других участников общей по существу работы делается не с одной точки зрения и с разными критериями.

Какова должна быть методика выполнения отдельных видов исследований, в совокупности слагающих инженерно-геологическое изучение, изложено во 2-й части инструкции.

Третьим моментом в работе геолога должно являться неустанное стремление к совершенствованию методики работ путем применения более совершенного оборудования, более полное использование приемов работ и пр. Все это достигается путем заимствования лучших достижений советской и заграничной практики, стимулирования рабочего изобретательства, обмена опытом с другими изыскательскими организациями и создания всех условий для плодотворного коллективного творчества всех участников работы: рабочих, техников и инженеров.

В этом отношении трудно дать готовую инструкцию. Методы работы в данном направлении геолог-руководитель должен подбирать сам, сообразуясь с местными условиями, стоящими перед ним задачами, наличным составом его сотрудников, имеющимся оборудованием и руководствуясь твердым и неуклонным стремлением наилучшим, скорейшим и наиболее дешевым способом выполнить порученную ему задачу в общем нашем деле строительства могучего социалистического хозяйства Страны советов.

О Б Ъ Е М Р А Б О Т  
Д Л Я О Т Д Е Л Ь Н Ы Х С Т А Д И Й  
П Р О Е К Т И Р О В А Н И Я И Т Р Е Б О В А Н И Я К Н И М

## ГЛАВА I

### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ РАБОЧЕЙ ГИПОТЕЗЫ

§ 1. Инструкция типового проектирования указывает, что рабочая гипотеза составляется на основе литературных и существующих картографических исследовательских материалов и данных рекогносцировки, которая в отдельных случаях включает в себя и необходимые дополнительные исследования.

§ 2. Для инженерно-геологического обоснования рабочей гипотезы необходимо дать изложение геоморфологических, геологических и гидрогеологических условий долины водотока, особо выделив характеристику этих условий для мест, наиболее пригодных для устройства водохранилищ и узлов сооружений.

§ 3. Различная полнота литературных материалов, существующих для бассейнов рек, захватываемых проектированием, и различных масштаб сооружений и их ожидаемая сложность не позволяют для всех случаев дать общее указание: в каком размере при составлении основания рабочей гипотезы необходимо проводить полевые исследования. В каждом частном случае объем и характер этих исследований должен определяться на основании оценки существующих литературных и архивных материалов с учетом того, что в результате должны быть даны указанная в § 2 характеристика бассейна и научная база для организации и проведения дальнейших инженерно-геологических исследований.

§ 4. Эти задачи, стоящие перед геологом, заставляют обратить главное внимание на выяснение основных черт геологического строения района, понимаемого широко и в территориальном смысле, и в смысле широты аспекта трактуемых сторон геологии бассейна.

§ 5. Так как ключ к разрешению отдельных вопросов геологии района может быть в некоторых случаях найден скорее и проще при широком подходе к району проектирования, в бассейне данного водотока или системы рек и озер, рекогносцировка не должна быть связана узким пониманием границ района, так же как и применяемого при его изучении комплекса приемов инженерно-геологических исследований.

§ 6. Самое наименование исследований — „рекогносцировка“ — указывает на то, что равномерно точного изучения района не предполагается и что необходимы лишь ознакомление с основными в геологическом смысле местами и беглый обзор промежуточных участков для связи отдельных наблюдений и выводов по ним.

§ 7. Такой характер исследований, еще меньше чем при изысканиях для других этапов проектирования, позволяет заранее предусмотреть все частные вопросы геологии, требующие освещения, и те места, изучение которых дает материал для их разрешения, а также приемы работы. Поэтому работа геолога, малоопытного в изысканиях, для гидроэнергетического строительства, даже если он снабжен самыми

лучшими инструкциями, не сможет дать вполне удовлетворительного материала. Непосредственное участие в рекогносцировочном обследовании опытного геолога является совершенно необходимым условием успешности работы.

§ 8. Задачи, стоящие перед геологом, участвующим (обязательно совместно с проектировщиком) в рекогносцировке района, требуют главным образом применения геоморфологического метода изучения строения района. История формирования должна быть в основных чертах выяснена.

Выясняются строение террас, склонов, основные черты происхождения рельефа и роль при этом литологического сложения отдельных стратиграфических горизонтов, так же как и роль их в гидрогеологии долины.

Должны быть оценены роль и распространение таких элементов геологического строения долины, как карстовые горизонты, склонные к просадкам покровные образования, оползневые явления, участки развития обвалов и осыпей; характер конуса выноса, современные отложения реки и ее притоков и впадающих в долину оврагов, особенно в случае свойственности этому району силей и мур.

В области литологии существенно констатировать наличие горизонтов, легко подвергающихся разрушению под действием воды (гипсоносных, засоленных, легко растворимых известняков и пр.).

§ 9. В районах с малой обнаженностью и мощными покровными образованиями, особенно ледниковыми, со свойственной им пестротой литологического сложения, даже первоначальная геологическая оценка мест, предполагаемых проектированием для расположения плотины, не может быть в некоторых случаях дана без производства разведывательных работ, как-то: бурения, расчисток, шурфовки. Однако размер этих работ, естественно, должен быть минимальным.

§ 10. На основе данных изучения литературного и архивного материала, дополненного материалом, собранным при рекогносцировке, должна быть дана в первом приближении оценка осуществимости замысла проектировщиков с такой степенью достоверности, которая оправдала бы приступ к изысканиям для составления схемы использования данной водной системы.

Второй задачей является выявление тех геологических вопросов, которые, в дополнение к обычно требуемым для схематического проекта должны быть поставлены для ближайшего же этапа изысканий, если решение их в том или другом смысле влияет на судьбу и направление дальнейшего проектирования.

§ 11. Во всех случаях должны быть:

а) установлены масштабы, площади и маршруты инженерно-геологических съемок как всей системы, охватываемой проектируемой схемой, так и отдельных мест ее, более детальное изучение которых должно быть выполнено в стадии изысканий для схемы; в соответствии с этим должно быть своевременно выполнено изготовление топографической основы в требуемых масштабах;

б) намечены участки возможного расположения плотин, разбивающих речную систему на бьефы;

в) намечены участки долин и водораздельных пространств, геологическое строение которых заставляет допускать возможность их гидрогеологической связи с соседними речными системами и вследствие этого возможность утечки воды из водохранилища. Одновременно должны быть намечены основные пути исследований, освещающих эти вопросы и могущих дать количественную оценку этих явлений;

г) намечены темы и участки по тектонике и стратиграфии, требующие специальных исследований, а также предлагаемые в существ-

венных чертах методы этих исследований, как например; тот или иной метод геофизической разведки, буровые и горные выработки, экспериментальные лабораторные и полевые работы и пр.;

д) дана оценка сейсмическим явлениям, если они, судя по устным, архивным и литературным данным, свойственны изучаемому району, и намечены черты строения склонов долины, покровных образований и обломочных и глыбовых накоплений с точки зрения влияния на их устойчивость сейсмических толчков свойственной этому району силы;

е) указаны вопросы тектоники и стратиграфии района, требующие для своего разрешения детального изучения путем глубокого бурения и геофизической разведки, а также места, наиболее удобные для этих исследований.

§ 12. Результаты рекогносцировки и использования литературных и архивных материалов должны быть представлены в виде:

а) карты района с нанесенным на ней маршрутом объезда и указанным описываемых мест;

б) наброска геологической карты с указанием выделяемых инженерно-геологических участков, объединяющих схожие по геоморфологическим и другим признакам части долины и водораздельных пространств;

в) наброска геологических разрезов через типичные места долины и вдоль долины;

г) отчетной записи, заключающей: обзор литературных и архивных материалов и выводы из них, изложение фактического материала (наблюдения при рекогносцировке) и геологические выводы применительно к разделам, приведенным в § 11:

д) обзора месторождений строительных материалов;

е) коллекции образцов важнейших типов пород, развитых в районах намечающихся узлов сооружений и характеризующих условия в районе водохранилища, деривации и др., и местные естественные строительные материалы;

ж) фотографических снимков при рекогносцировке.

## ГЛАВА II

# ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СХЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКИ ИЛИ СИСТЕМЫ РЕК И ОЗЕР

### ОТДЕЛ I

#### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗЫСКАНИЙ И ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

§ 1. Изыскания для схемы использования реки имеют своим назначением дать описание геологических условий долины реки и отдельных ее мест с точки зрения выяснения возможности постройки на ней гидростанций и других связанных с ними сооружений.

§ 2. Геологические материалы, обосновывающие составление рабочей гипотезы, как правило, дают:

а) сводку литературных и архивных геологических материалов, относящихся к бассейну изучаемой реки или системы рек и озер;

б) основанное на этих материалах общее геологическое описание бассейна, дополненное наблюдениями во время рекогносцировочного объезда геолога;

в) предварительные соображения, характеризующие геологические условия в местах, намечаемых по геоморфологическим признакам, как возможные участки для вариантов расположения плотин, разбивающих реку на бьефы;

г) характеристику отдельных геологических черт строения долины рек, могущих решающим образом повлиять на направление проектирования и даже на возможность строительства и потому требующих специального рассмотрения и оценки в процессе дальнейших исследований;

д) материал для составления программы изысканий под схематический проект, главным образом:

1) указания масштабов съемок в пределах бьефов, на вариантах узлов, сооружений и в наиболее важных пунктах районов затопления и подтопления; 2) указания на геологические явления, требующие специального изучения.

Результаты изысканий для схемы должны дать:

а) полную уверенность в возможности разбивки реки на бьефы путем устройства водоподъемных ступеней в определенных местах;

б) предельные высоты допустимых подпоров для каждого бьефа в зависимости от условий устойчивости сооружений и возможности затопления и подтопления ценных угодий, промпредприятий, дорог и населенных пунктов в районах влияния водохранилищ;

в) геологические условия на участках узлов сооружений, определяющие схему расположения отдельных частей, их тип и основные размеры.

§ 3. Объем и характер исследований и степень подробности их должны быть определены в окончательном виде для каждого объекта

исследований отдельно. Нижеуказываемые частные исследования приводятся как типичные; одновременно указываются обстоятельства, могущие потребовать их изменения в ту или иную сторону.

§ 4. Во всяком случае, степень точности выводов из данных геологических изысканий должна быть такова, чтобы участки, намеченные как варианты мест возможного расположения узлов сооружений, были настолько геологически охарактеризованы, чтобы на каждом выбранном варианте уточнение расположения сооружений, выполняемое при эскизном проектировании, могло быть произведено без существенных изменений их типов и относительного расположения основных частей.

## ОТДЕЛ II

### ПОДГОТОВКА К РАБОТАМ И СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

§ 5. Первым шагом геолога, приступающего к изысканиям под схематический проект, должно быть детальное изучение рабочей гипотезы использования реки или системы рек и тех материалов, которые были положены в основу составления проекта. Это изучение не может ограничиваться только геологической частью материалов, но должно захватить и другие разделы настолько, чтобы геолог достаточно полно усвоил себе те идеи и соображения, которые приняты были проектировкой.

§ 6. Параллельно с этим должны вестись:

а) сбор, систематизация и изучение материалов по геологии района, не использованных при составлении рабочей гипотезы;

б) пополнение сведений в области методики инженерно-геологических исследований и теоретических исследований, освещающих вопросы, с которыми придется, в связи с особенностями района, иметь дело в процессе изысканий, обработки материалов и составления заключения, как например вопросы карста, оползней, агрессивности вод, вечной мерзлоты, сжимаемости пород, растворимых составляющих грунтов и т. п.;

в) изучение топографического и гидрографического материала (карты, планы, таблицы высот и пр.);

г) ознакомление и усвоение идей, применяемых проектировщиками в начале схематического проектирования, путем беседы с авторами-проектировщиками всей проблемы в целом и ее частей и изучения их первоначальных программных предложений и даваемой ими оценки геологических условий и особенностей района.

§ 7. В результате этого должны быть сформулированы совместно с проектировщиками те основные вопросы по геологии долины, на которые должны быть получены ответы на основе изысканий, необходимые для обоснования составления схемы.

Комплекс подобных вопросов может быть примерно следующий:

#### А. По всей долине реки или системы рек и озер в целом

- а) геоморфология долины реки;
- б) стратиграфия, литология, тектоника ее;
- в) гидрогеология района с химической характеристикой вод;
- г) современные геологические процессы: оползни, карсты, осыпи, обвалы, муры, силы ливневые выносы, просадки, сейсмичность и пр.;
- д) характеристика участков более сложного строения;
- е) влияние предполагаемого подпора на устойчивость берегов;
- ж) поиски строительных материалов.

## Б. Для хозяйственно важных участков

- а) уточненная гидрогеологическая характеристика;
- б) условия подтопления городов, заводов, хозяйственных угодий и дорог и максимально допустимый в связи с этим подпор воды в реке и изменения при этом гидрогеологических условий.

**В. Для участков, намеченных как варианты мест расположения сооружений (плотины, деривационных устройств, шлюзов, гидростанций и пр.)**

- а) уточненная характеристика стратиграфии, литологии, гидрогеологии и тектоники прилегающей местности по важнейшим вариантам трасс сооружений;
- б) условия устойчивости берегов в местах возможного примыкания плеч плотины;
- в) строение коренной основы и покровных образований в русловой части до глубины возможного влияния изменений условий при постройке плотины;
- г) характеристика технических свойств пород.

§ 8. Для решения перечисленных выше геологических вопросов должны выполняться следующие виды исследований:

а. Площадная геоморфологическая, геологическая, литологическая и гидрогеологическая съемка по долинам рек и берегам озер, связываемых общей сетью гидротехнических сооружений, с освещением маршрутной съемкой и рекогносцировками важнейших мест водоразделов и смежных долин. Для краткости этот комплекс съемочных работ именуется нами инженерно-геологической съемкой.

б. Инженерно-гидрогеологическое разведывательное бурение на участках проектируемых вариантов трасс главнейших сооружений и проходка разведывательных шахт, шурфов и штолен.

В случае наличия особенностей, не позволяющих, для суждения о технических свойствах пород, мощности и характере водных горизонтов, пользоваться только литологическим описанием и данными гидрогеологической съемки для характеристики основных инженерно-геологических типов пород и подчиненных им водных горизонтов, в районах возможных участков строительства ставятся следующие опытные работы:

- а) гидрогеологические опытные работы и наблюдения над режимом подземных вод;
- б) полевые опыты по определению технических свойств грунтов;
- в) другие специальные исследования проявления современных геологических процессов и возможности их активизации в условиях, создаваемых в результате строительства, в случае несомненного их влияния на ход проектирования.

Все перечисленные исследования сопровождаются камеральной обработкой и лабораторными определениями химических и физико-технических свойств грунтов и вод.

§ 9. Техника выполнения всех перечисленных выше видов работ инженерно-геологического комплекса дается во 2-й части настоящей инструкции.

В настоящем же разделе даются методические указания, относящиеся к этим видам инженерно-геологических исследований, для схемы, как-то: масштабы съемок, районы их, глубина, частота и расположение буровых скважин и выработок, выбор объектов исследований (гидрогеологических и геотехнических), состав отчетных материалов и пр.



**Районы и виды съемок**

§ 10. Геологическое освещение путем съемочных работ должно быть получено для всей долины реки или системы рек и озер, охватываемых схематическим проектированием. Вся площадь в пределах затопления и подтопления должна быть покрыта площадной съемкой, причем склоны долины должны быть захвачены сплошной съемкой, как правило, до горизонтали  $+5$  м над линией подпора по тому из данных проектировщиками вариантов расположения и высоты плотины, который создает максимальный подпор для данного участка.

§ 11. Так как такой механический подход определения площадки съемки не может обеспечить достаточное освещение для некоторых мест, могущих влиять своим геологическим сложением на направление проектирования всей схемы в целом или отдельных существенных частей ее, то следует предвидеть, с одной стороны, выход площадной съемки за пределы горизонтали  $+5$  м, а с другой стороны, необходимость совершения маршрутных съемочных и рекогносцировочных ходов в боковые ответвления долины и на водоразделы и уменьшения площади съемки в случае особо пологих склонов долин и обвалования рек. Участки дополнительной съемки определяются частью на основании имеющихся геологических материалов к началу работ, а также соображений проектировщиков, частью на основе наблюдений при рекогносцировочном объезде, который, как правило, должен предшествовать организации сплошной съемки.

Примечание. Так как топографическая съемка вобщем захватывает долину в пределах до горизонтали  $+5$  м над подпором, то места необходимых выходов геологической съемки за эти пределы должны соответственно обеспечиваться специальной топографической съемкой, площадной или поперечниками.

§ 12. Как правило, для схематического проекта площадная съемка ведется в масштабе в пределах от 1:25 000 до 1:100 000. Выбор масштаба зависит от размеров реки, сложности рельефа, обнаженности и сложности геологического строения, причем сплошная съемка может вестись в более мелких масштабах для больших рек, в долинах же со сложным рельефом и сложным геологическим строением — в более крупных (ч. 2-я, гл. I, § 6).

§ 13. Главной целью геологической съемки должна быть возможность сравнительной оценки отдельных участков долины реки с точки зрения пригодности их по геологическому строению для осуществления на них сооружений, требуемых схематическим проектом, т. е. большая или меньшая обеспеченность устойчивости сооружений, гидрогеологическая связь с соседними долинами и ее значение для сохранности воды в водохранилище.

§ 14. В отношении водохранилища совершенно ясным должны стать вопросы об устойчивости берегов водохранилища, вопросы о возможности фильтрации воды из водохранилища через поглощающие грунты берегов и дна, вопросы о возможной подземной утечке воды через узкие водораздельные гряды или бифуркационные лоцины, места, возможно требующие берегоукрепительных работ и работ по уничтожению инфильтрации; для районов, примыкающих к водохранилищу, — возможность заболочивания вследствие изменения подпора воды и влияние этой заболоченности на бытовые и технические условия жизни прилегающей местности и самого водохранилища; условия закладки дренажей, организации стационарных наблюдений за колебаниями уровней грунтовых вод и т. п.

§ 15. Съемка участков узлов сооружений должна вобщем дать ответы на те же вопросы, которые рассмотрены для съемки всей долины реки, но со значительно большей подробностью. Кроме того она должна дать материал для правильного истолкования геологического материала, получаемого при разведочном бурении на разведываемых вариантах трасс плотины.

При этом съемка должна охватить такую площадь, которая позволила бы увязать в общую геологическую картину результаты геологических разведывательных работ и геологической съемки поверхности.

Весь район развития и зарождения современных геологических явлений (обвалы, оползни, осыпи) должен быть охвачен съемкой. В последнем случае съемка должна захватить существенные линии перелома рельефа склонов (полосу вдоль бровки крутого берега, перелома склона в нагорное плато и т. п.). Места, более удаленные от реки, снимаются в более мелком, а ближайšie — в более крупном масштабе.

Обычно съемка под схему на узле сооружений выполняется в масштабе 1:5 000 или 1:10 000 в зависимости от сложности геологического строения. Для участков, связанных, но удаленных от участка предполагаемой постройки в сторону водоразделов, может быть взят меньший масштаб съемки 1:25 000.

Районы крупного хозяйственного значения, лимитирующие своими сооружениями или хозяйственными угодиями допустимый подпор, если для них не имеется карт достаточно крупного масштаба, могут быть освещены поперечниками, увязывающими в вертикальном и горизонтальном отношении места наблюдений за грунтовыми водами (урез реки, шурфы, скважины, колодцы, болота, старицы и пр.) существующие геодезические знаки, фундаменты важнейших зданий и т. п. Масштаб съемок для этих участков тоже должен быть достаточно крупным (1:5 000 или 1:10 000).

§ 16. Для картирования некоторых особо важных явлений, как например участков с карстом и оползнями, уже в стадии схематического проектирования применяется иногда съемка в масштабе более крупном, например 1:2 000.

§ 17. В случае, если для мест, снимаемых геологически, имеется топографическая основа более крупного масштаба, чем требуемый для освещения геологических условий при данной сложности геологического строения местности, — в стадии исследования для схематического проекта геологическая съемка может вестись с подробностью, меньшей чем требуемая масштабом топографической основы (например при основе 1:5 000 густота расположения описываемых обнажений и производимых расчисток и зондировок берется достаточная только для геологической карты в масштабе 1:10 000). Это обстоятельство обязательно должно быть указано в виде особой надписи на карте.

§ 18. При детальных съемках на участках узлов сооружений и по вариантам трасс каналов и штолен ни в каком случае нельзя отступать от требования, чтобы число описанных точек естественных и искусственных обнажений отвечало масштабу съемки, сложности рельефа и геологического строения коренной основы и покровных образований. При недостатке естественных обнажений, соответственно, должно увеличиваться число разведывательных выработок.

Характер прикладного назначения не позволяет ограничить съемку картированием покровных образований. В сочетании с данными разведывательного бурения она должна дать полную картину рельефа коренной основы долины и ее тектоники и гидрогеологических условий (карта с гидроизогипсами) как обстоятельств, определяющих направление схематического проектирования.

§ 19. Степень подробности и точности съемки на участках узлов сооружений должна быть такова, чтобы составленные на основе ее карты и разрезы позволяли получить представление о распространении и условиях залегания имеющихся здесь геолого-технических типов пород, выделяемых и объединяемых общностью их инженерно-геологической значимости (стратиграфическое положение, литологический характер, гидрогеологические условия и физикотехнические свойства), т. е. чтобы, руководствуясь этими картами и разрезами, проектировщик мог проектировать схему гидростанции или использования реки.

### Оформление результатов съемки

§ 20. В результате съемки должна быть составлена отчетная записка, дающая подробное описание геоморфологии, стратиграфии, тектоники, литологии и гидрогеологии части долины, охватываемой проектируемой схемой.

Особо подробно должны быть описаны районы развития современных геологических процессов (оползневых, карстовых, просадочных) и участки, по своим геологическим особенностям влияющие на возможность осуществления наметок проектируемой схемы (например важнейшие районы подтопления).

К записке должны быть приложены:

1) обработанный журнал полевых описаний точек наблюдений (обнажений, источников и др.), иллюстрированный зарисовками и фотоснимками, с ведомостями зондировок, собранных образцов пород, вод, фотографических снимков и других материалов;

2) схематические геоморфологические и геологические продольные профили (по обоим берегам реки) и поперечные для важнейших мест долины, с указанием стратиграфических соотношений, с выделением главнейших крупных подразделений пород на инженерно-геологические (геолого-технические) типы и с нанесением водных горизонтов;

3) соображения о влиянии подпора на подтопление городов, хозяйственно важных заводов, угодий и пр.;

4) разрезы (колонки, развертки) буровых скважин, зондировок, шурфов, расчисток и др. искусственных выработок, увязанные в плановом и высотном их расположении;

5) геологическая, литологическая, гидрогеологическая, геоморфологическая и инженерно-геологическая карты района съемки. Эти карты в случае их несложности могут быть совмещены по 2—3 вместе;

6) гидрогеологические материалы, как-то: ведомости источников, замеров дебета вод и уровней стояния их в источниках, колодцах и др. искусственных выработках, измеренных температур воды, воздуха и пород, результатов полевых и лабораторных химических анализов вод и пород с графическими их интерпретациями;

7) журналы барометрического нивелирования с барограммами стационарных барографов.

### ОТДЕЛ IV

#### РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ НА МЕСТАХ, НАМЕЧАЕМЫХ ПСД СООРУЖЕНИЯ

§ 21. Ввиду неизбежности закладывать основания всех тяжелых сооружений (плотин, гидростанций, шлюзов уравнильной башни и др.) на значительной глубине от поверхности, по трассам плотины, деривации и на местах возможного расположения сооружений должна производиться разведка, сопровождаемая проведением разведывательных выработок — буровых скважин, шурфов, шахт и штолен.

§ 22. Главнейшим вопросом среди других, определяющих пригодность намеченного варианта расположения узла сооружений, является

вопрос о возможности надежно обеспечить устойчивость плотины как в русловой части, так и в местах примыкания ее к берегам и о допустимом, с этой точки зрения, подпоре.

§ 23. Для ответа на этот вопрос путем разведывательного бурения исследуются русло, пойма и терасы реки и склоны долины. Глубина, число и расположение буровых скважин зависят от ширины долины, размера предполагаемого сооружения и геологических особенностей участка.

### А. Глубина скважин

§ 24. В зависимости от того, что определяет оценку варианта в первом приближении: профиль ли коренного ложа и строение наносов или же характер и сложение пород коренной основы и т. п., — глубина первых скважин будет различной. В первом случае, если сложение коренной основы заранее не внушает серьезных опасений, можно задавать меньшую глубину первых скважин, ставя целью бурения пересечь наносы и настолько врезаться в подстилающие породы, чтобы не было сомнения в их коренном залегании, что может считаться достаточно освещенным при углублении в них не менее чем на 10 м.

Примечание. Нередко бывали случаи, когда крупные валуны принимались за породы в коренном залегании, что, конечно, приводило к грубым ошибкам проектирования.

§ 25. В большинстве же случаев сохранность коренных пород требует проверки, так же как и необходимо выяснение степени и характера их водоносности, почему уже и первые скважины должны быть использованы в этих целях, т. е. должны достаточно глубоко врезаться в коренные породы, пересекая всю зону смещения и разрушения (выветривания).

§ 26. Одного, годного на все случаи указания о глубине, на которую должно вестись бурение при исследованиях для схематического проекта, дать нельзя. Результаты изысканий для схематического проекта должны дать полную уверенность в возможности постройки плотины на выбранных участках некоторой протяженности вдоль течения реки. Поэтому глубина разведывательного бурения при изысканиях для схематического проекта, в отдельных случаях, может потребоваться очень значительная, например при выяснении состояния карстовых пород — до глубин в 100 м и более.

Также может оказаться необходимость бурения вне участков, непосредственно захватываемых проектированием, например если это требуется для выяснения тектоники или литологического разреза района.

Для перехода к дальнейшим стадиям проектирования все эти вопросы должны быть решены, и при нормальном развитии хода разведок, при изысканиях для эскизного проекта такого глубокого бурения, как правило, уже потребоваться не может.

§ 27. Глубина скважин, имеющих своим назначением дать материал для решения вопросов общегеологической схемы для района или для выяснения литологии и гидрологии глубоких горизонтов, определяется исключительно геологическими соображениями: ожидаемой глубиной залегания проверяемых горизонтов и мощностью слоя пород, через который могут передаваться на поверхность такие процессы, как явления соляной или гипсовой тектоники, провалы в карстах и другие геологические явления.

§ 28. Глубина остальных скважин определяется соображениями в пределах возможного распространения на глубину влияния плотины и других сооружений, вследствие создания дополнительного напора речных вод и давления веса сооружения. Поэтому проектная глубина

бурения устанавливается в зависимости от типа пород, слагающих подрусловую часть долины реки, и от проектируемого подпора и характера сооружений.

При отсутствии данных, позволяющих дать геологически обоснованную глубину для разведки бурением, глубина первоначально задаваемых скважин назначается исходя из опыта исследований в сходных условиях и сообразно с величиной подпора. Чем последний больше, тем глубже возможно распространение влияния его на изменение гидрогеологических условий в породах под основанием плотины.

§ 29. Нахождение трещиноватых, размягченных или насыщенных пород может заставить увеличить запроектированную глубину разведки. Предел, до которого в этих случаях придется углублять разведку, определяется совокупностью геологических и проектировочно-строительных соображений, а именно: продолжают ли в прежней степени неблагоприятные геологические условия или в каком направлении идет их изменение (увеличиваются или уменьшаются), можно ли на данных глубинах строительными мероприятиями парализовать их вредное влияние, например затампонировать трещины, преградить путь фильтрации забивкой шпунтов, закрепить пльвуны консолидацией песков и т. п.

Чтобы иметь возможность правильно выбирать глубину бурения (какую проектировать, на какой глубине можно остановить, не следует ли превзойти проектную глубину и пр.), геолог, который обязан решать эти вопросы, должен быть в постоянном контакте с проектировщиком, осведомляясь о его соображениях по поводу значения для проектирования обнаруживаемых геологических фактов, например разреза по скважинам, состояния пород, гидрогеологических условиях и пр.,—с точки зрения возможного их влияния на направление проектирования.

Формальное решение вопроса о глубине бурения—бурить только до проектной отметки или непременно до проектной глубины, без учета взаимной связи обнаруживаемых геологических фактов и возможностей проектировки,—при изысканиях для схемы может нанести серьезный ущерб полноте выводов или привести к излишним расходам.

Однако при изысканиях под водоподпорные сооружения изменение заданий в сторону уменьшения следует производить с большой осторожностью, помня, что преждевременное прекращение бурения приносит обычно больший ущерб, чем может быть излишне продолженное бурение.

## **Б. Выбор числа скважин и других разведывательных выработок и их расположения**

§ 30. Основными моментами, которые в стадии схематического проектирования позволяют давать сравнительную оценку участков реки, выбираемых как варианты расположений узлов сооружений, являются:

- а) глубина и сложение насосов и связанный с этим рельеф коренного ложа реки;
- б) строение терас, аккумулятивных и эрозионных;
- в) литологическое сложение и степень сохранности пород в надрусловой части склонов;
- г) характер покровных образований и их динамики (обвалы, осыпи, сплывания склонов долины);
- д) устойчивость массивов пород в склонах долины и в берегах (оползни, обрушения, подмывы).

§ 31. Вопросы пп. „а“ и „б“ могут быть решены исключительно путем разведывательных выработок, главным образом буровых скважин: реже требуются шурфы, штольни, шахты.

§ 32. Вопросы п. „в“ точнее решаются путем проведения шурфов и штолен.

§ 33. Если для отрицательной оценки какого-либо из выбранных участков достаточно бывает иной раз минимальное число скважин, то для положительной оценки нескольких отобранных вариантов число выработок должно увеличиваться.

§ 34. Разведка должна захватить: русло, бичевник, пойму, терасы и коренной берег на высоте и выше примыкания плотины. Поэтому минимальное число скважин, которое будет нужно для положительной оценки вариантов расположения, будет 5, располагаемых на терасах или коренном берегу — 2, на бичевниках — 2 и в русле — 1, и кроме того шурфы и расчистки, продолжающие на склонах долины разрез по створу буровых скважин. Для выбора участка может потребоваться исследование нескольких таких вариантов. Обычно же линия скважин закладывается в том месте, которое по предварительным топографическим, геоморфологическим и техническим соображениям на данном участке рисуется наилучшим.

Примечание. В некоторых случаях уже первоначально пройденных 2—3 скважин бывает достаточно для отрицательного (но не положительного) ответа. Поэтому рекомендуется, во избежание непроизводительных расходов, не задавать все скважины сразу, а в порядке их важности (большой частью это будут русловые и на бичевнике).

§ 35. В случае широких долин для освещения русловой и пойменной части число скважин увеличивается с расчетом расположения их в русловой части на расстоянии 150—250 м друг от друга, а в пойменной на 200—400 м.

Геоморфологические и другие геологические обстоятельства могут заставить значительно изменить эти наметки. В ряде случаев разведки терас выгоднее вести не буровыми скважинами, а другими выработками (шурфами, штольнями, ступенчатыми траншеями).

§ 36. Результаты изысканий для схематического проектирования дают оценку участков долины, имеющих некоторое протяжение вдоль реки, в пределах которого при эскизном проектировании, нужно будет уточнить расположение плотин и других сооружений, не меняя принятой схемы. Насколько возможно смещение оси плотины вдоль течения, должно быть установлено разведкой выше и ниже первоначального основного варианта оси на данном участке.

Разведка выше и ниже створа ведется путем закладки отдельных скважин или продольных и поперечных створов их. Частота расположения скважин в этих добавочных створах и группах может быть меньшая, чем на главном створе.

§ 37. Целями буровой разведки русловой части и поймы для схематического проекта являются:

а) составление схематических геологических разрезов: поперечного и продольного;

б) составление схематических литологических разрезов;

в) составление гипсометрической карты кровли коренных пород с указанием мощности наносов;

г) характеристика физико-технических свойств пород на основании петрографического их описания, обнаруженного состояния (сохранности, влажности, плотности и пр.) и условий залегания;

д) выяснение гидрогеологических условий (главным образом, число залегание и напоры подземных водных притоков и их ориентировочная химическая характеристика).

§ 38. Методы, которыми следует руководствоваться при производстве буровых и других разведывательных работ, и их документирование в этом случае те же, что и в других случаях изысканий для проектов гидростанций. Они изложены во 2-й части настоящей инструкции.

§ 39. Количество разведывательных выработок может быть значительно снижено, если, одновременно с разведывательным бурением, поставить геофизическую разведку, которая при той степени точности, которая требуется для схемы, может во многих случаях дешевле и быстрее установить конфигурацию кровли коренных пород, глубину залегания особо важных в техническом отношении слоев, проследить линии тектонических нарушений и т. п.

§ 40. Расположение выработок буровых скважин, штолен, шурфов и расчисток на склонах и терасах подчиняется главной цели их заложения—выяснению сложения терас. Должны быть:

а) ясно установлен характер терас: прислоненные, эрозионные или более сложного строения;

б) выявлены возможные пути фильтрации в обход сооружения;

в) освещена устойчивость склонов долины и причины возможного нарушения равновесия масс, возможность подпора грунтовых вод.

§ 41. Так как в стадии изысканий для схематического проектирования опытные работы могут применяться лишь в очень ограниченном размере, документирование обстоятельств, характеризующих технические качества пород и их состояние, как-то: влажность, трещиноватость и пр.—должно производиться с большой тщательностью.

## ОТДЕЛ V

### ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

#### А. Откачки и нагнетания

§ 42. Закладка систем скважин для опытных откачек в стадии изысканий для схемы может иметь место лишь в исключительных случаях.

Примечание. Опытные участки в этих случаях должны иметь минимальное число скважин: 3 или в крайнем случае 5, расположенных по одному или двум лучам.

Ввиду этого для определения мощности и характера водных горизонтов особое значение приобретают откачки из одиночных скважин.

§ 43. Опытные откачки должны делаться из всех скважин, из всех обнаруженных водных горизонтов. Важнейшие водные горизонты должны быть опробованы путем насосной откачки, с точным учетом дебита при нескольких понижениях уровня.

§ 44. То, что эти откачки производятся для целей схематического проектирования, ни в коем случае не должно отзываться на качестве их выполнения; при производстве откачек следует во всем следовать требованиям методики, изложенной во 2-й части.

§ 45. Те горизонты, которые не испытываются насосной откачкой, как это указано в предыдущем параграфе, должны испытываться путем оттарывания желонкой. Количество взятой воды, продолжительность времени оттарывания и время, ушедшее на восстановление уровня, должны учитываться. В случае медленного восстановления уровня высота последнего должна замеряться через определенные промежутки времени, в начале чаще, затем несколько реже. Оттарывание должно повторяться два—три раза при различных понижениях уровня.

§ 46. Другие виды опытных гидрогеологических работ (как-то: определение скоростей потока грунтовых вод, инфильтрационной способности грунтов нагнетаниями, и др.) для стадии схематического проектирования производятся лишь в редких случаях при наличии трудных геологических условий, а также сложности и особой ответственности возводимого сооружения.

### Б. Стационарные наблюдения над уровнем грунтовых вод

§ 47. Наблюдения над колебаниями грунтовых вод имеют существенное значение для решения двух вопросов:

- а) о связи обнаруживаемых водных горизонтов, в том числе и верховодки, с водой в реке;
- б) о расположении (по форме) депрессионных кривых в берегах после подпора.

Оба эти вопроса должны быть решены при изысканиях для схематического проекта. Первый вопрос имеет преимущественное значение в местах, намечаемых под узлы сооружений. Второй вопрос должен быть решен для мест расположения крупных населенных пунктов, промпредприятий и ценных хозяйственных угодий.

§ 48. В некоторых случаях возможность наблюдений в русловых или пойменных скважинах при изучении нижних горизонтов подземных вод должна быть обеспечена во время паводков. Это необходимо учитывать при оборудовании скважин: должно быть достигнуто особенно тщательное и надежное изолирование верхних вод, наблюдательная колонна должна быть наращена выше уровня паводка и защищена от возможности среза или смятия во время ледохода.

§ 49. Схемы разбивки системы наблюдательных точек, глубина скважин, их оборудование и методы наблюдений даны во 2-й части инструкции. Напоминаем, что линии должны располагаться поперек направления реки и должны связывать реку с другими водоемами, имеющимися на пойме и терасах (болота, озера, речки, зоны обильных выходов ключей пр.).

§ 50. Наблюдения должны продолжаться вся возможно большой период. Следует также захватить период паводка, что необходимо учесть при составлении календарного плана работ и в ходе его выполнения.

### В. Характеристика пород и грунтов

§ 51. Так как для схематического проекта в результате геологических изысканий характеризуется некоторый участок долины реки, то характеристика пород дается по инженерно-геологическим типам их, встречающимся на описываемом участке.

В одном типе объединяются породы по признаку общности:

- а) стратиграфического положения;
- б) литологического сложения, фациальных особенностей и вторичных изменений (метаморфизма);
- в) состояния в результате современных локально проявляющихся геологических процессов (увлажненность, засоление, наличие напорных вод и пр.).

§ 52. Для каждого типа должна быть дана средняя характеристика, основанная на достаточном числе определений следующих главнейших черт породы:

- а) петрографическое наименование и описание;
- б) существенно важные и характерные включения (гипса, пирита, лимонита и др.);
- в) физическое состояние и гранулометрический состав;



г) характеристика основных химических черт (содержание карбонатов, сульфатов и др. виды засоленности и иногда состав поглощенных оснований);

д) состояние естественной влажности;

е) пластичные свойства;

ж) размокаемость;

з) физико-механические свойства (коэффициент внутреннего трения, сопротивление сдвигу);

и) характеристика коэффициента фильтрации (по данным опытных откачек, лабораторных работ и гранулометрического состава);

к) проявления геологических процессов, свойственных этому типу пород (карст, трещиноватость, просадки, оползни и др.).

§ 53. Составляемые литологические карты и разрезы должны отразить распространение этих типов пород, или, кроме обычных литологических карт и профилей, должны быть составлены дополнительные литолого-технические карты и разрезы с выделением пород по тем типам их, по которым они группируются в целях характеристики их технических свойств, как это указано в предыдущем параграфе.

§ 54. Опытные работы по полевому определению технических свойств делаются лишь в тех случаях, когда, на основании петрографического описания образцов пород из буровых скважин и шурфов и обнаруженных условий их залегания, нельзя уверенно перенести свойства грунтов, определенные в полевой обстановке, на грунты в условиях их естественного залегания.

§ 55. Места для производства опытных работ выбираются с расчетом охарактеризовать те типы пород и в тех условиях их залегания, которые наиболее вероятны под основаниями важнейших сооружений. При этом приходится учитывать не только стратиграфическое их положение и фациальные особенности, но и их положение относительно грунтовых и поверхностных вод.

Так как положение подошв фундаментов больших сооружений (плотины, гидростанции, уравнильной башни и др.) в случаях больших гидростанций приходится на таких глубинах, вскрыть которые шурфами и шахтами обходится очень дорого, ставить опыты именно на тех пластах, которые залегают на этих глубинах, при изысканиях для схематического проекта не всегда возможно. Поэтому приходится ограничиваться подысканием мест со схожими породами и находящимися в состоянии, близком к тому, в какое они будут под основанием сооружений, главным образом в отношении их увлажненности, сохранности и других физических свойств.

## Г. Химические исследования

§ 56. Производством опытных откачек следует пользоваться для взятия образцов воды для химического анализа, так как при этом устраняется влияние загрязнения воды в процессе бурения и водой других горизонтов вследствие несовершенства обсадки.

§ 57. Химические анализы вод при изысканиях для схематического проекта имеют целью: а) дать материал для расшифровки взаимоотношения водных горизонтов, обнаруживаемых в одной скважине и в разных выработках и скважинах изучаемого участка, и б) выявить агрессивные свойства вод.

Примечание. Химические анализы, главным образом сокращенные, и определения отдельных растворимых составляющих вод производятся не только для гидрохимической характеристики участка, но, также и со служебной целью в процессе бурения: для проверки закрытия вод, распознавания новых притоков и т. п. Об использовании этого приема см. ч. 2-ю.

§ 58. Химические анализы пород производятся для определения в них содержания воднорастворимых составляющих, могущих при переходе в растворимое состояние вредно действовать на строительные материалы. При значительном содержании выщелачивание растворимых составляющих фильтрующимися водами может привести к разрыхлению пород и к дальнейшему их разрушению (суффозии, быстро развивающиеся в размыв и внос грунта из-под основания плотины и из-за плеч плотины, неминуемо влекущие за собой катастрофическое разрушение всей гидроустановки).

#### Д. Оформление результатов исследований

§ 59. В результате геологических исследований должны быть даны:

1. Геологическое описание мест, намечаемых для строительства, с характеристикой их стратиграфического сложения, тектоники, литологии и фациальных изменений, гидрогеологии, с описанием геологических процессов.

2. Геологические, литологические и гидрогеологические профили и гидрогеологические колонки скважин.

3. Разрезы и развертки шурфов, штолен, расчисток, канав и зарисовки естественных обнажений.

4. Обработанные буровые и шурфовочные журналы.

5. Журналы опытных откачек и других опытных работ.

6. Графики колебаний уровня грунтовых вод в системах наблюдательных скважин, колодцах и естественных водоемах, сопровождаемые запиской, подробно излагающей наблюдения, и выводы из них с точки зрения возможных изменений режима грунтовых вод в берегах реки после создания подпора, увязанные с общей гидрогеологической характеристикой участка.

7. Таблицы с результатами лабораторных исследований физико-технических и водных свойств грунтов и химических анализов вод и грунтов с соответствующими кривыми и другими графическими изображениями и расчетными выводами (коэффициентов фильтрации и др.)

8. Инженерно-геологические карты и профили с нанесением на них литолого-технического подразделения пород (см. § 50—52) с подробной запиской, связывающей между собой все данные лабораторных и полевых исследований технических свойств пород с условиями их залегания, с их возможным значением для схематического проектирования, с гидрогеологическими условиями при настоящем и будущем состоянии реки и пр.

9. Инженерно-геологическое описание участков прохождения деривационного канала или туннеля, судоходного канала, гидростанции, шлюзов и пр.

10. Очерк месторождений стройматериалов в районе, захваченном съемкой, и учетные данные о месторождении полезных ископаемых, подвергающихся затоплению, составляемые на основании литературных и архивных материалов.

#### Е. Геофизическая разведка

§ 60. Существенное ускорение исследований может быть достигнуто, как сказано выше в § 39, при применении в стадии исследований для схематического проекта методов геофизической разведки в следующих случаях;

а) выяснения гипсометрии кровли коренных пород и мощности наносов;

б) оконтуривания штоков гипса, соли, линз вечной мерзлоты и др. пород;

в) прослеживания линий тектонического нарушения под наносами и др. перекрывающими их породами;

г) прослеживания на глубине залегания пород, различающихся по своим физическим свойствам (слои разной насыщенности растворами, засоленности, размягченности и пр.).

§ 61. Выбор того или иного метода разведок (электрометрии, гравиметрии, сейсмометрии и др.) зависит от геологических особенностей исследуемого участка и задания. Для выбора должны быть уже некоторые данные по геологии, гидрогеологии и литологии участка. Ввиду малой общезвестности этих методов работ среди геологов, оценка условий и заданий должна выполняться при участии компетентных специалистов.

§ 62. Так как геофизические методы разведок дают материал для ответов на поставленные выше вопросы лишь в относительной форме, для получения абсолютных значений необходимы интерпретации этих данных на основе результатов непосредственного их определения в ряде точек путем разведки бурением и горными выработками.

§ 63. В результате данных геофизической съемки получается освещение геологического строения некоторого участка, на котором должны быть уточнены места возможного расположения сооружений. Это уточнение делается на основании дополнительных геологоразведочных работ. Как самые полевые геофизические работы, так и расшифровка результатов их должны производиться при участии геолога, хорошо знакомого с геологией местности, во избежание возможных очень крупных промахов и ошибок.

§ 64. Если сбор сведений по геологии района дает указание на его сейсмичность, необходимо изучить материалы стационарных сейсмических наблюдений (соответствующих сейсмических станций) для установления частоты случаев проявления сейсмичности, формы и силы толчков и пр., без чего вопрос о строительстве гидростанции в таких районах решаться не может. Изучение этого вопроса должно быть проведено при участии специалистов-сейсмологов.

---

## ГЛАВА III

# ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА ГИДРОСТАНЦИЙ

### ОТДЕЛ I

#### ЦЕЛЕВОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

§ 1. В результате произведенных ранее изысканий к схематическому проекту, следует считать достаточно выясненным и проработанным ряд основных вопросов, а именно:

а) геологическое строение, геоморфологические и гидрогеологические особенности, тектонику и литологический состав пород по всему району водохранилища;

б) по районам ответственных сооружений: плотины, деривации, кроме перечисленных сведений, должны быть получены сравнительные характеристики водных и физико-механических свойств грунтов по различным вариантам и детально освещены физико-геологические явления, могущие угрожать работе и устойчивости проектируемых сооружений;

в) должны быть определены в общем виде условия фильтрации в обход плотины и под нее при различных вариантах и влияние фильтрации на размыв (вымывание составляющих) пород, выяснены возможные пути постоянной потери воды из водохранилища (путем фильтрации), а также освещен вопрос об изменении уровня грунтовых вод по берегам водохранилища для различных типичных участков речной долины;

г) в результате поисковых работ, сопровождающих инженерно-геологическую съемку, должны быть освещены месторождения строительных материалов и строительного сырья и намечены месторождения, заслуживающие разведки.

§ 2. После разработки вопросов схематического проектирования на основании перечисленных в § 1 материалов, должны быть выбраны для дальнейших исследований к эскизному проекту: 1—2 наиболее благоприятных варианта для плотины, трассы канала и места для гидростанции, а также конкретные участки, по району водохранилища для которых будут разрабатываться меры борьбы с вредными явлениями будущего подпора (оползни, подтопление, затопление и т. п.).

Примечание. По всем этим объектам до начала изысканий к эскизному проекту должны быть разработаны, хотя бы в первом, грубом приближении, типы и конструкции проектируемых гидротехнических сооружений, их размеры и схематическое расположение на плане, что, в значительной степени, облегчит составление программы дальнейших полевых исследований.

§ 3. Таким образом инженерно-геологические исследования к эскизному проекту необходимо производить по ряду участков района водохранилища и по нескольким вариантам плотины, деривации и гидростанции. В результате этих исследований разрешаются следующие задачи:

а) окончательно устанавливается высота возможного максимально-го подпора в соответствии с инженерно-гидрогеологическими особенностями района ответственных сооружений и с учетом вредных последствий затопления и подтопления;

б) должен быть собран исчерпывающий сравнительный материал для окончательного выбора местоположения плотины, каналов, гидро-станции и других ответственных сооружений.

Примечание. Имеется в виду основная установка, что в процессе дальнейших исследований к техническому проекту местоположение указанных сооружений может незначительно перемещаться лишь в пределах выбранного участка, в очень узких пределах.

в) в районе влияния водохранилища должны быть выяснены инженерно-геологические условия для проектирования мер борьбы против оползней, обвалов, подтопления и т. п., применительно к отметкам будущего подпора и к конкретным объектам изысканий;

г) по каждому району изысканий должны быть выделены специальные, еще мало проработанные вопросы, разрешение которых необходимо предусмотреть при постановке дальнейших исследований к техническому проекту, а также в процессе постройки и в течение первых лет эксплуатации сооружений.

§ 4. Исследования для различных стадий проектирования производятся с охватом всех основных вопросов инженерной геологии, с различной детальностью освещения этих вопросов в каждом центре исследований. Поэтому изыскания к эскизному проекту, являясь, по существу говоря, дополнением и уточнением материалов, собранных в результате схематического проектирования, должны точно так же заключаться в производстве съёмочных, разведочных, опытно-стационарных, лабораторных и камеральных работ.

§ 5. Принципиальное отличие этой стадии изысканий от предыдущих состоит в большей детальности и ответственности их, в постановке специальных полевых и лабораторных исследований, опытов и экспериментов научно-практического и научно-теоретического характера для освещения наиболее важных вопросов, связанных с инженерно-гидрогеологическими условиями проектирования, постройки и эксплуатации гидротехнических сооружений, причем:

а) участки, захватываемые исследованиями, сужаются в результате выбора в схеме очень небольшого числа вариантов расположения сооружений;

б) характеристика пород и их состояния, водных горизонтов, современных геологических процессов и явлений, возникновение которых можно ожидать в процессе строительства и после его окончания-делается не только применительно к типам пород и явлений для дан-ного района, но и для участков пластов в конкретных местах, выбираемых в соответствии с намечаемой конструкцией сооружений и их расположением.

§ 6. Для различных районов Союза ССР, в зависимости от природных условий и типов конструкций проектируемых сооружений, объем и содержание основных вопросов, подлежащих разработке в научно-практическом и научно-теоретическом разрезе, различны. К таким более сложным вопросам можно отнести следующее:

а) растворение, выщелачивание и размывание известково-доломитовых, гипсоносных пород и засоленных грунтов (карст); изменение структуры, просадки (лесс); изменение этих явлений во времени и выработка возможных мер борьбы;

б) оползни, обвалы; изменение этих явлений после постройки сооружений; меры борьбы;

в) вопросы засоления грунтов и изменения их физико-механических и фильтрационных свойств при повышении уровня грунтовых вод;

г) изменение механической прочности и устойчивости грунтов под различными сооружениями, после подтоплений (повышения уровня грунтовых вод);

д) консолидация (уплотнение, закрепление и т. п.) мелкозернистых и подвижных грунтов под основаниями гидросооружений;

е) осушение и понижение уровня грунтовых вод в подвижных и плавущих песках при рытье котлованов;

ж) изучение трещиноватости и способов тампонирувания и цементации трещин в скальных горных породах;

з) изучение режима грунтовых вод и фильтрационного потока в неоднородной толще в связи с фильтрацией из водохранилища, под плотину и в обход ее крыльев;

и) изучение химического состава вод и их агрессивности; изучение явлений внутреннего размыва и выноса частиц при фильтрации в разнородной толще песчано-гравийных и глинистых грунтов (суффозия).

к) изучение явлений вечной мерзлоты в связи с постройкой гидросооружений и т. д.

## ОТДЕЛ II.

### ПОДГОТОВКА К ПРОИЗВОДСТВУ ИЗЫСКАНИЙ

§ 7. Подготовка к производству изысканий заключается главным образом в тщательной и всесторонней разработке методики исследований на основании полного учета всех материалов предыдущих изысканий и проектировки. При этой разработке должны быть учтены новые литературные и архивные материалы по районам изысканий и смежным с ними; особенно тщательно разрабатываются указания и заключения консультаций и экспертиз, если они имели место по данной проблеме.

§ 8. Надо отметить, что указанная в § 7 разработка материалов сильно осложняется, если изыскания к эскизному проекту будут поручены другой организации или специалистам, не участвовавшим в предыдущих исследованиях. В этом случае новым работникам необходимо затратить значительное время на усвоение методики предыдущих полевых, лабораторных и камеральных работ, детально ознакомиться с исходными материалами, с образцами пород, а потом совершить рекогносцировочный объезд всех районов предыдущих исследований, осмотреть на месте руководящие разрезы, познакомиться с важнейшими физико-геологическими явлениями, местоположением выполненных разведочных выработок и т. п.

§ 9. Выработанная методика исследований с программой и календарным планом работ должны быть детально увязаны с требованиями проектировщика и в дальнейшем корректироваться по мере накопления новых материалов изысканий. Всякое более или менее серьезное изменение в процессе работ, методике и программе весьма неблагоприятно отражается на темпах и качестве работ, а потому допустимо лишь в исключительных случаях, с тщательной и заблаговременной подготовкой к этому производственного аппарата.

§ 10. Постоянным, весьма серьезным затруднением при производстве изысканий является отсутствие четкости и взаимной увязки между различными частями изыскательских работ. Поэтому надо заранее и особенно тщательно разработать график поступления на место работ различного оборудования и сроки реального выполнения топо-

графической съемки, ударного и вращательного бурения, опытных откачек, нагнетаний, опытов под нагрузкой, лабораторных анализов и исследований.

§ 11. В отношении топографических работ необходимо предусмотреть заблаговременное изготовление достаточного количества экземпляров карт и планов по районам изысканий в масштабе съемочных работ и своевременное изготовление топографических профилей по районам разведочных работ. Существующий нередко порядок одновременных с изысканиями топографических съемок и задержки по нивелирным привязкам высотных отметок разведочных выработок постоянно приводят к большим затруднениям, понижают качество, а то и совершенно обесценивают отдельные выполненные работы.

§ 12. До выезда в поле необходимо точно выяснить места наличных водомерных постов и метеорологических станций на участках предстоящих исследований, организовать систематическое получение результатов наблюдений на этих постах и станциях, а также принять меры к постановке метеорологических и водомерных наблюдений в тех пунктах, где это необходимо для изучения режима грунтовых вод или определения кривых депрессий грунтовых вод и связи их с осадками, поверхностными водотоками и водоемами.

### ОТДЕЛ III

#### ПРОИЗВОДСТВО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

§ 13. В стадии эскизного проектирования прелстоит разрешить инженерно-геологические вопросы применительно к отдельным участкам проектируемых сооружений и никаких общих для всего района съемок или других исследований не намечается; поэтому инструкция строится не по видам работ, а по объектам исследований.

Такое подразделение более правильно еще и потому, что при большом масштабе карт и профилей съемочные работы, например, без полной увязки с планом разведочных работ не дадут должных результатов, литологические и гидрогеологические профили не удастся составить только по результатам бурения и т. д. Дальнейшее изложение программно-методических указаний подразделяется на изыскания в районе плотны, по деривации и по району водохранилища.

#### А. В районе плотины

##### Общие указания

§ 14. Как указывалось раньше, после схематического проектирования для дальнейших исследований может быть предложено 1—2 наиболее благоприятных варианта плотины. В результате инженерно-геологических исследований к эскизному проекту необходимо получить уточненную характеристику геологического строения, гидрогеологических и геотехнических особенностей исследованных участков для ответственных решений о возможности постройки плотины определенного подпора и окончательного выбора типа сооружений.

§ 15. Для уточнения результатов предыдущих исследований на всех намеченных вариантах должны быть поставлены дополнительные работы:

а) по геоморфологической, геологической, гидрогеологической и литологической съемке в масштабе 1:5 000 или 1:2 000, а также картирование физико-геологических явлений;

б) разведочные работы по оси плотины, под шлюзовой канал, водослив и гидростанцию;

- в) опытно-стационарные полевые исследования, именно, откачки, нагнетания, определения элементов залегания и режима подземных вод, стационарное изучение пьезунов, допустимых напряжений в грунтах, оползней, обвалов, карста, просадок, вечной мерзлоты и т. д.;
- г) лабораторные анализы и испытания грунтов и грунтовых вод;
- д) камеральные работы и составление отчета.

Примечание. Объем и характер дополнительных работ во многом зависят от степени детальности прежних исследований.

§ 16. Так как на окончательно выбранном варианте плотины будут поставлены дальнейшие исчерпывающие исследования к техническому проекту, объем и содержание изысканий к эскизу необходимо максимально сжать в целях избежания излишних расходов на детальное исследование нескольких участков. Это замечание в значительной степени отпадает в случае изучения лишь одного варианта.

§ 17. Надо иметь в виду, что характер и объем исследований довольно существенно меняются для горных и равнинных речных долин, дислоцированных районов и местностей со спокойным залеганием (горизонтальным или почти горизонтальным) коренных пород, с мощным и слабым развитием аллювия и делювиального чехла. Точно так же различный характер приобретают исследования в зависимости от типа и конструкции сооружений, а также от мощности и народнохозяйственного значения проблемы.

Все эти разнообразные условия невозможно полностью предусмотреть в какой-либо инструкции, и в каждом отдельном случае исследователь должен планировать работы и их объем, учитывая различные местные особенности района и запросы проектировки.

§ 18. Тем не менее некоторые схемы для иллюстрации дальнейших указаний приводятся ниже:

а. При хорошей обнаженности местности, слабом развитии наносов и горизонтальном залегании однородных коренных пород, съемочные работы упрощаются, а разведочные работы потребуются в минимальном количестве.

б. При наклонном залегании коренных пород (моноклинальном, антиклинальном или синклинальном), представляющих переслаивание пластов различного литологического состава и физико-технических свойств, съемка, разведка и опытно-лабораторные работы усложняются, так как надо картировать и точно охарактеризовать каждый пласт.

Подобного рода условия залегания коренных пород довольно часто встречаются в практике изысканий: достаточно сослаться на условия Донбасса (водоснабжение), Закавказья (Мингечауры, Кара-Сахкал), Северного Кавказа и т. д.

Разведочные выработки в подобном районе приходится ставить для составления сплошного разреза в расстоянии между точками по формуле  $L = (H-h) \operatorname{ctg} \alpha$ , где  $H$ —глубина первой скважины,  $h$ —разность в абсолютных отметках устья первой скважины и кровли коренных пород по второй скважине,  $\alpha$ —угол падения слоев.

в. При мощном развитии в долине реки аллювиальных отложений и при значительной ширине самой долины исследования весьма усложняются, так как в этом случае плотина и другие сооружения при ней должны быть основаны полностью или частично на малоустойчивых аллювиальных породах, изменяющих свой состав и свойства в вертикальном и горизонтальном направлениях. Такие условия изыскания очень часто встречаются в равнинных районах СССР.

Сложность исследований для такого строения долины должна обеспечить достаточно исчерпывающую характеристику не только



коренных берегов, но и толщии речного алювия при обязательном условии полной расшифровки морфологии речной долины в отношении состава речных терас и условий их образования.

#### Съемка

§ 19. Дополнительные съемочные работы по вариантам плотины необходимо производить в полном соответствии с масштабом карты; в результате съемки на карте должны быть показаны:

а) все структурные элементы участка, бичевника, бровки и обрывы терас (выступы и обрывы скал, овраги и их склоны и положение устья, оползневые бугры, контакты терас и т. д.);

б) границы коренных пород, делювиального чехла и алювия;

в) при выходе по склону переслаивающихся пластов—все выходы маркирующих горизонтов и более мощных пластов, а для наносов также и смена литологического состава;

г) все родники, колодцы, озера, болота и мочезины;

д) карстовые и провальные образования, просадки, участки размыва, конусы выноса, участки развеваемых песков.

§ 20. Все перечисленные в § 19 структурные элементы и явления должны быть точно описаны с необходимыми зарисовками и нанесены на карту в зависимости от значения фактических материалов и правильности карты, при помощи компаса или при участии топографа, инструментальным путем. Имеющиеся топографические карты вначале съемки проверяются в поле совместно с топографом и, в случае каких-либо пропусков и ошибок, исправляются.

Поэтому во всех случаях, где это окажется возможным, инженер-геолог должен до начала топографических работ дать свои указания к составлению карты и, если нужно, совершает совместную экспедицию в районы съемки для установления взаимного понимания и общего языка с топографом.

§ 21. При производстве съемочных работ необходимо собрать в данном районе дополнительный материал по геологии, тектонике и гидрогеологии, установить, если это было сделано недостаточно, строение и состав речных терас, выяснить характер и типы карстовых, оползневых и др. физико-геологических явлений. Последние явления должны быть взяты под постоянное наблюдение по особой методике, с целью детального изучения самых явлений и выработки возможных мер борьбы с их вредным влиянием.

#### Разведка

§ 22. Разведочные работы на вариантах, в зависимости от строения речной долины и состава пород, должны состоять из ударного и колонкового бурения, расчисток, шурфов, шахт и штолен.

§ 23. При производстве изысканий к схематическому проекту устанавливались в общем виде: строение речной долины, состав и мощность наносных образований и условия залегания коренных пород, наличие и свойства водоносных горизонтов. На этом общем фоне, с детальным учетом всех выполненных работ, необходимо развернуть разведку к эскизному проекту, в результате которой должны быть получены конкретные материалы, привязанные уже к определенным участкам и створам, а также и к определенному положению терас и контуров сооружений.

§ 24. Для разведки под плотину надо предусмотреть детальные работы по основному поперечнику через реку и вспомогательные сважины и выработку по обе стороны основного поперечника в зависимости от геологических условий, расчлвгаемых по створам, поперечным и продольным, или в виде других групп.

§ 25. По основному поперечнику должно быть запроектировано различное количество новых разведочных точек в зависимости от строения долины и с учетом ранее произведенных работ:

а) При наклонном залегании часто переслаивающихся пород необходимо разведать каждый пласт по всему поперечнику, что можно сделать при помощи шурфов и скважин, располагаемых на расстоянии  $L = (H - h) \operatorname{ctg} \alpha$ . Если коренные породы перекрыты тонким чехлом сухих или слабо водоносных пород, хорошие результаты могут дать неглубокие шахты с длинными штреками вквост простирания коренных пород (как это сделано для Мингечаурской плотины), а на более крутых полусклонах — расчистки, мелкие шурфы, наклонное бурение и штольни. Пойменная часть, во всяком случае, должна быть разведана вследствие водоносности аллювия (и под руслом реки) буровыми скважинами. При расположении створа по простиранию пород разведка должна быть поставлена по створу и нормально к нему.

б) При горизонтальном залегании пластов и слабом развитии аллювия разведка рекомендуется расчистками, редкими шурфами и скважинами. На пойменной части разведка ведется скважинами, расстояние между которыми по осевому поперечнику, в зависимости от ширины поймы, берется в 100 м и более (аллювиальные отложения в этом случае не имеют практического значения).

в) В случае мощного развития терасовых отложений и мощного слоя современного аллювия разведочные работы на коренных полусклонах производятся глубокими шурфами, штольнями и скважинами; в сухих терасовых отложениях разведка ведется попеременно шурфами и скважинами, а при наличии воды и в пойменной и русловой части реки — при помощи скважин. Разведочные выработки располагаются по осевому поперечнику, прежде всего для точного выяснения морфологии долины, не менее двух выработок на каждой терасе; при большой ширине долины нужно ставить дополнительные выработки, в расстоянии 100—150 м, с обязательным освещением условий приречения терас.

г) Буровые скважины по обе стороны от основного поперечника ставятся для выяснения глубины залегания и степени сохранности коренных пород или проверки литологического состава наносных образований, по сравнению с данным осевого поперечника, и только в случае близкого залегания переслаивающихся пород разведка ставится в большом объеме по обе стороны створа и нормально к нему.

д) По обоим берегам на вариантах должно быть поставлено несколько дополнительных скважин для возможности составления продольных литологических профилей.

§ 26. Глубина разведочных выработок может быть указана лишь весьма условно. Если считать, что общее строение долины было достаточно выяснено предыдущими исследованиями, разведочные выработки надо углублять и в коренные породы и в аллювий не только, чтобы изучить (установить) степень проницаемости и ее распределение на такую глубину ниже основания плотины или шпунта, на которую, учитывая выявляющееся геологическое сложение и проектные соображения проектировщиков о создаваемом по порою и конфигурации подплотинного потока, можно ожидать распространение влияния изменения гидрологических условий в результате подъема воды плотинной.

§ 27. Если коренные породы, подстилающие аллювиальные и другие покровные образования, практически водонепроницаемы в своем состоянии, глубина проникновения скважин в них не должна быть все же меньше 10 м ниже разрушенной их зоны.

Материал бурения должен дать возможность построить профиль проницаемости пород под плотиной по продольному и поперечному направлениям.

§ 28. Количество разведочных выработок под водослив, шлюз и гидростанцию зависит от местоположения этих сооружений и геологических условий. Под водослив и шлюзы и под другие ответственные сооружения разведочные выработки располагаются не более как на 50 м одна от другой. На площадке под гидростанцию глубокие разведочные скважины должны ставиться в шахматном порядке, с расстоянием между точками около 50 м. Эти выработки должны осветить геологическое строение в случае прочных пород на глубину 10—15 м ниже проектных отметок оснований. В случае прочного скального основания глубина разведки может быть уменьшена; наоборот, в мягких породах глубина разведки равна по величине тройной ширине основания.

§ 29. Всеми перечисленными разведочными работами должны быть выяснены основные вопросы, на основании которых можно было бы дать ответственное заключение об окончательном выборе подпора и варианта плотины; а именно:

а. состав и строение коренных пород и глубина их залегания на склонах, в районе терас и под руслом;

б. степень и глубина поверхностного разрушения; глубина и характер трещиноватости как в зоне выветривания, так и в коренном массиве;

в. наличие, мощность и формы залегания штоков, прослоев и линз легко растворимых солей, вредных для бетона или опасных для устойчивости сооружений (соль, гипс, сера, пирит и т. д.);

г. глубина залегания подземных вод, химическая характеристика, их напор и связь между отдельными горизонтами;

д. состав и условия приращения речных терас;

е. состав, мощность и горизонтальное распространение различных слоев делювиально-алювиальной толщи, с обязательным выделением слоев глины и илов;

ж. наличие, глубины залегания, мощность и напор пльвунов;

з. водоносные горизонты в наносах, их напор и связь между собой;

и. рельеф кровли коренных пород по оси поперечника и в обе стороны от него.

§ 30. При производстве разведочных работ надо постоянно иметь в виду, что наилучшие материалы дают шурфы, штольни и шахты, значительно худшие—вращательное бурение, которое к тому же во многих случаях совсем неприменимо, и наиболее неудовлетворительные данные получаются от обычного ударного бурения, особенно малыми диаметрами. Поэтому во всех случаях, где это по условиям работы, наличием технического оборудования и экономическим соображениям возможно, необходимо бурение заменять шурфовкой.

§ 31. Совершенно необходимо проведение некоторого количества шурфов, штолен и шахт, когда нужно иметь более точные данные о структуре грунтов, о степени и характере трещиноватости, а также при разведке оползней.

Как правило, разведка подрусовой части коренных пород в районе плотины при помощи галерей, ввиду их дороговизны, должна быть отнесена к стадии изысканий для технического проекта. В некоторых случаях для обеспечения возможности выполнения длительных и сложных изучений вопросов цементации и тампонажа, проходки галерей могут быть начаты уже при изысканиях для эскизного проекта.

§ 32. Для составления чернового профиля одновременно с производством разведки необходимо в начале работ иметь топографические профили или хотя бы точное положение на карте точек и абсолютных отметок устьев намеченных выработок. Задержка высотной и плановой увязки всех выработок может вообще сорвать план разведочных работ и привести к работе пониженного качества.

Для возможности дальнейших наблюдений режима грунтовых вод, откачек и т. п. работ необходимо у разведочных выработок ставить временные деревянные репера.

#### Опытные и лабораторные работы

§ 33. Опытные - стационарные исследования и лабораторные работы начинаются одновременно со съемкой и разведкой и должны быть тесно увязаны между собой и с общим календарным планом. Надо иметь в виду, что без выполнения некоторой суммы полевых опытов и лабораторных исследований, невозможно оценивать правильно ход разведок, изменять их направление и невозможно составить отчет и заключение для текущего проектирования и ответственных заключений.

§ 34. К числу полевых работ относятся исследования фильтрационных свойств породы при помощи опытных откачек и нагнетания; изучение режима грунтовых вод и действительных скоростей потока грунтовых вод при естественном уклоне и при откачках и нагнетаниях; изучение влажности, сопротивления нагрузке и сдвигу, стационарное наблюдение режима оползневого (обвального) косогора, гидрологический карста, явлений вечной мерзлоты, измерения напора пльвунов и т. д.

§ 35. Эти работы в той или иной мере должны сопровождаться производством в лаборатории химических анализов пород, водных вытяжек, проб воды, механических анализов рыхлых пород, с определением удельного и объемного веса, пористости, максимальной молекулярной влагоемкости, пластичности, зависимости влажности от давления, угла естественного откоса и внутреннего трения и т. д. Кроме того в лаборатории ставятся обычно опытные определения коэффициента фильтрации, растворимости и выщелачивания пород и моделирования.

§ 36. В большинстве случаев оказывается более удобным для работы и дает лучшие результаты перенесение значительной части лабораторных исследований в поле, с организацией на месте своей лаборатории. В лаборатории крупных центров должны посылаться образцы, требующие исследований с применением сложной аппаратуры и особых приборов, недоступных для полевой лаборатории и для полных химических анализов, а также некоторое количество образцов для контроля определений полевой лаборатории.

Не касаясь методики опытных и лабораторных работ, необходимо остановиться лишь на общих требованиях изысканий к эскизному проекту.

§ 37. Химический состав грунтовых вод должен быть выявлен для всех водоносных горизонтов на различных глубинах как в коренных, так и в наносных отложениях. Должно быть при этом установлено изменение химизма грунтовых и поверхностных вод для различных сезонов, с выявлением степени опасности минерализации для сооружений на цементном растворе.

§ 38. Анализ водных вытяжек и химического состава пород делается для засоленных пород, сухих в настоящее время, но которые после постройки плотины окажутся в зоне подпора и могут в результате выщелачивания и растворения изменить структуру и технические свойства.

§ 39. Химический анализ делается также и для пород, насыщенных водой и подверженных карстообразованию, для решения вопросов об угрозе дальнейшего выщелачивания для устойчивости сооружений.

§ 40. Так как по районам исследований должны быть составлены литологические карты и профили с технической характеристикой пород, надо предусмотреть послые определения механического состава и физических свойств пород. Свойства и состав коренных пород обычно довольно хорошо сохраняются на значительном расстоянии, почему указанные определения могут быть немногочисленными; наносные же отложения требуют массовых определений, конечно, только в том случае, если эти породы представляют практический интерес для строительства.

§ 41. Необходимо производить полный цикл анализов по каждому образцу (комплексе исследований), представляющему тот или иной интерес для исследования, например: если выполнено определение коэффициента фильтрации в аппарате, то для того же образца должен быть получен механический состав, пористость и т. д.; слой, из которого производилась откачка, должен получить полную лабораторную характеристику, считая и определение коэффициента фильтрации в аппарате, и т. д.

§ 42. Лабораторные опыты по определению коэффициента фильтрации должны охватить все типичные разновидности грунтов, чтобы на основании этих опытов можно было дать сравнительные профили относительной водопроницаемости грунтов в районе изысканий для выбора более благоприятного варианта.

§ 43. Опытные откачки и нагнетания являются довольно дорогой работой, поэтому количество откачек должно быть сведено к необходимому минимуму. Для опытных откачек и нагнетаний в рыхлых песчаных породах с единым водоносным горизонтом выбираются главным образом типичные, наиболее проницаемые слои. Для получения максимальных значений коэффициента фильтрации и скорости фильтрации ставятся опыты при помощи индикаторов. На каждом варианте желательно произвести в одной из характерных скважин послейную откачку из каждого водопроницаемого, литологически отличного слоя водоносной свиты. В случае нескольких водоносных горизонтов, откачки производятся из каждого горизонта.

§ 44. Для опытных откачек можно рекомендовать: в русле 2—3 и в пойме 1—2 опытных участка в более древних терасах и по две точки на каждом коренном берегу.

Вместе с тем водопроницаемость пород должна быть охарактеризована также и по другим выработкам, по материалам бурения, а также более примитивными и кратковременными откачками из одиночных скважин и лабораторными опытами на монолитах. При производстве опытных откачек или нагнетаний на участках должно быть не менее двух наблюдательных скважин (по одному лучу).

§ 45. Указанные опытные откачки характеризуют проводимость водоносных пород, после же постройки плотины другие, ныне сухие породы станут водоносными и их фильтрационная способность должна быть охарактеризована нагнетанием. Для скальных пород такое нагнетание употребляется также при изучении трещиноватой и разрушенной зоны.

§ 46. При нагнетании определяют фильтрационную способность наиболее типичных грунтов, причем количество опытов ограничивают обычно 1—3 опытными участками, располагаемыми в районе примыкания к берегам плеч плотины и в русле. Надо иметь в виду, что продолжительность опыта по нагнетанию еще больше зависит от проницаемости породы, чем при откачках. В сильно трещиноватых и

крупнозернистых грунтах опыт может длиться (на каждый напор) 3—5 дней, а в мелкозернистых и слабо трещиноватых кривая депрессии устанавливается медленно и опыт нагнетания вряд ли будет удачен при продолжительности менее 10 дней.

§ 47. При производстве откачек и нагнетаний необходимо обратить серьезное внимание на технику проходки, крепление и оборудование опытных и наблюдательных скважин и тщательно проработать методику опытов применительно к местным условиям. Опыты по откачкам и нагнетаниям должны быть обеспечены надлежащим насосным оборудованием и специально изготовленной аппаратурой для тампонажа скважины, точных измерений уровней, напора, дебита, скорости потока и т. д. Упрощенный подход к таким работам в стадии эскизного проектирования совершенно недопустим.

§ 48. Технические свойства пород определяются лишь для некоторых пород, представляющих будущее основание проектируемых сооружений (фундамента и плеч плотины и других сооружений), причем испытания и определения делаются главным образом в лаборатории (угол внутреннего трения, пластичность, размокаемость, морозостойкость и др.) и в поле (сопротивление сдвигу и вертикальной нагрузке).

Для эскизного проектирования полевые опыты в большей части могут быть заменены лабораторными с особо отобранными образцами. Полевые опыты по определению сопротивления сдвигу и вертикальной нагрузке в стадии эскизного проектирования ставятся тогда, когда есть основание и возможность поставить их в условиях и над породами в том состоянии, в каком они находятся или будут находиться под основанием сооружений.

§ 49. При изысканиях к эскизу разворачиваются по особой методике научно-практические и теоретические лабораторные и полевые работы. В полевых условиях ставятся опыты по тампонированию трещин и пустот, по окаменению песков, по осушению плавунцов, по опытной забивке свай, по изучению термического режима вечной мерзлоты и т. п. в зависимости от природных условий и запросов проектирования.

#### Камеральные работы

§ 50. Темпы проектирования требуют сокращенных сроков камеральной обработки материалов изысканий. Установленный практикой срок камеральной обработки, в два раза более длительный, чем время полевых изысканий, приходится разбивать на 2—3 этапа, concentрически уточняющих и расширяющих обработку, что значительно ускоряет получение основных выводов. Начальные этапы обработки выполняются в поле.

§ 51. Проработка в поле может вестись по линии:

- а) сводки и обобщения бурового и другого разведочного материала;
- б) сводки данных лабораторного и визуального определения литологического состава;
- в) обработки материалов по режиму грунтовых вод;
- г) обработки материалов по опытным откачкам и нагнетаниям;
- д) составления колонок, разрезов, профилей по данным бурения;
- е) составления карт гидроизогипс и изопьез, литологических карт графиков и схем по опытным откачкам и т. п.

§ 52. Для указанных полевых камеральных работ должны быть предусмотрены штат специалистов, техников, чертежников и лаборантов и соответствующее оборудование. При этих условиях только сводка, обобщение материалов и составление отчета-заключения относятся на камеральный период, после окончания полевых работ.

До составления отчета все материалы и основные вопросы изысканий должны быть разобраны с проектировщиком, после чего уточняются еще раз важнейшие вопросы проектировки, которые должны быть освещены в отчете и заключении.

§ 53. В отчете должны быть следующие разделы:

а) краткое описание выполненных работ к эскизному проекту, с указанием основной принятой методики исследований и случайных отклонений от нее, вызванных неполадками и повлиявших на объем и качество собранного материала;

б) краткое изложение по материалам прежних изысканий основных сведений по геоморфологии, геологии, тектонике, гидрогеологии, и физико-геологическим явлениям по всему району изысканий;

в) краткое описание важнейших характеристик, на основании которых были предложены к эскизным изысканиям несколько вариантов плотины;

г) описание выполненных разведочных работ и составленных гидрогеологических и литологических карт и профилей;

д) описание работ по изучению явлений фильтрации, определению коэффициента фильтрации и действительных скоростей ее в различных пластах, с подсчетом общих потерь на фильтрацию;

е) характеристика физико-механических свойств пород с определением глубины разрушенной зоны пород, подлежащей съему, и с описанием результатов изучения физико-геологических явлений;

ж) описание выполненных научно-практических полевых и лабораторных работ;

з) сравнительная характеристика вариантов и заключение.

§ 54. К каждому разделу отчета дается главнейший иллюстрационный материал. Кроме материалов прежних изысканий, к отчету прилагаются:

а) план всех разведочных работ, опытных и наблюдательных пунктов и участков, специальных наблюдений;

б) по каждому варианту литологическая и геоморфологическая карта с поперечными и продольными геолого-литологическими профилями, с нанесенными зонами разрушенных коренных пород, в масштабе 1:5000 или 1:2000, и поперечные и продольные профили проницаемости пород под плотиной (Рис. 45 и 46);

в) карта физико-геологических явлений;

г) гидрологическая карта с нанесением гидроизогипс и изольез каждого водоносного горизонта в масштабе 1:10000 или 1:25000;

д) таблица анализов, откачек, графики, буровые журналы, колонки и т. д.

## Б. По водохранилищу

§ 55. Все общие вопросы геологии и гидрогеологии для района водохранилища считаются выясненными в результате предыдущих изысканий. Этими изысканиями и проектировкой уже выявлены конкретные вопросы для отдельных участков речной долины, где должны быть сосредоточены изыскания к эскизному проекту.

§ 56. Как правило, возможность утечки воды из водохранилища, вследствие фильтрации ее через породы водораздельных пространства, должна быть оценена при производстве изысканий для составления схемы, так как лишь при наличии полной уверенности в отсутствии с этой стороны препятствий для строительства можно приступить к следующим за схемой этапам проектирования и изысканий. Поэтому в стадии изыскания для эскизного проекта вопрос о фильтрации воды из водохранилища, в основном уже ранее решенный, должен исследоваться для уточнения количества воды, терпящей

водохранилищем в результате фильтрации, и для изыскания мер к ее уменьшению.

§ 57. Для таких вопросов, подлежащих дальнейшей проработке, можно в общем виде представить себе два направления заданий:

а) уточнение путей фильтрации в соседние речные системы и подсчеты потерь на эту фильтрацию;

б) выяснение степени влияния подпора и подтопления на устойчивость берегов в районах крупных, населенных и промышленных пунктов и мер борьбы с их разрушающим действием.

§ 58. Если установлена возможность постоянной фильтрации из водохранилища, то для подсчета потерь надо выяснить протяжение фильтрующего участка, мощность фильтрующего слоя, средний коэффициент фильтрации и средние уклоны будущего фильтрационного потока.

§ 59. При разрешении подобных вопросов надо предварительно установить целесообразность вообще каких-либо изысканий в зависимости от природных условий и емкости водохранилища. В случае большой емкости водохранилища, больших расходов реки и при песчано-глинистом составе берегов фильтрация из водохранилища вряд ли представляет интерес для строительства, если только эта фильтрация не может повлечь за собой промыв нового русла. Такую фильтрацию довольно просто учесть по топографическим материалам и данным предыдущих исследований.

Несравненно большее значение представляет опасность фильтрации по крупнообломочным, трещиноватым и с карстом породам, особенно при близком расположении дренирующего понижения. Опасное значение потерь увеличивается в случае подобных условий для маломощных горных водохранилищ.

§ 60. Изыскания для определения потерь состоят главным образом из разведочного бурения на водоразделе, с глубиной некоторых скважин до водоупорного слоя. При такой разведке устанавливается мощность и состав фильтрующего слоя и форма существующей депрессионной поверхности. Коэффициент при этом может определяться лабораторными методами.

§ 61. Надо предостеречь исследователей от общераспространенного заблуждения, что для подсчета величины потерь на фильтрацию нужно брать всю затопленную площадь долины. Затопленная площадь, конечно, может фильтровать, но для подсчетов нужно брать сечение водонепроницаемых пород вдоль водохранилища (нормальное по отношению к направлению инфильтрации). Лишь в редких случаях площадью фильтрации может явиться часть речной долины, где выходят сильно фильтрующие и трещиноватые породы со своим водоупором и глубоко залегающим уровнем подземных вод, не связанными с речным алювием и алювиальными водами.

§ 62. Для определения влияния подтопления и выявления мер борьбы с ним, по существу говоря, нужно выяснить одни и те же вопросы, а именно: возможность борьбы с ними путем устройства защитных валов и дренажных сооружений. Для разрешения этих вопросов должны быть проведены разведочные и лабораторные работы и наблюдения для определения литологического состава и водных свойств грунтов, а также наблюдения над режимом грунтовых вод с захватом паводка.

§ 63. Для существующих крупных сооружений (мостов, ж.-д. полотна, заводов и др. тяжелых построек) должно быть выяснено влияние на устойчивость грунтов и оснований сооружений постоянного и переменного напывания при ожидаемом подпоре водой. Кроме лабораторных испытаний грунтов в районах таких сооружений могут потребоваться полевые опыты с нагрузками.



§ 64. В оползневых районах изыскания должны производиться по особой методике; они должны выяснить условия и главнейшие причины образования оползней, а также влияние на них размыва реки, наличия терас, грунтовых вод и т. д. Глубина и форма поверхности скольжения должны быть выяснены главным образом шурфами или структурным бурением. При изысканиях со всей тщательностью устанавливается состав пород, роль грунтовых вод и поверхностей фильтрации для получения всех необходимых данных для проектирования мер борьбы с оползневыми явлениями. Масштаб исследований 1:1 000 или 1:2 000.

§ 65. При проектировании строительства в узких долинах с крутыми каменистыми склонами придется осуществить ряд мероприятий для устранения угрозы для участка сооружений со стороны обвалов и осыпей. Для этого должны быть точно закартированы все осыпи, установлена их мощность, источники питания обломочными материалами, выяснены условия, вызывающие и способствующие их движению, особенно гидрогеологическая сторона этого вопроса.

В районах сейсмических, каковыми является большинство наших горных районов, следует учесть для заблаговременного удаления все нависающие скалы и глыбы, могущие сорваться и обрушиться на сооружения, не забывая при этом и район прохождения деривационного канала, штолен и напорного трубопровода.

§ 66. В результате камеральной проработки должен быть представлен отчет с перечнем выполненных работ и описанием наблюдений, разведочных профилей, режима грунтовых вод, данных лабораторных анализов и т. д. К отчету прилагаются профили, литологические и гидрогеологические карты и карты физико-геологических явлений, графики колебаний уровней воды, таблицы, журналы и колонки буровых скважин и шурфов.

## В. По деривации

§ 67. По району деривации изыскания к эскизному проекту должны уточнить инженерно-геологические условия по трассам канала, тунелям, акведукам и станционным сооружениям для окончательного выбора варианта и определения типов и конструкций сооружений и их размеров.

§ 68. Дополнительные разведочные работы должны быть поставлены по всем вариантам трассы, особенно на косогорных участках, при переходе через контакты пород различного состава и по линии приращения терас, а также по районам с близким залеганием грунтовых вод. При этих работах должны быть точно установлены глубина залегания пород различного состава и степень их водоносности, условия приращения и строения речных терас, уклон кровли коренных пород в местах близкого залегания их под наносами. Масштаб исследований 1:5 000—1:1 000.

§ 69. Расположение разведочных выработок и их глубина зависят от строения и морфологии участка и проектных отметок, а именно:

а. На плоских участках с однообразными грунтами должна быть поставлена редкая шурфовка через 150—200 м с поперечниками из 2—4 выработок через 600—1 000 м.

б. На косогорных участках разведка сильно сгущается, а на контактах и переходах с одной терасы на другую или при пересечении тектонических линий необходимо в каждом случае ставить исчерпывающую разведку в виде поперечников.

в. Глубина разведочных выработок должна быть не менее 2—3 м ниже проектных отметок дна канала и 5—10 м ниже проектных отме-

ток устоев акведуков, напорных бассейнов, шлюзов — регуляторов, входа и выхода тунелей и других ответственных сооружений.

В породах скальных глубина разведки определяется в зависимости от глубины нахождения неразрушенных пород. В случае исследований под дном деривационных каналов надо убедиться в степени водонепроницаемости дна и стенок канала или тунеля и их устойчивости для решения вопроса о типе крепления на отдельных участках. Для мест под основаниями опор и пр. надо установить чередование пород разного типа.

§ 70. При производстве дополнительных исследований необходимо обратить серьезное внимание на сейсмичность района, защиту канала, сифонов и акведуков и других сооружений от ливневых и силовых потоков.

Ввиду неизбежности утечки воды через стенки деривационных устройств, возможной даже в случае сплошной бетонировки их, вследствие появления трещин, при выборе трассы деривации надо учесть, чтобы эта, сама по себе нежелательная и вредная утечка, не способствовала как ухудшению гидрогеологических условий для пород в боках и стенках канала, так и безопасности для других частей узла сооружений, вследствие насыщения пород водой и потери ими в результате этого их устойчивости.

§ 71. Места предполагаемого расположения уравнильной башни подлежат особо тщательному изучению, так как в этом случае мы имеем сосредоточенную большую нагрузку, обычно на косогорном участке.

§ 72. Дополнительно и тщательно прорабатывается вопрос об угрозе бетонным сооружениям со стороны минерализованных грунтовых вод, о возможном оползании косогора и стенок канала и необходимом поэтому дренаже канала при проложении его на косогоре и по сильно минерализованным и просадочным грунтам, а также и об угле откоса для выемки канала и об опасности оползней. Особенно тщательно должны быть картированы и прощупаны разведочными выработками участки прохождения деривации по делювиальным накоплениям, как легче других могущие явиться местами образования прорывов в результате размыва кротовин и осадочных и просадочных трещин.

§ 73. Трасса напорного трубопровода ввиду расположения ее обычно на крутом склоне должна быть достаточно исследована не только в точках расположения опор, но и в общем комплексе гидрогеологических и литологических условий всего склона.

§ 74. Все эти исследования должны сопровождаться топографической увязкой разведочных точек, маркирующих горизонтов лабораторными определениями механического состава грунтов, определением химического состава водных вытяжек засоленных грунтов и подземных вод, мощности и режима грунтовых вод и водопроводности (в лабораториях) характерных грунтов и степени устойчивости различных грунтов под ответственными сооружениями.

§ 75. В результате дополнительных исследований должен быть получен материал для окончательного выбора варианта с детальной характеристикой литологического состава, физико-технических и водных свойств характерных грунтов по трассе.

§ 76. Отчет должен содержать перечень выполненных работ, краткое описание геологии, геоморфологии и гидрогеологии по трассам, описание литологии и физико-технических свойств грунтов по линии трассы и под местами ответственных сооружений и выводы — заключение к выбору окончательного варианта трассы.

§ 77. К отчету прикладываются карты с показанием геологии, геоморфологии, гидрогеологии, литологии и тектонических особен-

ностей района. На этой карте должны быть указаны все места и номера выполненных разведочных работ, показаны трассы канала и местоположение различных сооружений. Кроме того к отчету прилагаются продольный и поперечные литологические профили, таблицы, графики, журналы и разрезы.

§ 78. В связи с проработкой условий сооружения деривационного канала, акведуков, туннелей и пр. в стадии эскизных изысканий должны быть поставлены научно-практические и теоретические работы по изучению структуры пород, просадок в лессе, по выщелачиванию гипсов и нарушений, в связи с этим, устойчивости пород, о горном давлении в туннелях, о вечной мерзлоте и т. д.

---

МЕТОДИКА ПРОИЗВОДСТВА  
ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ  
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРО-  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

## ГЛАВА I

### ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА <sup>1</sup>

#### ОТДЕЛ I

#### ВИДЫ СЪЕМОК И ИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ. ВЫБОР МАСШТАБОВ

§ 1. Инженерно-геологическая съемка имеет целью выяснение (в масштабе производимой съемки) стратиграфии, тектоники, литологии и геоморфологии и, в неразрывной связи с этими элементами, гидрогеологических особенностей района проектирования как в отношении наземных вод, так и подземных. Все эти элементы являются определяющими: а) обще инженерно-геологические условия, для проектирования сооружений, устойчивости берегов водохранилища и сохранности воды в нем и б) места, направления, характер и примерное количество дальнейших инженерно-геологических исследований (по всему комплексу) и его частям.

§ 2. Инженерно-геологическая съемка в частности должна выяснить:

- а) геоморфологические особенности района и их генезис;
- б) гидрографию района;
- в) стратиграфическую и литологическую схемы;
- г) тектоническую характеристику района;
- д) гидрогеологические его особенности (в узком смысле) и
- е) месторождения стройматериалов.

§ 3. Инженерно-геологическая съемка подразделяется на следующие виды:

а. Рекогносцировку, когда геологическое описание производится не всюду с одинаковой степенью подробностей. Более подробно, в некоторых случаях с применением зондировок, расчисток и пр., описываются более важные в геологическом отношении или интересующие проектировщиков участки; промежуточные и соседние места захватываются постольку, поскольку это нужно для обще-геологической характеристики района (долины реки). При такой работе, естественно, не получается соответствия между масштабом топографической съемки и подробностью собранного геологического материала. Масштаб применяемых для съемки рекогносцировкой топографических карт—1 : 50 000 и мельче.

б. Маршрутную съемку, когда описывается геологическое строение местности при следовании по определенному маршруту, причем подробность съемки одинаковая для всего маршрута.

---

<sup>1</sup> Глава I, посвященная методике инженерно-геологической съемки, пополнена согласно требованиям изданной Союзгеоразведкой инструкции „Методы и организация комплексной геологической съемки“; в этом виде она является инструкцией для съемки, приспособленной к условиям изысканий под гидрословные установки.

Рекомендуем литературу: В. А. Обручев. Полевая геология. В. Вебор. Полевая геология. Э. Гринли и Х. Вильямс. Методы геологической съемки.

Число описываемых обнажений или, в случае их недостаточности, выработок (скважин, шурфов, расчисток и пр.) должно находиться в полном соответствии с масштабом съемки и сложностью геологического строения местности. Применены всякие масштабы, но чаще 1:50 000 и более мелкие.

в. Площадь съемки, когда местность покрывается настолько густой сетью маршрутов определенного масштаба, что получается возможность сплошного нанесения на карту геологического строения (оконтурованье площадей, выходов пород, водных горизонтов, тектонических линий).

§ 4. Детальность съемки, т. е. степень подробности описания, определяется ее целевым назначением.

Так как назначение инженерно-геологической съемки — дать строителям, с нужной для них степенью подробности, описание геологических условий района съемки, то более сложные геологические условия требуют выполнения съемки с большей детальностью.

В соответствии с требуемой детальностью выбирается масштаб съемки. Каждому масштабу съемки отвечают подробность съемки, т. е. в конечном счете среднее число точек на 1 км<sup>2</sup> местности, для которых произведено описание геологических элементов), степень подробности подразделения свит на горизонты и пласты и натуральные размеры геологических образований, изображаемых на карте.

При недостаточности числа естественных обнажений необходимо этот недостаток восполнять искусственными обнажениями, т. е. шурфами, расчистками и буровыми, более глубокими и зондировочными скважинами.

Таким образом масштаб съемки определяется в первую очередь:

а) целевым назначением — этапом проектирования, для водохранилища или для узла сооружений, для изучения карста или оползней и т. п.;

б) сложностью геологического строения; во вторую очередь:

в) географическими условиями, т. е. доступностью для различных видов транспорта, обжитостью района и пр.;

г) обнаженностью.

Последние два условия, влияя очень сильно на стоимость работ, ограничивают крупность выбираемого масштаба. Конкретные потребности инженерно-геологической съемки для проектирования гидросиловых установок в основном делятся на следующие два рода:

1) съемка бассейна системы водотока и водохранилища и

2) съемка на участках предполагаемых сооружений.

Только для первого рода съемок на выбор масштаба влияют географические условия и степень обнаженности.

Для съемок под сооружения масштаб целиком должен зависеть от этапа проектирования, характера и типа сооружения и от геологической сложности местности. В большинстве случаев требуются очень крупные масштабы: 1:10 000, 1:5 000 и даже более крупные, при которых, ввиду большего количества потребных выработок, работа обходится очень дорого. Поэтому на соответствие выбираемого масштаба этапу проектирования и на размер снимаемой площади надо обращать особое внимание, увеличивая от этапа к этапу крупность масштаба по мере уточнения возможного местоположения сооружения и его частей и уменьшая площади подробной съемки.

Примечание. Практика экспертизы представляемых геологических материалов показывает, что на это обстоятельство не обращается должного внимания.

§ 5. По сложности геологического строения, местности подразделяются на следующие классы:

IV класс: особо сложные районы с резко выраженными дислокациями сложного дизъюнктивного и пликативного типа, распространением пород осадочных изверженных и метаморфических в частых чередованиях (при отсутствии ясно выраженных маркирующих горизонтов), со сложным строением; с резко выраженными депрессиями древнего (ископаемого) рельефа (например, доюрского), со значительным развитием известковых, мергелистых и гипсоносных пород; с явлениями карста, трещиноватости, гипсовой и соляной тектоники, вспучивания и просядок; к этому же классу относятся вулканические области с развитием лавого-туфово-пепловых покровов; узкие речные долины — теснины с явлениями оползней, осыпей, обвалов, особенно сейсмичные; местности с вечной мерзлотой, с мощным ледниковым покровом в местах краевых и длительных остановок ледника, с явлениями значительных деформаций ледниками коренных пород, как в виде выпаханных и выдавленных котловин, так и в виде смятых и сдвинутых в валы и складки коренных пород, заполненных и перекрытых ледниковыми отложениями, со значительным содержанием известковых, мергелистых, гипсоносных (редко соленосных) пород, с явлениями трещиноватости, карста, просядок.

III класс — районы с проявлением значительной дислокации пород, с наличием осадочных, метаморфических и изверженных пород, с недостатком маркирующих горизонтов, значительной фациальной изменчивостью пород, с развитием современных геологических процессов, важных для условий устойчивости сооружений, со значительным развитием покровных, в том числе и ледниковых образований,

II класс — районы средней сложности структуры и состава с некоторыми усложнениями тектоники и незначительным распространением пород изверженных и метаморфических и ледниковых образований, или без них, в последнем случае при отсутствии ясно выраженных маркирующих горизонтов; с более простыми стратиграфическими соотношениями.

I класс — районы простого состава и структуры с простой тектоникой, почти горизонтальным залеганием пластов и простой стратиграфией ледниковой толщи.

§ 6. Для района сооружения плотины и головного узла амплитуда вариаций масштабов невелика; для водохранилищ и окружающих их районов вариации могут достигать значительных размеров.

Может быть дан следующая таблица зависимости между геологической сложностью района и необходимыми масштабами инженерно-геологической съемки:

Р а й о н ы	В геологическом отношении			
	IV—очень сложные	III—сложные	II—средне сложные	I—простые
I. Районы сооружения плотин и головных узлов	1 : 1000	1 : 1000	1 : 1000 или 1 : 2000	от 1 : 2000 до 1 : 10 000
II. Районы водохранилища	от 1 : 10 000 до 1 : 50 000	1 : 25 000 1 : 50 000	1 : 50 000	1 : 100 000
III. Районы, окружающие водохранилище	1 : 25 000 или 1 : 50 000	1 : 50 000	1 : 100 000	1 : 200 000

П р и м е ч а н и е. В случае наличия для исследуемых районов удовлетворительных карт масштабов 1-верстного и 2-верстного и т. п., при выборе масштаба съемки руководствоваться ближайшими подходящими масштабами этой таблицы.

§ 7. Как было указано, недостаток обнаженности района не должен вести к снижению детальности съемки раз принятого масштаба против некоторого минимума.

Минимум этот может быть выражен числом точек, приходящихся на 1 км<sup>2</sup> местности, для которых дается фиксация геологических элементов. Так, в условиях III категории местности по степени геологической сложности:

При съемке в масштабе:	Требуется на 1 км <sup>2</sup> точек:
1: 100 000	0,25
1: 50 000	1,0
1: 25 000	4,0
1: 10 000	25,0
1: 5 000	65,0

Нормы Нефтяного геолого-разведочного института указывают следующую густоту точек:

Масштабы	Количество точек на 1 км <sup>2</sup>	
	Плохо обнаж. район	Хорошо обнажен. район
1: 50 000	1 — 2	3 — 12
1: 100 000	0,5 — 1	2 — 5
1: 200 000	до 0,5	0,5 — 1

Следует иметь в виду, что приводимые цифры характеризуют среднюю густоту точек описаний для больших районов. Местами они сгущаются, местами — разрежаются сообразно встречающимся условиям строения и обнаженности.

При съемках в других условиях геологической сложности эти цифры будут меняться примерно в следующих отношениях:

Категория сложности:

$$I: II: III: IV = 1,5: 0,66: 1,00: 1,50.$$

На карте выделяются пласты, имеющие в изображении на ней ширину 1 мм и более. Маркирующие, водоносные и др. важные пласты, свиты и др. элементы выделяются на карте, даже если их изображения будут еще мельче (иногда протягивая их в виде линий). Контакты и линии смещений изображаются все, иногда независимо от масштаба. Нормальная погрешность замеров мощности пластов не должна превышать 5—10%.

Как было сказано, при съемках в районах сооружений, производимых обычно в крупном масштабе (1: 10 000 и более), нельзя детальность съемки ставить в зависимость от степени обнаженности. Недостаток естественной обнаженности необходимо дополнять проведением шурфов, скважин, расчисток, канав и пр. Кроме мелких выработок (до 15 м глубиной), приходится закладывать и более глубокие, главным образом буровые скважины. При съемках бассейна водотока в стадии изысканий для схемы (более мелкие масштабы) они имеют целью получение данных для решения стратиграфии, тектоники литологического разреза района и состояния глубоких горизонтов (например карстовых).



При съемках на площади сооружений, кроме глубоких буровых скважин, приходится закладывать и глубокие шурфы и штольни, так как геотехнические свойства пород должны быть освещены на глубину 20 м и более. Вообще съемка на участках, предназначенных под сооружения, кроме крупности масштаба, осложняется необходимостью осветить сложение и гидрогеологические условия как покровных образований, так и коренной основы. Поэтому съемка в этих случаях неразрывно сливается с инженерно-геологической разведкой. Часть потребных выработок может быть совмещена с выработками, проводимыми для освещения геологических условий по трассам сооружений, но известную часть выработок потребуется задавать специально для выяснения геологических условий (тектоники, стратиграфии, литологии, фациальных изменений и гидрогеологии) на всей территории, захватываемой съемкой. В число этих выработок будут входить как мелкие, так и глубокие буровые скважины, шурфы, расчистки, каналы и пр.

## ОТДЕЛ II

### ЗАВИСИМОСТЬ МАСШТАБА ОТ ХАРАКТЕРА ПОВЕРХНОСТИ

§ 8. В зависимости от географических условий района можно выделить следующие типы районов, отличающиеся главным образом по виду применяемого транспорта:

1. районы, густо населенные, с большим количеством колесных дорог;

2. местности, в значительной степени доступные для колесного транспорта, слабо населенные; базой партии являются палатки, переносимые по мере нужды с места на место;

3. районы, недоступные для тележного транспорта; переброска лагерей вьюком или на лодках, жизнь в палатках, в юртах, кибитках, чумах;

4. Исключительно трудно доступные районы, где никакой животный транспорт невозможен; могут встретиться случаи, когда караван должен состоять из носильщиков.

§ 9. Указать масштабы, применяемые в местностях различной трудности и доступности, сложнее, так как в противоречии с возможностью выбора масштаба, вполне отвечающего геологической сложности района, становятся дороговизна съемки желаемой детальности и медленность работы. И то и другое бывает очень ограничено общими условиями работы. Кроме того некоторые труднодоступные районы отличаются хорошей обнаженностью, например в высокогорных местностях, что облегчает и удешевляет работу по сравнению с работой в тоже трудно доступных, но лишенных обнажений местах, как например: в болотистых, плавневых, тундровых и др.

Следует принимать во внимание, что труднодоступные местности являются обыкновенно и необжитыми. Поэтому в них очень редко встречаются места, к которым требуется проявить особое внимание, в смысле выявления влияния подтопления на ценные уголья, устойчивость сооружений и пр., и в полной мере остаются только требования водоудерживающей способности водохранилища. В горных, хорошо обнаженных местностях сравнительно легко выявить участки, внушающие в этом отношении опасения и требующие более детального изучения. Равнинные же труднодоступные районы в большинстве случаев имеют достаточной мощности наносы, защищающие от ухода воды по трещиноватым и карстовым породам; кроме того в этих условиях мы имеем дело главным образом с многоводными реками, для которых возможная утечка воды фильтрационными путями в соседние долины существенного значения не имеет.

Совокупность вышесказанных соображений позволяет для большинства случаев, при съемках всей системы, захватываемой проектированием, при съемках водохранилища и прилегающих к нему районов в первых стадиях изучения руководствоваться следующим:

а. в трудно доступных, малообжитых районах, при равнинных реках (например реки Сибири) съемка может вестись в наиболее мелких масштабах — 1:200 000 и даже 1:500 000,

б. в труднодоступных, малообжитых высокогорных районах масштабы требуются несколько более крупные—1:100 000 и 1:200 000 (например верховья сибирских и кавказских рек),

в. в районах с удовлетворительным колесным транспортом, с населенными пунктами, могущими служить базами снабжения для съемочных отрядов, съемка ведется в масштабе 1:50 000 и 1:100 000,

г. в густонаселенных местах с дорогами, доступными для арбы, или с хорошими вычными транспортными путями могут применяться более крупные масштабы — 1:25 000 и 1:50 000,

д. наконец в густонаселенных местностях, с хорошей сетью дорог для колесного транспорта могут применяться любые масштабы, требуемые сложностью геологического строения, целями съемки и этапами проектирования.

### ОТДЕЛ III

## ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ ОСНОВА

§ 10. Для производства инженерно-геологических съемок, при выполнении которых широко приходится пользоваться геоморфологическим методом, особенно важно иметь топографические карты с хорошо выраженным рельефом.

До начала работ должны быть собраны по возможности все карты, имеющиеся для данного района. Их надо взаимно проверить, путем сопоставления, а в процессе полевых работ проверять на местности.

Вообще качество используемой топографической основы имеет важное значение, и на выбор и на внесение исправлений в процессе работы геологу необходимо обращать особое внимание.

§ 11. Использование топографической основы более мелкого масштаба, чем масштаб геологической съемки, не допускается.

Примечание. Карты, увеличенные чертежными приемами, считаются по масштабу оригинала.

В процессе полевых работ необходимо пользоваться основой не менее крупного масштаба, чем масштаб производимой геологической карты, т. е. необходимо соответствие масштаба основы с масштабом геосъемки. Если пришлось данные менее подробной геологической съемки нанести на топографическую основу более крупного масштаба, то это обстоятельство должно быть отмечено на геологической карте путем указания отдельно масштаба геологической съемки и масштаба топографической основы. Требуется также указание на карте, если масштаб ее увеличен путем пантографирования карты более мелкого масштаба.

§ 12. Если для района съемки не имеется готовой топографической основы и последняя готовится (снимается) одновременно с геологической съемкой (или геосъемка выходит за пределы имеющейся основы), геолог должен совместно с топографом установить:

- а) границы площадей съемок или досъемок,
- б) линии дополнительных маршрутных ходов за пределы этих границ,
- в) геоморфологические элементы, занесение которых на карту с высотной привязкой обязательно,

г) формы рельефа и маркирующие точки, четкое выражение которых на карте особенно важно для целей геологической съемки.

В большинстве случаев для этого требуется совместный объезд ими местности.

§ 13. Границы съемки не должны назначаться очень узко, так как это не дает возможности наносить существенно важные геологические моменты. При съемке склонов долины должна захватываться бровка или, по крайней мере, резкий перелом склона.

Карты для полевой работы берутся в количестве, необходимом для комплексной съемки. Два экземпляра на каждого участника съемки разрезаются по размеру 8—14 см так, чтобы кресты разрезов одной серии карт приходились на середину прямоугольников другой серии, и наклеиваются на холст. Они служат для фиксирования полевых наблюдений. Кроме того берется не меньше 5—6 экземпляров неразрезанных карт, служащих для вычерчивания полевых экземпляров геологических карт (коренных и четвертичных отложений), гидрогеологических, физико-геологических явлений и т. д. Желательны карты без раскраски лесных площадей.

§ 14. Инженерно-геологическая съемка должна охватить не только районы сооружений и районы затопления, но и обязательно должна выйти в различной степени за пределы этих районов, так как только широкий площадной охват съемки может выяснить гидрогеологическую картину района, что важно уже при геологическом обосновании рабочей гипотезы и схемы использования. При этом:

а) в нижнем бьефе от плотины съемка должна захватывать площадь, которая позволяет с уверенностью проследить гидрогеологическую характеристику нижнего бьефа в непосредственной близости от плотины, и, следовательно, предусмотреть все возможные влияния будущих фильтрационных потоков на изменение режима в этой части долины после сооружения плотины и наполнения водохранилища; обычно для этого требуется захватить до 10—15 км по длине при высоконапорных плотинах и до 3—4 км—при низконапорных и, во всяком случае, в пределах распространения постоянного и длительного подъема уровня воды в результате зарегулирования стока; масштаб съемки—в непосредственной близости к району сооружений: первый километр—как на строительной площадке, а остальная часть—как по водохранилищу;

б) по водохранилищу должна быть охвачена зона, превышающая отметку будущего зеркала водохранилища, по крайней мере до горизонтали на 5 м выше подпора;

в) за пределами этой зоны и в сторону водораздельных пространств и на них съемка производится отдельными участками на площадях, обеспечивающих уяснение гидрогеологической картины как всего района, так и по отдельным поперечным к реке разрезам; съемка ведется в масштабах, указанных для районов, окружающих водохранилища.

Примечание. Для возможности такого охвата местности геологическим освещением должна быть составлена топографическая основа. Места выхода за пределы сплошной топографической съемки и применяемые при этом приемы и виды съемки устанавливаются геологом при совместном обсуждении этого вопроса с проектировщиками и топографами. В большинстве случаев для этого бывает необходим предварительный объезд района работ.

Чем ответственнее сооружение и чем сложнее инженерно-геологические условия района, тем точнее и детальнее должна быть съемка.

## ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

§ 15. Изучение геоморфологии должно обязательно сопровождать геологическую съемку любого района, так как целый ряд вопросов, касающихся геологического прошлого страны и условий развития физико-геологических явлений, имеющих инженерно-геологическое значение, не может быть в должной степени освещен и разрешен без такого изучения.

Наблюдения над речной сетью распадаются на наблюдения над поймами, надпойменными террасами, овражно-балочными образованиями.

а. Наблюдения над поймами состоят из наблюдений относительной высоты над меженным уровнем пойменных терас, их шириной и изменениями высоты и ширины поймы как в направлении течения рек, так и в поперечном к ней направлении, причем описываются рельефы береговых валов, расчлененные старых островов, дон и заболоченности. Описывается форма соотношений заболоченных и незаболоченных участков поймы с прилежащими склонами, причем тщательно отмечаются: 1) места постепенного перехода от поймы к склону, 2) наличие терасообразных уступов вдоль склона. Наблюдения над всеми изменениями рельефа сопровождаются систематическими указаниями на количественное изменение этих элементов на разных участках поймы; при этом полевые наблюдения устанавливают связь распространности этих форм с геологическим строением, а также с изменениями ширины и высоты пойм.

Описание этих форм рельефа сопровождается одновременно характеристикой формы размыва (подмывы, обвалы, вымощи в пойме), явлений заноса, образования отмелей, их перемещения, а также изменения степени распространности этих явлений и по мере возможности изложением предварительных соображений о причинах изменений в степени распространности.

б. Для каждой из надпойменных терас записываются данные о их высоте над рекой и ширине, а также данные по изменениям относительной ширины и высоты, данные о форме поверхности терас; о степени распространности на них стариц, озер и их соотношения как с относительно ниже расположенными террасами и поймой, так и прилежащим склоном. Точно так же описываются все явления размыва и степень их распространности. Изучаются тщательно геологическое строение терас, стратиграфия и палеонтологическое содержимое покрывающих ее слоев, водоносность и т. д.

в. При наименовании терас нумерацию их надлежит вести снизу, выделяя пойменные и надпойменные терасы, например:

- 1-я пойменная
- 2-я пойменная и т. д.
- 1-я надпойменная
- 2-я надпойменная и т. д.

Примечание. Нумерацию терас сверху, производимую некоторыми авторами, можно было бы допустить, если бы была совершенно достоверно известна самая верхняя тераса данного бассейна. Полной уверенности в этом нельзя иметь даже в сравнительно более изученных районах, а тем более при изучении части долины или бассейна. Поэтому, несмотря на соблазнительность построить номенклатуру на исторической последовательности, следует предпочесть указанную номенклатуру.

г. При описании балок и оврагов дается описание их форм: плоскодонной, остродонной, симметричной, асимметричной, с крутыми или пологими склонами, и характеристика склонов и физико-геологических явлений, которые к ним приурочены: подмывы, оползни, обвалы, суфuzionные цирки и т. д.

д. При описании склонов дается описание крутизны склона и его формы, его характера, его перехода как в сторону поймы, так и водораздела (постепенный, резкий с перегибом или уступом); описываются все физико-геологические явления на склоне: подмывы, обвалы, суфиззионные цирки, оползневые явления с детальной характеристикой форм оползневого рельефа, степени задернованности склона, а также и степень развития формы эоловых накоплений.

е. При описании водораздельных пространств дается общая характеристика их формы, относительно высоты (равнинная, асимметричная, всхолмленная) озер, дюн. В последнем случае дается описание форм всхолмлений, их ориентировки по странам света и взаимоотношение. Весьма желательна при этом морфологическая оценка форм рельефа (дюны, барханы, останцы, конечные моренные накопления, озы, друмлины, плотинные озера, озера выпахивания и т. д.), причем по возможности это сопровождается их зарисовкой и составлением поперечных и продольных разрезов.

ж. В горных странах необходимо установить, каковы генетические типы долин (тектонические долины, долины прорыва).

При описании водораздельных и междуречных пространств следует, путем тщательного анализа, выяснить наличие или отсутствие комплексов денудационных поверхностей и форм различной древности, выяснить историю их развития и относительный возраст, их связь с колебаниями земной коры, с тектоникой и прежними трансгрессиями и регрессиями морей, роль тектоники и геологического состава (литология) в формировании рельефа, влияние факторов древнего оледенения, силевых выносов, обвалов, оползней, количество эрозионных циклов, пережитых страной, и т. п. Необходимо тщательно изучить явление движений горнокаменных масс, развитие и генезис нагорных терас, поверхностей горной „платации“, роль осыпей и каменных морей и рек (курумов) и, наконец, определить, в какой стадия (омоложения или одряхления) рельефа находится страна.

з. В ледниковых областях, кроме подробного освещения всех форм, связанных с современным оледенением, следует выяснить распространение древнего оледенения, характер доледниковой гидрографической и долинной сети, определить стадию (регрессивную или прогрессивную), в какой находится оледенение в данное время, все особенности древнеледникового рельефа, влияние оледенения на развитие терас и вообще морфологию страны в экстрагляциальной зоне.

и. В карстовых областях необходимо тщательно изучить происхождение всех форм карста и их взаимоотношения друг с другом, условия водоносности, связь карстовых форм с тектоникой и геологическим составом, химизм карстовых пород и вод, цикл карстов, пережитых страной, роль климата и растительности, характер и распространение подземных пещер, их наносы, их датировку по археологическим данным и пр.

к. В озерных странах изучаются: происхождение и эволюция озерных котловин и впадин (тектонические, плотинные ледниковые, провальные и т. д.), генезис самых озер, их отношение к проточным артериям (к гидрографической сети), химизм вод, процессы заболачивания и заторфования, береговые терасы и пляжи, колебания уровней озер, острова и полуострова.

л. При изучении морских берегов дается точное описание морфогенеза береговой зоны, характеристика надводной и подводной части побережья, типы и происхождение заливов, бухт, лагун, полуостровов и островов, показания о подъеме или опускании береговой линии, древние терасы (полная морфологическая характеристика), их связь с речными терасами и роль литологии, тектоники, сейсмических явле-

ний, грунтовых вод, дельт, эстуариев, лиманов, оползней и обвалов в формировании береговой линии.

м. В аридных (сухих) областях изучаются: материковые дюны, их формы, генезис, источник песков, роль воздушных течений, роль растительности, почвообразовательных процессов, режим поверхностных и грунтовых вод, роль снегового покрова. В пустынях каменистых—микрорельефные и макрорельефные формы дефляции, условия происхождения и развитие эоловых останцев, котловин и борозд, выдувание иши дефляции, трехгранники, следы и формы накопления элювиального и делювиального материала, происхождение долин, такыров и т. д.

н. В арктических странах и в областях развития вечной мерзлоты изучаются специальные формы, связанные с наличием вечной мерзлоты, механизм образования полигональных грунтов, каменных многоугольников, делювиальных потоков и щебневых полос на горных склонах, формирование склонов долин в условиях полярного климата, роль тарынов (наледей) в формировании рельефа и т. д.

§ 16. Все характерные геоморфологические явления должны быть тщательно описаны, зарисованы на особых листах, сфотографированы и нанесены на карту или в масштабе карты (если возможно) или без соблюдения масштаба (при мелких масштабах). Должна быть составлена геоморфологическая колонка. В особенности нужно изучить, точно нанести и описать терасы, склоны долины, проявления современных и древних экзогенных процессов, в частности, как расположены депрессионные понижения боковой, гидрографической сети нижнего бьефа и каковы при этом водораздельные пространства между ними и верхним бьефом (по высоте, ширине и формам склонов и сложению).

§ 17. о камеральной обработке. Собранные в поле данные по геоморфологии, дают базу: 1) для геоморфологического очерка района исследований, который помещается перед геологическим очерком; 2) для истории рельефа, которая составляется на основании данных геоморфологии и геологии и помещается после сводки геологического материала и до глав, посвященных инженерно-геологической характеристике района.

#### ОТДЕЛ V

### ГИДРОГРАФИЧЕСКОЕ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ

§ 18. Гидрографическое изучение района ведется гидрометрическими отрядами. При инженерно-геологической съемке ведется лишь попутное описание основных характерных черт гидрографии района, поскольку она находится в зависимости от геотектоники и литологии и обуславливает возникновение и течение современных и недавних геологических процессов, а именно:

а. Описываются реки и ручьи, выясняется характер их течения (плесы, изменчивость русла, направление, связь с подземными водами и т. д.).

б. Если возможно, производятся замеры расхода небольших ручьев, питающихся источниками (например с помощью водослива Чиполетти), и замеры расхода более значительных ручьев и речек с помощью поплавков и секундомера. Данные о расходах более крупных рек получаются по литературе и архивному материалу гидротехнических и гидрологических учреждений. Отмечается качество воды (физические свойства), производится химическое опробование, устанавливается пригодность для питья и характер использования.

в. Выясняются истоки ручьев и рек, условия их питания и связь их с подземными водами.

г. Наблюдаются также озера и явления заболоченности, выясняются ее происхождение, связь с подземными водами, приуроченность к определенному водоносному горизонту и связь с поверхностными токами воды.

д. Понятно отмечается, где необходимо поставить длительные стационарные наблюдения над режимом рек и ручьев.

е. Кроме естественных водоемов осматриваются также пруды и прочие водохранилища, при этом отмечается местоположение водоема: размеры, длина, ширина, глубина и форма; на каких породах он расположен; какое влияние он оказывает на размыв в балке и, наоборот, какое последний оказывает на него влияние; наблюдается ли фильтрация из пруда; засоление воды в пруде; характер плотины; рациональность и характер устройства водослива; качество воды (физические свойства, загрязненность, биологическая характеристика); использование пруда.

ж. Общее ознакомление с условиями водного хозяйства в районе, изучение водоносности, ведущееся при комплексной съемке, не должно быть оторвано от вопроса об использовании подземных и поверхностных вод в народном хозяйстве. Поэтому геолог, попутно по возможности, знакомится с условиями водоснабжения и водопользования, с вопросами водной мелиорации (осушение, обводнение, орошение) и другими моментами водного хозяйства района как в поле, так и по материалам местных организаций. Для некоторых районов эти вопросы имеют особенно большое значение, и в таких случаях в задании инженерно-геологического отряда они должны получить надлежащее отражение.

§ 19. Поскольку гидрометрические данные, комбинируясь с наблюдениями над грунтовыми водами и с метеорологическими наблюдениями, позволяют судить о возможных областях питания отдельных грунтовых, водоносных горизонтов, возможной величине и скорости инфильтрации (и, следовательно, о водопроводящих свойствах пород), необходимо получить от ближайших метеорологических станций следующие данные:

а) по годовому и месячному количеству атмосферных осадков (средние, максимальные и минимальные за период наблюдения);

б) суточное количество атмосферных осадков: максимальное, среднее, минимальное в различные месяцы;

в) число дней с осадками за год и распределение их по отдельным месяцам;

г) температура воздуха и почвы по отдельным месяцам: средняя максимальная и минимальная за период наблюдений;

д) атмосферное давление за те же промежутки времени, что и температура;

е) влажность воздуха, испаряемость и испарение за те же промежутки времени;

ж) высота снежного покрова, глубина промерзания;

з) направление главнействующих ветров и т. д.

Если поблизости нет метеорологических станций или они находятся на расстояниях, не позволяющих распространять данные, собранные ими в своих районах, на район изысканий, то необходимо организовать специальную станцию на время изысканий.

Все перечисленные данные по гидрографии, гидрометрии и метеорологии, имея непосредственную связь с гидрогеологией района, как с взаимозависящей функцией, имеют значение не только для суждения о закономерностях существующего режима грунтовых вод, но и для соображений о возможном его изменении, в связи с поднятием уровня воды в водохранилище, и для результирующих явлений и подсчетов процентного отношения расхода воды на фильтрацию и т. д.

Наконец, описанные и наблюдаемые скорости вод в основной и боковых артериях гидрографической сети, в особенности в связи с количеством и механическим составом влекомых и взвешенных наносов, важны для суждения о будущих явлениях размыва и подмыва берегов и явлениях кальматации водохранилища.

§ 20. Геоморфологическая съемка вместе со сведениями по гидрографии, гидрометрии и метеорологии, таким образом, должна дать возможность детально охарактеризовать:

- а) формы современного рельефа;
- б) речную сеть и прочие открытые естественные водоемы;
- в) историю и этапы развития современного рельефа и гидрографической сети и
- г) деятельность современных физико-геологических агентов, с тем чтобы все эти материалы могли послужить основой для суждения о возможных изменениях и дальнейшем развитии геоморфологии района в связи с изменением естественных условий после сооружения водохранилища.

#### ОТДЕЛ VI

### ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

§ 21. Для инженерно-геологического освещения местности особо важным является описание экзогенных процессов, которые надо заполнить поэтому особенно подробно, организуя иногда систематические наблюдения.

Важнейшие наблюдения, которые должны вестись при изучении этих явлений, заключаются в следующем:

#### А. Явления размыва (эрозия)

1. Наблюдаются, описываются и фиксируются графически (фото-снимками, зарисовками, поперечными и продольными разрезами и нанесением на карту) характерные формы современного и древнего размыва, как крупные (речные долины, ущелья) и средние (балки, пади, овраги), так и мелкие (промоины, рытвины, водотоки). Детальность регистрации определяется масштабом, но во всяком случае все типичные формы размыва должны быть изучены и охарактеризованы.

2. Среди явлений современного размыва, выделяются две группы: а) донный размыв, связанный с потоком, текущим по дну (река, горный поток, ручей); сюда относится как глубинная эрозия, так и боковая, выражающаяся в образовании подмывов склонов, берегов, террас и т. д.; б) размыв склонов, обусловленный деятельностью струй, стекающих по склонам поперек оси долины (пади, балки) и образующих промоины, рытвины и тому подобные эрозийные формы.

3. При описании размыва отмечаются: а) формы размыва (промоины, растущие вершины оврагов, подмывы, силевые цирки и пр.); б) интенсивность современного и древнего размыва, наличие признаков усиления и ослабления; характеристика размывов дается в связи с такими факторами, как рельеф, петрографический состав пород, тектоническая структура, трещиноватость, гидрогеологические условия, карстовые явления, оползни, климат, растительный покров и т. д.; в) продукты размыва: овражные наносы, силевые выносы, пролювий и т. п.; г) наличие угрозы со стороны размыва различным сооружениям (зданиям, железнодорожным линиям, мостам, плотинам и другим гидротехническим сооружениям) и сельскохозяйственным угодьям.



На карте физико-геологических явлений для размыва применяются следующие обозначения: свежий размыв — красные линии; слабый современный размыв (полузадернованный) — коричневые линии; древний размыв, уже задернованный, — зеленые линии.

## Б. Изучение оползней и обвалов

Регистрация и краткое описание оползневых и обвальных явлений при комплексной съемке имеют весьма большое практическое значение (подробнее см. ниже § 54—67).

Аналогичные наблюдения производятся относительно крупных обвалов, которые регистрируются и фиксируются на карте.

## В. Изучение карстовых явлений (см. § 52—53).

### отдел VII

#### СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ И ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМЫ

§ 22. Эти схемы являются основами для составления всех геологических материалов. В основе же этих схем лежит нормальный геологический разрез. Предварительно разрез составляется перед началом полевых исследований на основании всех известных печатных и архивных материалов. Такой разрез имеет значение для предварительной неточной ориентации при производстве гидрогеологической съемки, причем в процессе съемки разрез должен быть максимально уточнен как в смысле литологическом, так и возрастном.

§ 23. Работа по уточнению ведется следующим путем:

а. Для изучения нормального разреза съемку следует начинать с района, обещающего (по литературным данным и другим признакам) наиболее полные и хорошие обнажения. Двигаясь по выбранному маршруту, геолог должен стремиться по возможности связывать между собой отдельные обнажения, которые в равнинном рельефе часто бывают незначительны по величине и дают небольшие отрезки общего разреза. Связь разрезов устанавливается по определенным характерным („опорным“, „руководящим“ „маркирующим“) горизонтам, которые удается идентифицировать в различных пунктах.

б. В геологическом разрезе „опорные“ горизонты выделяются по каким-либо характерным признакам (цвет, состав, окаменелости, сопротивляемость выветриванию, включения и т. п.), легко распознаваемым в полевой обстановке. Руководящий горизонт может иметь и незначительную мощность, но он приобретает свое значение лишь тогда, когда будет установлено, что он тянется на большое расстояние.

в. На поиски и выявление опорных горизонтов должно быть обращено внимание с самого начала работы, при горизонтальном залегании (или почти горизонтальном) очень полезен прием, изложенный ниже в п. „е“.

г. Обращается внимание на сохранность пород: выветрелость, нарушение связности отдельных компонентов, трещиноватость, пористость, кавернозность карстового порядка и т. д., причем во всех искусственных выработках и естественных обнажениях сохранность должна быть тщательно исследована по профилю (по каждой точке) и в плане (сопоставление точек), с целью выяснения закономерностей ее распространения по горизонтам и в связи с различными формами рельефа.

д. При проходке скважин, шурфов, дудок, штолен и т. д., проводимых для других целей в районе исследований, необходимо проверять литологическую колонку и стратиграфическую схему, постро-

енную в результате съемки, и тщательно прослеживать изменение сохранности пород с глубиной по образцам из буровых скважин и по стенкам горных выработок, причем последние должны быть тщательно замерены (компасом и рулеткой), зарисованы, а где возможно, и сфотографированы и привязаны в плановом и высотном отношении с точностью, зависящей от их важности (полуинструментально или инструментально). Этот материал будет важнейшим для доказательства необходимости ряда практических мероприятий (определение зон съема, укрепительных работ и т. д.).

е. Изучаемые обнажения вычерчиваются тотчас же геологом в виде ряда колонок или разрезов в одинаковом масштабе. Сопоставление полученных колонок по палеонтологическим данным определенной стратиграфической последовательности, по руководящим опорным горизонтам и, наконец, по высоте над выбранным базисом (для платформ), по высотным отметкам дает возможность свести эти колонки в одну общую. В начале работ она может оказаться очень не полной: сверху, снизу и в средней ее части могут быть пробелы между изученными пластами. Эти пробелы укажут, как нужно вести дальнейшие работы для установления общего разреза.

ж. Эти рабочие стратиграфические колонки должны строиться, пополняться, совершенствоваться и уточняться в течение всей дальнейшей работы. Они очень важны, так как помогают выявлению в процессе работы всех слабо обоснованных, неясных, сомнительных пунктов в стратиграфической схеме, установлению характеристики руководящих горизонтов и колебаний в мощности отдельных свит и взаимоотношений между отдельными стратиграфическими комплексами. На этих же колонках условными знаками наносятся выходы воды, полезных ископаемых, горизонты, к которым приурочены современные экзогенные процессы, и т. д. Для установления взаимоотношений между отдельными комплексами в условиях спокойного залегания слоев геолог особенно тщательно должен следить за характером и поведением стратиграфических контактов, за их высотным положением, выявляя всякие следы перерывов и данные, говорящие о перерывах, трансгрессивном и регрессивном залегании толщ, явлениях выклинивания и т. п.

з. В районах нарушенного залегания, преимущественно горных, составление нормального разреза нередко представляет значительные трудности благодаря сложным тектоническим перемещениям свит, наличию тектонических контактов, выжиманию и срезанию пластов в одних местах и увеличению мощности вследствие изоклиальной складчатости или чешуйчатому надвиганию в других. Все эти явления необходимо учитывать особенно тщательно, уделяя особое внимание изучению контактов с угловым несогласием.

В этих случаях необходимо установить, является ли несогласие стратиграфическим или оно вызвано тектоническими причинами, например надвиганием одной свиты на другую. Во втором случае критерием могут служить явления дислокационного изменения пород (наличие тектонических брекчий, раздробления, линз скольжения, развальцования и т. п.).

В сильно нарушенных областях следует учитывать возможность тектонических контактов при кажущейся непрерывности разреза: правильность проведения линии тектонических контактов, непосредственно не наблюдаемых, следует проверять срезыванием этими линиями разных горизонтов. С другой стороны, нужно учитывать возможность местных первичных несогласий (от подводных оползней, деформаций плавающим льдом, замораживанием и т. п.) и угловых несогласий в дисгармоничных скалках.

Все эти причины делают необходимыми измерения разреза в нескольких местах на площади съемки для установления основной схемы, искажаемой тектоническими нарушениями, и для выяснения изменений фацциальных и в мощности разреза.

§ 24. Полученный в результате ряда измерений нормальный сводный разрез делится на отдельные пласты или серии пластов (комплексы, свиты), которым придают буквенные или цифровые наименования, объединяя под одной буквой или индексом однородную толщину, хотя бы она состояла из многих отдельных пластов или подпластов.

Если в поле геолог может определить возраст отложений и разделить их на стратиграфические единицы (отделы, ярусы, зоны), то таким объединенным сериям придают соответствующие установленные или местного значения индексы; если нет, то резко отличные между собой комплексы или группы (различные известняки и мергеля, алеол-гипсоносные породы, вулканогенные фацции, песчаники и конгломерат, глинистые фацции и т. п.) объединяются заглавными буквами или римскими цифрами. Несогласия и перерывы, если они встретятся, всегда должны служить границами таких серий. Для больших районов, а также в тех случаях, когда на коротких расстояниях резко изменяется состав и характер стратиграфического разреза, например: вследствие крупной фацциальной изменчивости, наличия алохтонных свит и т. п., составляется не один, а несколько сводных нормальных разрезов.

#### ОТДЕЛ VIII.

### ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОПИСАНИЯ

§ 25. Литологическая характеристика пород имеет особенно важное значение для инженерно-геологической съемки; поэтому на ней мы останавливаемся подробнее.

Литологическая характеристика охватывает петрографическое наименование породы, описание минералогического (иногда механического) состава, структуры, цвета отдельности, трещиноватости, излома, твердости и других признаков породы.

Описание может несколько варьировать в зависимости от характера пород, но должно быть возможно полным, ясным и четким. Важнейшие характерные особенности породы должны быть подчеркнуты и выделены. Часто полезны образные определения и сравнения („картонные сланцы“, „перечные песчаники“ и т. п.).

§ 26. Минералогический состав. Дается название породы (известняк, песок и т. д.) и подробно макроскопически описывается:

а) минералогический состав основного материала (кварц, кальцит, глинистый материал, обломки пород и пр.) и его однородность;

б) наличие или отсутствие цемента и примесей;

в) минералогический состав цемента (известковый, кварцевый, железистый, глинистый), степень и равномерность цементации;

г) минералогический состав примесей (слюда, глауконит, кварц, углистое и глинистое вещество) и их соотношения между собой и основным материалом.

При пользовании такими терминами, как глинистый песок, углистая глина, известковый песок, необходимо отличить, к чему относятся эти прилагаемые: обозначают ли они один из компонентов основного материала, примесь или цемент.

§ 27. Структура. Под структурой горной породы понимается совокупность признаков, определяемых морфологическими особенностями отдельных составных частей, как-то: величина, форма и соотношение между собой отдельных элементов, составляющих породы.

При изучении структуры определяются:

а) общий характер структуры: является ли она кристаллической, аморфной, обломочной или органогенной;

б) размеры составляющих частиц (зерен) и пределы колебания их; градация зернистости;

в) форма составляющих частиц (зерен): правильная, неправильная, овальная, удлинённая, угловатая и др., связь формы зерен с их величиной и минералогическим составом; для обломочных пород указывается степень окатанности и зависимость последней от величины зерна и минералогического состава; градации окатанности — окатанные зерна: форма зерен овальная, шаровидная; малоокатанные: сглажены углы и ребра; неокатанные; угловатые формы;

г) поверхность частиц (зерен): гладкая, неровная, полированная, матовая;

д) соотношение частиц друг с другом; здесь необходимо отметить однородность и неоднородность зерен по величине, форме, строению (однородность зерна по величине определяет в песках степень сортированности их, а в глинах — степень отмученности);

е) наличие цемента, его однородность, структура (аморфная, кристаллическая, обломочная) и соотношение цемента с основным веществом породы (для зернистокристаллического цемента см. пп. „б“ и „в“);

ж) влияние на структуру минералогического состава.

При изучении органогенных структур (где животные и растительные остатки обуславливают самую структуру породы) обращается внимание на:

а) породообразующие организмы и их относительное количество, форму, величину, сохранность организмов;

б) соотношение органических остатков с остальным веществом породы (кристаллическим, аморфным и обломочным).

§ 28. Текстура. Текстура определяется взаимным расположением элементов, составляющих породу. Поэтому при изучении текстуры следует отмечать:

а. Равномерность и неравномерность распределения различных элементов и характер распределения их (массивная, сплошная, слоистая, пятнистая и прочая текстуры). Для слоистости отмечаются ее ясность (неслоистость, неясная слоистость и ясная слоистость), характер (слоистость внутри однородной породы, смена прослоев разного петрографического состава или цвета), горизонтальная ли она или является косой, диагональной, перекрестной, спутанной, линзовидной — толщина отдельных слоев, изменения ее в вертикальном и горизонтальном направлениях.

В песчаниках важно искать волноприбойные знаки. Вообще в твердых породах на обнаженных плитах и на расколах по напластованию следует изучать различные особенности поверхности (различные неровности, отпечатки дождевых капель, трещины высыхания, следы ползания и хождения животных, ходы червей, скопления раковин, ископаемые остатки корней, водорослей, следы струй, псевдоморфозы по кристаллам, стилолиты и т. п.). Необходимо обращать внимание на внутрисластовые нарушения, смятия, складки, флюидальность, разрывы, надвиги и пр., вызванные подводными оползнями в процессе отложения осадков, а также на включения в толще пород (гипсов, известняков и доломитов) целых горизонтов и линз брекчий, связанных с древними карстовыми явлениями.

б. Зависимость текстуры от наличия и распределения пустот и пор в породе (пористая, кавернозная, ячеистая текстуры). Следует описывать отдельно самые поры, их величину, форму заполнения каким-либо веществом, причины образования пор, выщелачивание, выделение газов и пр.

§ 29. Характер верхней и нижней границы пластов весьма тщательно изучается для всех пород характер напластования. Устанавливаются наличие резких границ между ними и общий характер этих переходов. В случае резких границ необходимо отмечать их особенности: прямолинейная, равноволнистая, резко неровная, наличие карманов, выступов, корневидных ходов (ризолитов), стилолитов и т. п. образований. При наличии неровной границы, позволяющей заподозрить перерыв, тщательно изучаются и описываются как подстилающие, так и покрывающие породы. В подстилающих важно установить среды выветривания и механической обработки (размыва), коррозии и т. д.; для последней цели полезно, если возможно, рассчитать площадь для изучения поверхности контакта. В кроющем пласте над контактом важно отметить, имеются ли обломки и гальки из подстилающей породы, и вообще петрографический характер нижних пластов горизонта.

Отмечается наличие на границе пропластков, увеличивающих кажущуюся резкость границы, их характер и выдержанность в горизонтальном направлении (постоянство, выклинивание, прерывность).

Для некоторых пород (известняки, песчаники и др.) резкость часто подчеркивается наличием трещин, совпадающих с поверхностями напластования. В таких случаях необходимо также отметить, заполнены ли эти трещины каким-либо материалом или остаются пустыми.

§ 30. Цвет породы. Цвет породы является во многих случаях весьма характерным признаком и описывается для пород в свежем и выветрелом виде. У многих пород, как например у глин некоторых мергелей, цвет в сыром виде значительно отличается от окраски в сухом состоянии, почему необходимо указывать, при каких условиях влажности описывается порода. Следует при этом отметить, что окраска пород в поле часто производит иное впечатление, чем в образцах, вследствие чего и на этот признак следует всегда обращать внимание при полевой работе. Нужно помнить, что цветовое впечатление, производимое породами в поле, зависит от освещения и от окружающих условий. Весьма желательно указывание факторов, вызывающих ту или иную окраску пород, что имеет во многих случаях существенное значение.

При описании окраски следует отмечать: а) основной тон, оттенки, интенсивность (например темносерый, почти черный с буроватым оттенком); б) однородность или неоднородность окраски; в) ее распределение (равномерное, неравномерное), характер (пятнистость, полосатость, наличие крапин, приуроченность окраски к одному пласту или к определенной его части или охват ею нескольких соседних пластов); г) постепенность перехода одной окраски в другую (резкость или расплывчатость границы); д) зависимость окраски от минералогического состава (основного вещества, цемента, включений примесей) и от степени влажности породы; е) связь окраски со структурными или текстурными признаками (косослоистостью, распределением минеральных и органических включений, включений других пород, величиной и формой слагающих породу частиц); в случае изучения зернистых пород желательно отмечать также, окрашены ли сами минеральные зерна или покрывающая их оболочка. При работе в поле желательно иметь шкалу цветов.

§ 31. Отдельность. Под отдельностью разумеется свойство распадаться на части под влиянием внутренних изменений и внешних воздействий. При изучении отдельности следует отмечать:

1) форму отдельности: а) правильную (плитчатую, параллелепipedную, столбчатую, шаровую и т. д.), б) неправильную (остроугольную, глыбовую, скорлуповатую и т. п.);

2) размеры отдельностей, пределы колебаний для одной и той же формы;

3) связь формы отдельностей с различными свойствами породы и внешними факторами: а) с текстурными и структурными особенностями (например совпадение плоскостей отдельностей со слоистостью); б) с трещиноватостью, связанной с тектоническими нарушениями (пликативные, дизъюктивные дислокации, кливаж); в) с трещиноватостью, связанной с явлениями выветривания. Следует также обращать внимание на однотипность формы отдельности, на форму излома и включений; необходимо отличать изменения формы и размеров отдельностей с глубиной.

§ 32. Трещиноватость изучается как в складчатых областях, так и в районах спокойного залегания. В последних она оказывается более простой, так как отсутствуют (за редкими исключениями) явления кливажа. Описываются трещины напластования, тектонические трещины и трещины выветривания. Очень важно выяснить, имеются ли в районе определенно выдержанные направления трещиноватости; в случае установления подобных выдержанных систем трещиноватости им можно приписать тектоническое происхождение и в некоторых случаях установить направление давления. Необходимо производить систематические замеры элементов залегания трещин, причем желательно обращать внимание на возможную связь этих направлений с простиранием долин, балок, оврагов, линий расположения карстовых воронок и т. п. Необходимо отмечать, являются ли трещины пустыми или они заполнены каким-нибудь материалом и образуют жилы. При наличии рудных и минеральных жил изучение трещиноватости особенно важно. В районах спокойного залегания сравнительно редко встречаются жилы кальцита или гипса; гораздо чаще трещины бывают заполнены глинистой массой, песком или брекчиевидным материалом. Кроме того в некоторых районах бывают развиты „нептунические дайки“, т. е. жилы песчаников, секущие пласты глин, мергелей, мела, опоки и других пород.

При изучении трещиноватости часто весьма нужно бывает отмечать: а) размеры трещин (ширина и протяжение); б) форму их (правильную, неправильную, зигзагообразную и т. д.); в) направление (простирание и падение по отношению к пласту и странам света); г) заполнение минералами или породой, ход заполнения сверху или снизу; д) распределение трещин в породе (количество и приуроченность их к той или иной части слоя); е) стенки трещин (ровные, неровные, гладкие, штрихованные и т. д.); важно отмечать возможные причины трещиноватости (выветривания, усыхания, тектонические нарушения и пр.) и в связи с этим влияние трещин на посявление отдельностей.

§ 33. Излом. Наблюдая излом различных пород, нужно различать: а) форму излома (например раковистый, занозистый, неровный и пр.); б) поверхность излома (зернистая, матовая, жирная, глянцевиная, восковидная и пр.); в) края излома (тупые, острые, занозистые и пр.); г) зависимость излома от минералогического состава, включений, структуры.

§ 34. Запах и вкус. При наличии запаха следует отмечать: а) характер его (например: битуминозный, сероводородный); б) проявляется ли он при ударе молотком, без удара.

При этом отмечается степень выветрелости породы, В глинах и выцветках солей следует также отмечать вкус.

§ 35. Прочие признаки. Необходимо также отмечать следующие признаки пород и зависимость их от других свойств породы: а) твердость или мягкость и зависимость ее от минералогического состава и структуры; б) плотность, рыхлость; в) пластичность, хруп-

кость; г) сыпучесть; д) водопоглощаемость; е) влажность, распределение ее в слое, зависимость от наличия трещин, смещений связь с твердостью породы; ж) способность размокать в воде (для глинистых пород); з) кажущийся удельный вес (например для трепелов).

§ 36. Включения и выделения (минеральные). При описании их следует отмечать: а) минералогический состав (хальцедон, опал, пирит, гипс, кальцит, кварц, сферосидерит, сера и пр.); б) форму (желваки, жеоиды, конкреции, септарии, натёки, корочки, жилки, выцветы и пр.); в) размеры.

§ 37. В качестве примера того, что следует наблюдать и описывать в конкретных случаях, приводится перечень следующих наиболее распространенных осадочных пород:

а. Галечники и щебни: механический состав (размеры отдельных обломков или галек, средние, максимальные и минимальные), форма и степень окатанности обломков или галек, наличие штрихов, шрамов и т. п. петрографический состав обломков и галек, наличие слоистости и ее характер, расположение галек (беспорядочное, горизонтальное, наклонное).

б. Конгломераты и брекчи: отмечается то же, что для галек и щебня, и кроме того состав цемента (кварцевый, известковый, железистый, глинистый, кремнистый, фосфатовый и т. д.), его количество, плотность, однородность, цвет, твердость породы, характер раскола (если цемент менее крепкий, чем породы галек, последние при раскалывании остаются целыми; если твердость одинакова—расколы проходят через то и другое безразлично), окаменелости, вкрапления, руды и пр.

в. Пески: петрографический состав (кварцевые, глауконитовые, полиминеральные), механический состав (крупно-, средне- и мелкозернистые, пылеватые), однородные, форма зерен (угловатая, округленная), для кварцевых песков поверхность зерен блестящая, мутноватая, шероховатая; слоистость (грубая, тонкая), цвет (в свежем виде и в выветрелом) и его интенсивность и характер распределения окраски (равномерный, пятнистый, полосатый и т. д.), включения и палеонтологические остатки; плотность рыхлость сложения.

г. Песчаники—то же, что для песков, и кроме того характер цемента (состав, плотность, однородность и пр.), твердость, прочность, характер излома при раскалывании, трещиноватость, пористость, отдельность, мощность отдельных пластов; наличие, состав и форма включений (конкреций, галек и т. п.), палеонтологические остатки и характер их сохранности (хорошая сохранность раковин, кости или ядра и пустоты от растворенных частей скелета); если пески представляют собой конкреции, то их размеры, форма и характер расположения. При описании минерального состава песков и песчаников нужно указывать главные минералы, образующие породу, например „глауконитово-кварцевый песчаник“, второстепенные же признаки отмечаются так: „кварцевый песчаник со слюдой (или примесью слюды), полевым шпатом, магнетитом и т. п.“ Большое внимание необходимо обращать на изменения песчаников на контактах слоев и связь с выветриванием (разрыхление, изменение цвета, форма поверхности выветривания, глубина корки выветривания, наличие выцветов, примазок, пятен и т. п.).

д. Глины—песчанистые глины, битуминозные сланцы и т. п. их цвет, сложение (сланцеватые, слоистые), механический состав (грубое определение наощупь: на растирание, на зубы), присутствие песчаных зерен, чистота, наличие примесей, битуминозность (известковистость, железистость), пластичность, трещиноватость, излом и отдельность в сухом виде (плитчатость грубая, тонкая, неровная, щебенча-

тость, распадение на полэдры и т. п.), включения, вкрапления, прожилки, выцветы, пятна, конкреции, палеонтологические остатки.

е. Известняки, мел и доломиты: цвет, твердость, характер излома, структура (кристаллическая, полукристаллическая, плотная (афанитовая), землистая, оолитовая, органогенная (здесь подразумевается микроскопическая картина, например: раковинистые, нумулитовые, фузулиновые или коралловые известняки); размер зерен (в кристаллических, оолитовых, обломочных известняках), химические и механические примеси (глинистые, песчанистые, кремнистые, железистые, битуминозные и тому подобные известняки), конкреции, прожилки, рудные вкрапления и включения, явления мегасоматоза, палеонтологические остатки и их сохранность. Большое внимание уделяется их трещиноватости и явлениям коррозии и карста.

ж. Мергеля: цвет, твердость, состав и наличие примесей (мергеля песчанистые, кремнистые, железистые, доломитовые, битуминозные, глауконитовые глинистые и т. п.), структура и характер излома, конкреции, прожилки и пропластки, включения и вкрапления, слоистость, характер выветривания, трещиноватость, тип щебенки, размокаемость, ископаемые и их сохранность, и т. п.

з. Тр е п е л: цвет, рыхлость и механический состав (наличие грубых частиц), примеси (глина, карбонаты, зерна кварца, глауконита, слюды), слоистость, включения, прожилки, ископаемые.

и. О п о к и: цвет, твердость, плотность, слоистость, состав примеси (глина, карбонаты, кварц, глауконит, слюда), однородность или неоднородность цементации и окраски, трещиноватость, излом, характер выветривания и тип щебенки, ископаемые и их сохранность.

к. Ф о с ф о р и т ы: размер и форма желваков, наличие следов окатанности, характер поверхности (шероховатая, гладкая, отполированная и т. д.), цвет снаружи и на расколе, характер излома, наличие двух или большего числа генераций фосфорита, из которых последующие нередко цементируют предыдущие. Механический состав (глинистые, тонкопесчанистые, грубопесчанистые примеси, кварцевый глауконит, карбонаты, сульфаты, окислы железа), характер выветривания, ископаемые.

л. Г и п с и а н г и д р и д: цвет, сложение (плотное, мелко-крупнозернистое, кристаллическое), слоистость, примеси, включения, прожилки, трещиноватость, наличие карстовых явлений.

§ 38. З а р и с о в к и. Описание обнажения во многих случаях должно сопровождаться его зарисовкой, а иногда и фотосъемкой. Зарисовки могут быть следующих типов:

1) Профиль обнажения: зарисовывается в масштабе (с указанием действительной мощности пластов), на котором показываются характерный для данного разреза профиль земной поверхности и пласты согласно описанию.

2) Общий вид обнажения. Этот вид иллюстраций чрезвычайно важен в тех случаях, когда обнажение раскрывает более или менее сложные взаимоотношения различных отложений: резкие изменения мощности, выклинивание, рифовые образования, несогласное залегание, прислоенные залегания, неровность границ, косвенную слоистость, те или иные дислокации или интересные формы выветривания и т. п.

3) Отдельные интересные детали и части обнажений.

4) Глазомерные схематические абрисы (в плане) расположения отдельных частей обнажения.

Все зарисовки и фотоснимки снабжаются указаниями действительных размеров и географической ориентировки.

§ 39. В процессе съемки все образцы пород из естественных и искусственных разрезов должны быть тщательно описаны, собраны



и документированы с соблюдением обычных правил и методов полевой геологии, причем часть образцов, характеризующих все разновидности пород и их фациальные изменения, должна быть отобрана в значительном увеличенном количестве для лабораторного изучения. При работе нескольких геологическо-разведочных отрядов должна быть обеспечена сравнимость данных оценок и описаний геологических явлений, для чего должна быть принята единая система обозначений и номенклатура (рис. 1).

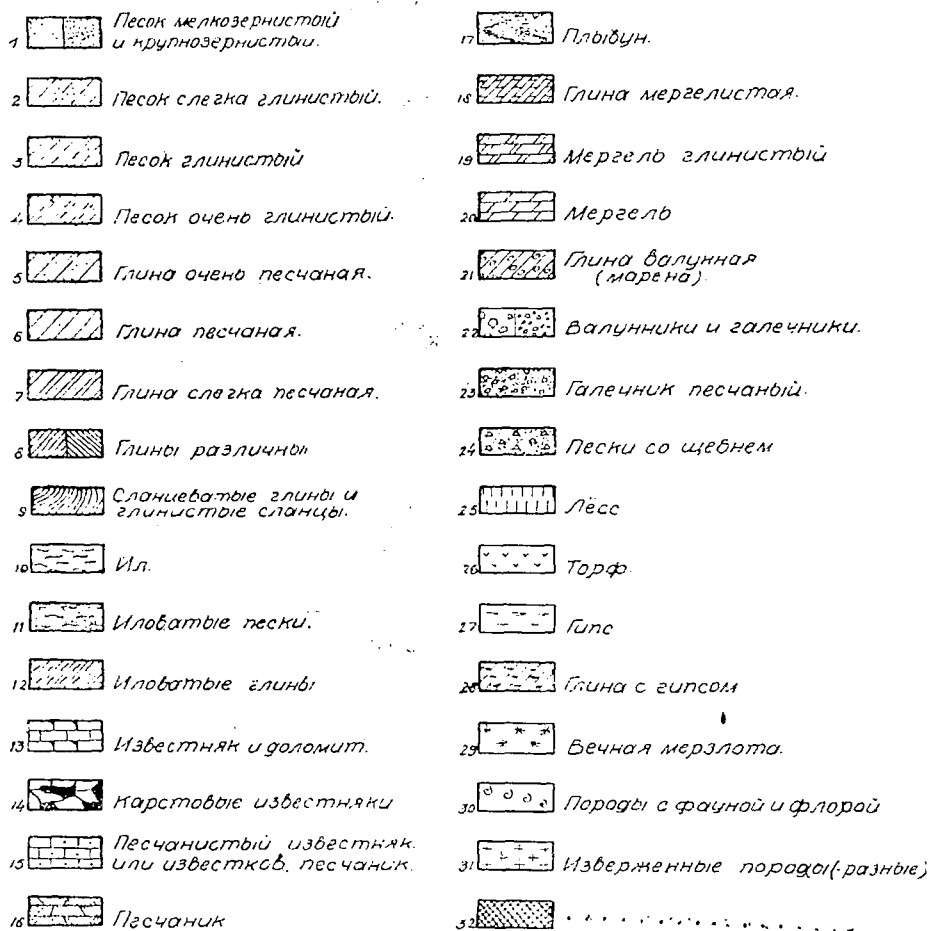


Рис. 1. Условные обозначения для пород при составлении геологических, литологических карт и разрезов.

Все места обнажений (естественных и искусственных) тщательно наносятся геологом при съемке на топографическую основу, как и все элементы геоморфологии, гидрологии, гидрогеологии и тектоники.

Особое внимание должно быть также обращено на сбор палеонтологических остатков (фауны, микрофауны, флоры) и образцов, характеризующих физическое состояние пород.

§ 40. В результате съемочных инженерно-геологических работ должны быть составлены геологические и литологические карты и профили (по наиболее интересным и опасным направлениям). При составлении геологических и литологических профилей, в целях единообразия изображений, рекомендуется легенда (данная на рис. 1).

## НАБЛЮДЕНИЯ ПО ТЕКТОНИКЕ РАЙОНА

§ 41. Тектонические особенности района при гидрогеологической съемке всегда должны быть тщательно изучены, для чего следует:

а) точно проследить, изучить и нанести на карту профили распространения тектонических элементов;

б) тщательно описать, измерить трещины или, по крайней мере, типы их и зарисовать все характерные особенности (вид, размерность, направление, характер смещений, степень нарушения стратиграфической схемы, инкрустации и ее материал, их водоносность, заполнение, изменение их характера в породах водного состава);

в) выяснить историю и генезис их возникновения и развития.

Район сооружения плотины в тектонической местности должен быть исследован в этом отношении особенно тщательно, причем, кроме скважин, должны быть обязательно заложены горные выработки (шурфы, лудки, штольни, расчистки и т. д.) и разведочные канавы.

## ОТДЕЛ X

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

§ 42. Указанный выше сбор фактического материала и критическая его обработка по геоморфологии, литологии, стратиграфии и тектонике района обязательно должны сопровождаться тщательным сбором материалов по распространению и характеристике грунтовых вод, что является частью гидрогеологических исследований.

§ 43. Гидрогеологические исследования при комплексной съемке, включающей уже изучение геологии, литологии и геоморфологии, состоят в изучении водоносности района, т. е. явлений, связанных с выходами на поверхность подземных вод и их влияния на ход других геологических процессов и формы рельефа.

При изучении водоносности необходимо регистрировать, описывать и наносить на карту: источники (ключи, родники, и пр.); колодцы, кудуки, буровые скважины; естественные водоемы, реки, ручьи, различные постоянные и временные потоки, озера, болота, оросительные осушительные каналы и пр). При регистрации и описаниях полезно привязывать их во время производства работы барометрической нивелировкой к высотным опорным пунктам.

Степень детальности фиксации явлений водоносности зависит от масштаба и характера съемки; при съемках бассейна водной системы и водохранилища (масштабы 1 : 100 000 — 1 : 25 000) наблюдения ведутся выборочно с таким расчетом, чтобы была выяснена общая гидрогеологическая картина; в районах сооружений, оползневых и карстовых при детальных съемках фиксируются и подробно изучаются все проявления водоносности.

§ 44. Изучение источников. Под источниками понимаются все естественные выходы воды. Сюда относятся ключи (если вода вытекает из стенки оврага или ущелья, со склона долины или выходит из русла), родники (небольшие водоемы, в которые собирается вода из ключевых выходов), мочежины (слабые выходы вод, вызывающие заболоченность), выпоты (более или менее значительная сырость в породе), пластовые выходы (истечения воды на некотором протяжении слоя). Для каждого источника, описываемого за особым номером, представляемым на карте водоносности и в полевой книжке, необходимо наблюдать и фиксировать следующее:

а) местоположение и рельеф в месте выхода источника;

б) высоту его над меженим уровнем ближайшего поверхностного водосма (озера, реки и пр.), для оврага, балки, пади и пр., а если возможно, то и абсолютную отметку места выхода;

в) стратиграфический горизонт с указанием характера породы, из которой вытекает вода;

г) условия выхода воды: 1) из рыхлой водопроницаемой породы (например:—песка, супесч), причем водоупорный горизонт не обнажается; 2) из водопроницаемой породы на контакте с подстилающей водоупорной; 3) из трещин отдельностей (диаклазы); 4) из трещин тектонических (параклазы); 5) из пещеры, каверны и пр., б) по контакту между осадочными и метаморфическими или изверженными породами;

д) тип источника: восходящий и нисходящий (необходимо иметь в виду, что нередко источники, по существу, восходящие, проявляя себя как нисходящие и наоборот, что зависит от условий выхода);

е) дебит источника, а также время, место и способ замера. Так как единичные замеры дебита источников имеют мало цены, желательны повторные замеры, что возможно при детальных съемках; по возможности собираются (опросом) сведения о дебите источника за годовой период и за разные годы (особенно засушливые);

ж) температуру воды в месте выхода;

з) физические свойства воды (цвет, прозрачность, вкус, запах, примеси, присутствие газов и пр.);

и) краткую химическую характеристику воды; для этого производится качественное химическое опробование с помощью полевой гидрогеологической лаборатории; производятся и некоторые количественные определения по капельному методу, дающие приблизительно величины, нужные для оценки воды;

к) из ряда источников (типичных, мощных) берутся 3 бутылки пробы для лабораторного анализа; бутылки тщательно закупориваются и заливаются парафином или сургучом; на бутылки наклеиваются этикетки с номером пробы, номером источника, названием партии, района и датой взятия пробы (метод взятия см. ч. II, гл. 4);

л) данные об использовании источника и каптаже: необходимо определить, связан ли источник с коренным водоносным горизонтом или инфильтрационными водами в различных покровных (алювиальных, делювиальных и т. п.) образованиях; при этом важно отмечать так называемые русловые источники, т. е. выходящие в самом русле; подобные источники иногда выходят в сухих руслах, давая начало ручьям, которые, пройдя некоторое расстояние, исчезают, далее вновь появляются и опять исчезают, обладая, таким образом, прерывистым током; наблюдения таких источников весьма важны, так как они дают указания на наличие и характер подземного тока в алювиальных отложениях.

Наиболее характерные и выдающиеся источники должны быть сфотографированы, а в рабочей книжке их описание сопровождается пояснительным рисунком.

§ 45. Изучение колодцев. Встречающиеся на пути копаные и буровые колодцы регистрируются и описываются. Отмечаются расположение колодца, размеры и характер крепления; глубина до воды; глубина колодца до дна (если определить нельзя, пользуются распросными данными); просматриваются отвалы колодца для установления пройденных пород (по возможности собираются распросные данные о рыхле колодца); определяются физические свойства воды (для ряда колодцев берутся в бутылки пробы для лабораторного анализа), температура и качество воды; собираются распросные сведения о расходе колодца; если в селениях колодцы разного типа и они расположены на разных уровнях, описывается отдельно каждый тип колодца; регистрируются и наносятся на карту имеющиеся буровые скважины,

выясняется вопрос об их глубине, времени сооружения, качестве воды наличии и месте хранения буровых журналов и образцов пород.

§ 46. Дебит источника. Для определения дебета следует применять простейший его каптаж. Для части водоносных горизонтов, привязанных к породам, наиболее важным для решения вопросов об устойчивости водохранилища, должны быть учреждены специальные гидрометрические посты с достаточно надежным каптажом выходов грунтовых вод для периодических наблюдений за изменением дебета и температуры воды, в связи с изменением поверхностных условий. Данные наблюдений на таких постах следует давать в сводной таблице, где наряду с наблюдениями на постах должны быть приведены важнейшие метеорологические сведения (см. выше), характеризующие изменения поверхностного режима. (Форма дана на табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная таблица наблюдений над колебаниями дебита естественных выходов грунтовых вод и поверхностными агентами

Год, месяц и число	Наблюдения над дебитом (Q) л/сек						Метеорологические наблюдения			
	Ключ № 1 абс. отм....		Ключ № 2 абс. отм....		Родник № 3 абс. отм....		Осадки мм	Давле- ние мм	Темпера- тура воз- духа мм	Примеча- ние
	Q	t°	Q	t°	Q	t°				

При возможности желательно еще включить графы „сток" и „испаряемость".

В примечании должно быть вписано, к каким породам относится выход, их сохранность, расстояние от места выхода до области питания, состояние выхода, его абсолютная отметка, способ учета дебита и пр.

На таких постах следует также периодически отбирать пробы воды для химического анализа, чтобы проследить изменение минерализации вод по сезонам.

Для получения достаточно ясной картины необходимо, чтобы перечисленные наблюдения на каждом посту продолжались не менее гидрологического года, вследствие чего может потребоваться продолжить эти наблюдения на время после окончания полевых работ и даже в течение и после составления схематического проекта (схемы).

§ 47. Наблюдения, вскрывающие связь режима грунтовых вод с поверхностным режимом, имеют очень большое значение и в отношении скорости процессов химической суффозии и в отношении приближенного понятия о водопроводящих свойствах пород, т. е. в конечном итоге служат разрешению вопросов об устойчивости водохранилища. Изучение колебаний зеркала грунтовых вод (в абсолютных отметках) должно производиться со всеми водоносными горизонтами, включая и верховодку, которые в будущем могут оказаться связанными с водохранилищем. Особенно детально наблюдения производятся в районе существующих и будущих сооружений, где для этого используется достаточное количество выработок, скважин и шурфов (и разборных пунктов водопользования: колодцев и пр.), расположенных так, что ими охватываются наблюдения как в долинной части рельефа в пределах затопления, так и на склонах и водоразделах выше-предела затопления, что важно для решения вопроса о площадях бу-

дущей фильтрации. В районе водохранилища такие наблюдения ставятся со значительно меньшей густотой сети пунктов, причем в большей части используются как пункты наблюдений колодцы и копанки, а при их отсутствии—закладываются шурфы и скважины, специально оборудованные (способ оборудования см. часть II, гл. 3). Все точки систематических наблюдений должны быть инструментально нанесены на карту и зановелированы.

Наблюдательную сеть надлежит располагать поперечниками к реке, на которой будут сооружаться плотины, причем на реке должны быть выставлены водомерные посты; если в поперечник входят и другие поверхностные водоемы и водотоки— водомерные посты устанавливаются и на них.

При наличии поблизости водомерных постов, которые могут быть использованы при обработке стационарных гидрогеологических наблюдений, особые посты на створах не выставляются. В горных районах, естественно, допустимая удаленность таких постов будет меньше.

Когда водомерный пост выставляется специально для гидрогеологического створа, выбирается простейшее устройство его, но обеспечивающее годовое наблюдение.

Особо следует оговорить желательность территориальной связи указанных наблюдений с наблюдениями над каптированными источниками, упомянутыми в § 41 п. „б“.

Наблюдения над колебаниями уровней грунтовых вод, при которых одновременно замеряется температура воды, производятся периодически, но не реже чем 1 раз в 3—5 дней, а во время паводков—ежедневно. Общая продолжительность наблюдений желательна в течение гидрологического года.

Инструментарий для замеров уровня воды приведен в главе 3. Результаты этих наблюдений—сводятся в таблицы (см. табл. 2) и в график, на котором изображены или колебания уровня воды по всему поперечнику в целом (один график на весь поперечник—рис. 2) или по отдельным наблюдательным пунктам, но синхронично с колебаниями уровней на реке (один график на каждый пункт—рис. 3).

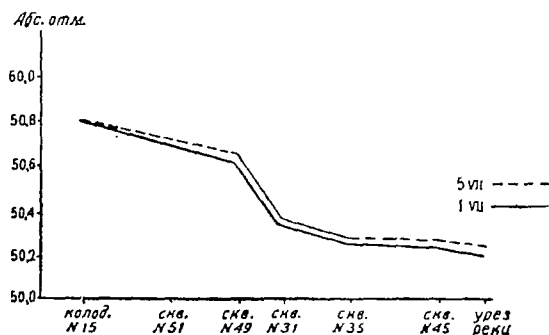


Рис. 2. График колебаний уровня грунтовых вод по поперечнику ..... сравнительно с колебаниями уровня воды в реке.

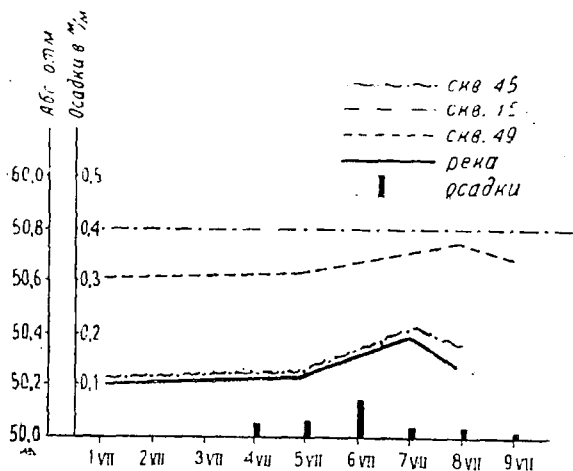


Рис. 3. График колебаний уровней грунтовых вод в отдельных выработках и в реке, сравнительно с атмосферными осадками.

Наблюдение за колебаниями уровней грунтовых вод по створу.....  
 сравнительно с колебаниями уровня реки..... и метеорологическими  
 наблюдениями

Год, месяц и число	Наблюдения за уровнями воды по поперечнику								Метеорологические наблюдения			
	Колодец №		Скваж. №		Скваж. №		в реке		осадки мм	давление мм	t° воздуха	Примечание
	h	t°	h	t°	h	t°	h	t°				

В сводной таблице все уровни должны быть даны в абсолютных отметках. Таблица сопровождается графиком (черт. 2), кроме того к ней прилагается план и ведомость расположения наблюдательных пунктов.

§ 48. Обычно весьма показательными являются зависимости колебаний уровней грунтовых вод, во-первых, от изменения поверхностных (метеорологических) условий и, во-вторых, от уровня дренирующего открытого водотока (реки). Первая зависимость дает единственный материал для суждения о возможностях фильтрации (и площадях фильтрации) в борта водохранилища и в нижний бьеф плотины, вторая — позволяет без опытных работ определить зоны наиболее водопроницаемые, что в условиях близости плотины означает и определеннее зоны наименьшей сохранности и тем самым позволяет ориентироваться при разрешении таких важных для строителей вопросов, как величина зоны съема, зоны цементации и т. п.

Таким образом этот пункт наблюдений в равной мере относится как к инженерно-геологической съемке, так и к полевым опытным инженерно-геологическим работам.

#### ОТДЕЛ XI

#### ОТЧЕТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

§ 49. Инженерно-геологическая съемка для каждого любого района должна охватить вышеперечисленные наблюдения и в результате их обработки и разведочных работ должны быть даны:

а) геологическая и литологическая карты водохранилища (в масштабе съемки) с показанием всех естественных обнажений, упоминаемых в тексте, и всех искусственных выработок с их номерами и высотными отметками.

б) то же для района плотины (в крупном масштабе съемки);

в) гидрогеологические профили по району плотины — не менее 3 поперечных (один — основной, один — в верхнем бьефе и один в нижнем) и не менее 3 продольных (по правому и левому склону долины); с показанием номеров и местоположения на них естественных обнажений и искусственных выработок.

г) гидрогеологические профили по наиболее опасным и интересным местам водохранилища, какими являются, во-первых, линии наиболее опасных путей и скоростей фильтрации, что обычно ясно из рассмотрения геологической карты (чаще всего, это „кратчайшие расстояния между водохранилищами и дренирующими понижениями нижнего бьефа“) и, во-вторых, районы, опасные в смысле устойчивости „земляных“ масс в берегах; кроме того обязательны профили вдоль водохранилища с обоих его берегов;

д) профили сохранности по поперечникам района сооружений (для составления этих профилей должны быть учтены и результаты всех опытных исследований);

е) разрезы и колонки естественных обнажений и всех искусственных выработок с нанесением литологии, возраста, водоносных горизонтов и физического состояния (сохранности и пр.) номеров и высотных отметок;

ж) таблицы и графики наблюдений, перечисленных в § 44 и 47;

з) полностью подобранная для демонстрации литологическая колонка (в особом ящике с ячейками и стеклянной крышкой);

и) колонка из образцов, демонстрирующая сохранность (физическое состояние) пород и закономерности ее;

к) полный гидрогеологический отчет (текст) с главами:

А. Обзор литературы;

Б. Орография, гидрография и геоморфология,

В. Литология района,

Г. Стратиграфия и возраст пород,

Д. Тектоника,

Е. Гидрогеология,

Ж. Выводы и резюме.

§ 50. Все полевые материалы, собранные при гидрогеологической съемке, должны быть тщательно документированы и сохранены, во всяком случае, не менее чем до конца постройки и первых 1-2 лет эксплуатации сооружения, а после — переданы в центральный геологической музей им. Чернышева в Ленинграде или в другое учреждение по указанию управления треста.

§ 51. Перечисленный объем и методы гидрогеологической съемки относятся к любому району. Следует отметить, что в районах со сложной тектоникой лишь увеличивается масштаб съемки (см. выше), а часто и необходимая площадь съемки, и особенно большое внимание обращается на исследования, направленные к раскрытию тектонических особенностей района и их влияния на сооружения и водохранилища.

## ОТДЕЛ XII

### ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

#### А. Изучение карста

§ 52. В карстовых районах следует увеличивать масштаб и площадь съемки и особенно большое внимание обращать на геоморфологические исследования и наблюдения за грунтовыми водами, а именно:

а. Выясняются проявления карстообразования, к которым относятся такие морфологические элементы, как карры, коррозийные и провалы воронки, естественные шахты, пещеры и т. п., и такие гидрогеологические явления, как уход под землю поверхностных потоков, образование подземных рек, воклюзского типа источники. Все это геолог должен фиксировать на карте и описать в полевой книжке с соответствующими изображениями, зарисовкой и документацией.

б. При изучении карров, воронок и других поверхностных форм указываются местоположение и площадь, занятая ими, и характерные особенности их морфологии. Для воронок отмечаются форма (блюдцеобразная, воронкообразная), диаметр, глубина, строение стенок, породы, в них обнажающиеся, наличие и характер наносов, присутствие вод (карстовые озерки) и происхождение их. При детальных съемках в районе сооружений должны быть зарегистрированы все

формы и случаи проявления процессов карстообразования. При менее детальных работах геолог должен дать выборочное описание подобных воронок, разделив их на основании общего обследования на ряд типов, отличающихся между собой. Важно установить связь в расположении и морфологии воронок со стратиграфическими и тектоническими особенностями (простиранне свит, линии нарушений, трещиноватость) и с рельефом земной поверхности.

в. Пещеры в случае их доступности кратко обследуются, причем отмечаются размеры и форма пещер, азимуты их направлений, породы, в которых они находятся, связь пещер с трещиноватостью, тектоникой, подземными водами, наличие и характер натечных образований (сталактиты, сталагмиты), отложения на дне пещер, следы обитания человека и т. д.

г. Помимо известнякового, доломитового и гипсового карста известны провальные явления в глинах, богатых растворимыми солями (пустынный или глиняный карст), и в лессовых и лессовидно-суглинистых породах. Эти явления должны также фиксироваться, кратко описываться и изображаться.

§ 53. Если изучение в этих направлениях карстовых областей выяснит возможность сооружения плотины в карстовом районе лишь при условии обеспечения борьбы с карстообразованием, то необходимо поставить тщательное, кропотливое изучение карста, как в естественном состоянии (по всему району), так и в искусственных лабораторных условиях. При таком изучении (в течение по крайней мере целого гидрологического года — в естественных условиях) помимо детального выяснения всех особенностей литологии, стратиграфических и тектонических элементов, гидрогеологической схемы, (о чем см. выше) необходимо выяснить:

а) режим грунтовых вод по сезонам в связи с поверхностным режимом;

б) скорости карстообразования по сезонам, т. е. количество выносимых карстовыми водами солей, полученное за счет выщелачивания минеральных частиц (за счет размывания) и влияния этих процессов на увеличение карстовых пустот;

в) влияние на скорости карстообразования всех агентов, в том числе не только воды дождевой и особенно снеговой, и степени сохранности пород, но и агентов термических, аэрологических, биологических и т. д.;

г) опытным путем выяснить направление и объем мер борьбы с карстом, ориентируясь, главным образом, на способы закрытия карста галечно-песчано-глинистой засыпкой;

д) вопрос о необходимых способах и приемах наблюдения за состоянием закрытия карста после сооружения плотины, с тем чтобы в случае появления фактов, указывающих на неблагоприятное закрытия, во-время принять дополнительные предохранительные меры.

## Б. Изучение оползней

§ 54. Следует еще особо отметить районы распространения оползневых явлений, когда они ограничивают район сооружений или когда их возникновение и развитие в отдельных районах водохранилища могут создать опасность нормальному существованию промышленных предприятий, городскому хозяйству или водному пути.

В таких районах обычные приемы и методы гидрогеологической и геоморфологической съемки должны быть значительно дополнены в отношении наибольшего использования при разведке горных выработок и колонкового бурения; кроме того здесь необходимо особо



тщательно выяснить и изучить распространение и режим грунтовых вод в связи с изменением поверхностных агентов, роль естественного лесного покрова и искусственных насаждений.

§ 55. В описании оползневых участков должны быть указаны:

1. Местоположение плановое и высотное. Описание нормального склона и его разреза.

2. Протяжение (ширина) зоны оползания, приблизительно, измеряемая вдоль течения.

3. Глубина (мощность) в горизонтальном направлении, считая вглубь берега, в верхней, самой мощной части оползня.

4. Отметка верхней части обрыва.

5. Отметка нижней подошвы оползня в смещенном состоянии.

6. Литологическая характеристика оторвавшейся массы.

7. Характер и степень нарушения целостности оползшего массива (разбит одиночными трещинами, смят, оплывины, рассыпается и т. п.).

8. Описание поверхности оползания.

9. Какой пласт по какому полз.

10. Водоносный горизонт.

11. Примерный объем оползшей массы за определенные сроки.

12. Растительный покров на оползне и в районе оползня.

13. Влияние производственной и бытовой деятельности населения, возникновение оползней, влияние оползней на целостность сооружений (зданий, дорог, мостов и пр.) и виды их разрушений и деформаций.

Особенное внимание надо проявить при прослеживании границы между пришедшими в движение массами и незатронутыми смещениями (еще здорового обрыва), так как эти наблюдения определяют ожидаемый объем земляных работ, ширину дренажной зоны и размер охранной зоны.

Оползни могут быть в алювиальном, делювиальном покрове с захватом коренных пород и поэтому должны быть охарактеризованы с этой стороны.

§ 56. Оползни и вторичные подвижки старых оползней в возрастном отношении надо классифицировать по следующим признакам-стадиям:

1. Современный оползень произошел в текущем году. Пострадал травяной покров текущего года. Сместившиеся массы и обнажившиеся поверхности смещения сильно (скользко), слабо частично размыты или совсем еще не размыты.

2. Недавние оползни. Обнажившиеся поверхности начали зарастать травяным покровом. Разрыхленный материал начал размываться. Четкость форм глыб начала сглаживаться.

3. Давние оползни. Хорошее задерновывание, появление мелких кустарников, значительный размыв, буристый вид. Размер занятой оползнем площади.

4. Древние оползни. Сглаженный рельеф. Густой кустарник, сплошной многолетний травяной покров, лес, возраст леса. Площадь оползня.

Следует отмечать наличие участков леса с искривленным (так называемый „пьяный лес“), свидетельствующих о начавшихся новых или возобновляющихся подвижках старых оползней.

§ 57. Одновременно с описанием явления оползней для тех же участков должны быть прорегистрированы водные горизонты, источники, колодцы и их питание для связи их с явлениями оползаний, противооползневые мероприятия и пр.

§ 58. Изучение оползневых явлений на участках предполагаемого строительства и населенных пунктов в районных водохранилищах в стадии проектирования схемы и выбора местоположения узла соору-

жений должно дать материал для решения вопроса о возможности борьбы с развитием оползневых явлений, а в дальнейших стадиях проектирования — для проектирования противооползневых мероприятий и расчетные для этого данные. Поэтому изучение оползневых явлений в этих целях не может ограничиваться полевыми наблюдениями, описанием оползней по их морфологическим признакам, а потребует применения ряда разведывательных работ и стационарных наблюдений.

§ 59. Главными методами при подробном изучении оползней являются:

а) закладка реперов и марок на оползневых участках и систематическая инструментальная проверка их положения по отношению к реперам, расположенным на безусловно не смещающихся участках;

б) проведение шурфов и штолен и (лишь для проверки в промежуточных точках) скважин с целью определения глубины, условий прохождения и формы поверхности оползания в циркулирующих в оползневых массивах вод;

в) закладка колодцев и скважин для длительных стационарных наблюдений за режимом грунтовых вод в оползневых склонах, за изменением их химизма в связи с жизнью оползня.

§ 60. Основной причиной оползания является нарушение равновесия масс в склонах вследствие приобретения ими крутизны большей, чем отвечающая условиям связности слагающих их пород. Происходящее первоначальное небольшое смещение (отрыв) масс по открывающимся трещинам дает доступ внутрь массивов водам метеорным или из пересекаемых этими трещинами подземных водных горизонтов. Насыщение пород водой по пути ее следования уменьшает связность пород и ухудшает условия равновесия масс. Так как при встрече с водонепроницаемым слоем естественный путь циркуляции воды будет следовать по поверхности водоупорного, нетрещиноватого слоя, то обычно поверхность оползания вверху берегового обрыва представляет собой более или менее круто секущую напластованию, а глубже она следует поверхностям напластования.

§ 61. Шурфы приобретают преимущественное значение при изучении оползней с полого падающей поверхностью оползания. Штольнями скорее и дешевле решаются задачи при крутом падении поверхности оползания.

Так как оползание масс на крутых склонах происходит зачастую последовательно отделяющимися от кручи частями по самостоятельным криволинейным поверхностям, разбивающим оползнь на чешуеобразно друг за друга заходящие части, то одним шурфом или одной штольной приходится иногда пересекать несколько поверхностей оползания. В случае шурфовочной или шахтной разведки эти обстоятельства следует предусмотреть при проектировании метода проходки, обеспечив ее достаточными водоотливными средствами (особенно при проследивании оползней ниже уровня реки) и достаточным креплением.

§ 62. Кроме тщательной зарисовки искусственно обнаженных пород в шурфах и штольнях, необходимо изучение состояния грунтов и их связности. В простейшем случае, с этой целью отбираются образцы для определения естественной влажности и пластичности.

Если оползающий или угрожающий оползанием массив может попасть в условия промачивания его при подпоре воды в реке, изменение условного равновесия его будет зависеть не только от изменения связности слагающих пород, но и от изменения их веса, вследствие насыщения пород водой при подъеме уровня грунтовых вод и капиллярного насыщения. Для оценки роли этих явлений необходимо изучить на монолитных образцах пористость, объемный вес и

влагоемкость, полную и капиллярную. Для этого из шурфов и штолен должны браться образцы-монолиты.

§ 63. Проектирование противооползневых мероприятий невозможно, если не будет совершенно отчетливо установлена картина питания оползневого склона водами. Поэтому все усилия должны быть направлены на то, чтобы установить источники поступления воды в массивы оползневого склона и пути ее циркуляции.

Для этого все типы вод в районе оползневого косогора—источников, колодцев, из реки, ручьев и речек, из шурфов и скважин и пр.—должны быть химически изучены, разбиты на химические типы (по Пальмеру) и сопоставлены.

§ 64. Существенный материал для изучения оползней дает установление связи режима вод в оползневых массах с режимом вод источников реки, метеорными водами и подвижками оползней. С этой целью шурфы и скважины, проходимые при разведывательных работах, а также проходимые специально по использованию их по своему первоначальному назначению, должны быть оборудованы для стационарных наблюдений за режимом вод. Способ оборудования может быть тот же, что и указанный для сетей в районах подтопления.

Так как при устройстве пунктов наблюдений за режимом подземных вод самым дорогим является рытье шурфов, а оборудование их деревянными дощатыми перфорированными трубами с гравийной обсыпкой, также как и организация периодических замеров уровней стояния вод, обходится дешевле, то по возможности должны быть использованы все ценовые разведывательные шурфы.

Наблюдение надо проводить над водами всех поверхностей оползания и встречных водных притоков. Часто ограничиваются использованием лишь части имеющихся шурфов, полагая ту или иную схему расположения и число выбранных на глубине точек наблюдения достаточными при выявлении картины водного режима в оползневых массивах. Такой путь может привести к искусственному подбору фактов, якобы подтверждающих принятую исследователями схему циркуляции вод. Между тем движение и питание вод оползневых участков могут быть чрезвычайно сложны, и, заранее упрощая систему наблюдений, мы закрываем пути к их пониманию.

§ 65. Значительные трудности представляет изучение подводной части оползней и оползней с поверхностью оползания, выходящей ниже уреза вод реки даже в меженный уровень. В первом случае почти единственным способом является применение так называемого структурного бурения (с отбором образцов-монолитов); при этом особенно желательна изучение структуры и всех морфологических черт извлекаемых образцов монолитов.

Для изучения поверхностей оползания, выходящих ниже уреза реки, надо использовать зимнее время и летний межень; но и в этом случае нельзя забывать о неизбежности значительного водоотлива.

§ 66. Зарисовка напластований и всех наблюдений в стенках разведывательных оползневых выработок должна быть представлена в виде разверток, с тщательной зарисовкой состояния пород.

Системы выработок оползневого участка должны быть связаны в сводные разрезы с указанием поверхностей оползания и с сопоставлением сложения оторвавшихся масс с несмещенным массивом.

Подсчет условий равновесия смещенных масс может дать материал для определения размера потребных противооползневых приемышек у подошвы склона (конечно, обязательно водопроницаемых).

§ 67. В результате изучения оползней должен быть составлен специальный очерк или глава общего отчета, посвященные описанию оползневых явлений, прогнозу режима их при повышении уровня в

реке и уровня под земных вод, и предложены меры борьбы с влиянием оползаний (профилактические и принципы оползнеустойчивой конструкции сооружений). К очерку должна быть приложена специальная оползневая карта в крупном масштабе (1:2000, 1:1000 или даже 1:500).

## **В. Изучение в районах с просадками и глиняным и лессовым карстом**

§ 68. Описание форм рельефа, возникающих в результате деформаций лессовых грунтов, должно производиться особенно тщательно. При изучении осадок вдоль каналов надлежит отмечать:

1. Распространение явлений осадок (непрерывное, прерывистое) по магистралям, распределителям, оросителям.

2. Ширину полосы вдоль каналов, охваченную деформациями.

3. Зависимость распространения и ширины деформирующейся зоны от общего характера рельефа и геологического строения.

4. Симметрию и асимметрию в развитии осадок по отношению к каналу.

5. Характер трещин, очерчивающих оседающие массивы; протяженность, ширину и глубину трещин; характер их стенок; развитие их в целом и насыпном грунте.

6. Признаки размыва стенок трещин и размыва по трещинам (образование шахт и галерей, см. ниже карстовые явления).

7. Наклон поверхностей оседающих массивов (целого и насыпного грунта): амплитуду смещения отдельных терас оседания.

§ 69. Характеристика деформаций в местах прорыва каналов делается по следующей схеме:

а. При описании деформаций в работе сооружений, помимо характера осадок в различных местах их, надлежит описывать и повреждения в различных частях сооружений.

б. При изучении осадок на мелкой и мельчайшей сети, равно как и на орошаемых полях, необходимо установить связь между деформациями и норами землероев.

в. Описание следует сопровождать фотографированием и зарисовкой в плане и профиле типичных участков. Наилучшим способом являются, конечно, инструментальная съемка и нивелировка типичных участков. Желательна повторная нивелировка. При составлении поперечных профилей нивелировка обязательно должна выходить за пределы зоны возможных деформаций и опираться на репера, установленные в безусловно устойчивых местах.

г. Опросные сведения должны установить время первого пуска воды по каналу, время появления первых признаков деформаций и ход последних. Большой интерес представляют акты технических осмотров мест повреждений.

§ 70. Изучение карстовых явлений в лессе сводится к следующему:

1. Дается описание элементов карстового рельефа (шахт, подземных галерей, слепых оврагов и т. д.), зависимость и расположение этих элементов по отношению к основному рельефу участка.

2. При описании шахт отмечаются расстояния их от обрыва или склона, диаметр, глубина, характер стенок и дна, признаки размыва и оседания грунта, наличие выводящей галереи.

3. При описании галерей отмечаются соотношение ее с другими элементами, протяженность, форма и размеры поперечного сечения, очертания в плане, продольный профиль, признаки размыва по дну.

4. При описании карстовых оврагов—протяжения и очертания в плане, продольный и поперечный (в различных частях оврага) про-

фили, характер склонов, наличие подземного и поверхностного размыва по склонам и в голове оврага, наличие и характеристика образующихся целинным грунтом, характер выводного отверстия (галерей).

При описании выводных отверстий, галерей и оврагов чрезвычайно существенно отметить наличие или отсутствие признаков выноса размываемого грунта (плоских копусов выноса).

§ 71. Описание форм рельефа сопровождается тщательным изучением геологического строения, описанием обнажений и отбором образцов грунта с последующей лабораторной обработкой последних.

Ввиду новизны вопроса приведенные выше указания нельзя считать исчерпывающими. Необходимо предварительное ознакомление еще и с литературой.

§ 72. Современные представления о причинах образования просадок при их промачивании еще очень не полны. Установленным можно считать, что существенное значение в данном случае имеют малая плотность породы и присутствие в ней воднорастворимых солей, играющих роль цемента, скрепляющего частицы и их пористые малоплотные структурные образования, легко разрушающиеся при промачивании их водой, и способность грунта уплотняться при смачивании водой.

§ 73. Вследствие этого наиболее существенным при изучении пород, в которых можно ожидать развития просадок (это будут разные виды лессов), будет определение:

- а) объемного веса и пористости пород,
- б) их механического состава,
- в) минерологического состава,
- г) содержания и состава воднорастворимых составляющих и поглощенных оснований,
- д) капиллярных свойств пород до и после просадок,
- е) влияния на структуру пород природных растворов разного состава, свойственных изучаемому району (подземные воды, иригационные воды, метеорные и пр.).

Определения производятся как на целинных грунтах, так и на подвергшихся деформации в результате промачивания.

Исключительно важно иметь в большом количестве образцы-монолиты, для чего предусмотреть закладку шурфов и структурное бурение.

§ 74. При изучении просадочных явлений на существующих водотоках применяются разведочное бурение и шурфовка. Глубина скважины доводится до 20—25 м и во всяком случае не мельче, чем на 2—3 м ниже подошвы комплекса пород, по общему характеру могущих оказаться просадочными. Шурфы доводятся до глубины 15—20 м. Образцы берутся не реже чем через 0,5 м.

Определение изолиний промачивания на существующих каналах проводится путем: 1) заложения буровых скважин по поперечникам в пределах зоны проникновения гравитационных и капиллярных вод из канала и 2) определения влажности образцов грунта.

§ 75. Весьма полезным, хотя иногда и дорогостоящим, является устройство искусственного промачивания грунтов в опытных выемках с систематическим периодическим отбором образцов монолитов из разных глубин для изучения хода изменения структуры, объемного веса, влажности и состава воднорастворимых.

Постановка опытов по промачиванию грунтов производится с помощью ямок, различных по величине поперечного сечения при различной толщине слоя воды. Длительность большинства опытов колеблется в пределах одних суток. Однако необходимо поставить хотя бы несколько опытов с котлованами на протяжении месяца и больше.

Опыты ставятся как на угрожаемых участках, так и там, где можно ожидать полной устойчивости грунтов. После окончания опытов устанавливаются изолинии промачивания и отбираются образцы. Последние подвергаются в лаборатории определениям пористости, химического состава и влажности. Необходимы параллельные определения для аналогичных целинных грунтов.

Кроме того ведутся определения коэффициента фильтрации, а также изучение изменений физического и химического характера грунтов в зависимости от длительности промачивания и других факторов.

Определение капиллярных свойств необходимо производить предварительно методом для грунтов с ненарушенной структурой.

§ 76. Указанные требования при изучении просадок заставляют очень существенное внимание обратить на организацию изучения физических и химических свойств грунтов. При изучении водных свойств грунтов надо применять те воды, которые будут промачивать грунты в условиях работы сооружений<sup>1</sup>.

#### отдел XIII

### ПОИСКИ И РАЗВЕДКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

§ 77. Выяснение запасов и способов эксплуатации естественных строительных материалов должно обязательно включаться в систему инженерно-геологических исследований под плотинами и водохранилища, что тем более легко по той причине, что это выяснение ставится не как отдельная задача, а как один из практических выводов в результате инженерно-геологической съемки и соответствующих опытных лабораторных исследований.

Выяснение запасов и способов эксплуатации естественных „каменных“ строительных материалов распадается по последовательности на поиски и разведки.

#### А. Поиски

§ 78. Цель поисков—отыскание месторождений полезных ископаемых, причем производство поисков распадается на 3 последовательных стадии, являющихся частью гидрогеологической съемки:

- а) нахождение признаков полезных ископаемых;
- б) производство систематических поисков только на той площади, где эти признаки находятся;
- в) изучение найденного месторождения для определения его типа, формы и условий залегания; параллельно берутся образцы для изучения их в лаборатории;
- г) на основании результатов изучения месторождения решается вопрос о целесообразности постановки детальной разведки, причем необходимо учесть всю сумму экономических условий.

Основным методом поисков полезных ископаемых является:

- а) опрос местного населения (главным образом местных организаций);
- б) сбор архивных и литературных материалов;
- в) тщательный осмотр и регистрация всех следов горных работ;
- г) детальное обследование участков, которые по своим геологическим данным являются обещающими; при этом тщательно осматриваются, описываются и наносятся на карту обнажения как естествен-

<sup>1</sup> Литература о методах изучения просадок очень невелика. Некоторые методические указания даны в следующих статьях: 1) Батыгин В. И. „К методике оценки просадочности глинистых грунтов“ в журнале „Геология на фронте индустриализации“. Изд. Сев.-кав. геол. разв. треста. Новочеркасск. 1933 г. № 2; 2) Решеткин М. М. „К программе изучения деформаций лессовидных грунтов на пригационных системах“. Изд. Узподземвод. Вып. I. Ташкент. 1932 г.

ные, так и искусственные, осматриваются выбросы кротовых и суржовых нор, щебень и галька; иногда задаются расчистки, канавы, закопушки, зондировки, в особенности в стадии изучения месторождения;

д) геоморфологические исследования, входящие в состав гидрогеологической съемки, также нередко дают указания на нахождение тех или иных месторождений например заболоченность свидетельствует о развитии глинистых пород, рельеф плоский или слабо холмистый—о развитии мягких пород и т. д.

§ 79. При изучении месторождения необходимо учесть, что практическое значение пласта зависит от его протяженности и мощности, однородности сложения и трудности эксплуатации.

При дальнейшем описании пород, годных к употреблению в качестве строительных материалов, рассматриваются отдельно породы осадочного, метаморфического и изверженного типа.

#### Осадочные породы

§ 80. Песок. По составу разделяется на чистый кварцевый, известковый, железистый, глинистый и т. д.; по величине зерен делится на

крупный песок с диаметром зерен	0,5—1 мм
крупнозернистый песок с диам. зерен	0,5—1 мм
среднезернистый " " "	0,25—0,5 мм
мелкозернистый " " "	0,05—0,25 мм

По месту нахождения и форме зерен пески разделяются так:

а) горный, который добывается с возвышенных мест; имеет резко угловатую форму и разную крупность;

б) овражный, менее угловатый, засоренный глинистыми и землястыми примесями;

в) речной, более чистый нежели предыдущие, окатанный, разной крупности;

г) озерный, как и речной, лишь более мелкий и чистый;

д) морской, разной крупности, окатанности и чистоты в зависимости от строения берега и близости устьев реки, часто с примесью перебитой морской ракушки.

Чистоту песка определяют, растирая его пальцами (на пальцах не должно оставаться частиц глины) или отмывая пробу в стакане воды (вода не должна становиться мутной).

Песок применяется: 1) в качестве примеси для известковых, глинистых и цементных растворов; 2) при производстве бетона; 3) для фильтров; 4) при устройстве дренажей, 5) для насыпей и 6) для устройства перекаток.

Для глинистого раствора требуется мелкий, угловатый, кварцевый песок.

Для известкового раствора требуется песок разной крупности зерна.

Содержание глины не должно превышать 10%.

Для цементного раствора и для бетона применяют песок разной крупности зерна с модулем мелкости не ниже 1,5 и не выше 4,75.

Наиболее подходящим стандартом песка для строительных целей будет такой, у которого при просеивании через сито с отверстием

5 мм	проходит	100—75%
1—2 мм	"	80—45%
0,3 мм	"	45—30%
0,15 мм	"	5—0%

Содержание глины и ила допускается не более 5%, причем пески, загрязненные илом и глиной, должны быть обогащены. Вредные примеси в песках—известняк, растительная земля, бурый уголь, торф, растительный перегной. Органические примеси определяются так: 120 см<sup>3</sup> песку насыпают в бутылку емкостью 300 см<sup>3</sup> из белого стекла с притертой пробкой, добавляют 80 см<sup>3</sup> 3%-ного раствора едкого натра, взбалтывают смесь и дают ей отстояться 24 часа. Если после этого раствор окажется бесцветным или слегка желтым,—песок признается вполне годным. Для устройства дренажей употребляется крупный песок. Песок, употребляющийся для насыпей, не должен содержать большого количества ила, растительной земли, торфа и прочих органических примесей. Наилучшим считается крупнозернистый песок.

Для устройства подсыпки и временных перемычек наиболее подходящими надо считать неравнозернистые, глинистые пески.

§ 81. Гравий, применяемый как строительный материал (размер зерен от 2 до 40 мм), должен состоять из твердых изверженных пород. Примесь известковых пород допускается до 3%, глины и песка до 5% каждого. Угловатый гравий лучше окатанного.

Испытания производятся следующим образом:

а) количество глины и других примесей определяется путем отмучивания в градуированном сосуде или обыкновенном стакане;

б) крупность зерна определяется пропусканием через грохот (сито);

в) примесь известняка и других мягких пород—простым отбором взятых проб и установлением процентного отношения.

Применяется гравий в бетонных постройках, для фильтров и при устройстве дренажей.

§ 82. Песчаник. В зависимости от характера цемента различают глинистые, известковистые, гипсовые и кремнистые песчаники.

Характер цемента определяется при помощи соляной кислоты и твердой стальной иглы (известковый цемент вскипает, кремнистый не царапается иглой, доломитовый вскипает при нагревании или в порошок, гипсовый царапается иглой, но не вскипает).

Наиболее твердыми являются кремнистые песчаники. При изучении месторождений следует иметь в виду, что в песчаниках особенно часто наблюдаются резкие изменения свойства как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении (в отношении величины зерна, цементирующего вещества и пр.) Для определения строительных качеств необходимы технические испытания на сопротивление, раздробление, водопоглощаемость и т. д.

Применяется песчаник как бутовый и строительный камень, а наиболее крепкие разновидности—как облицовочный камень.

§ 83. Глины как полезное ископаемое имеют широкое применение. Определение свойств производится путем химического и механического анализа. Состав и характеристика глин часто даже в пределах одной залежи непостоянны, что необходимо учитывать при изучении залежей.

При описании глин отмечают цвет, пластичность, присутствие примесей, однородность строения и тип глины.

Глина применяется для кирпичного производства, для устройства замков, земляных плотин, для насыпей и т. д.

а) Кирпичная глина может содержать песку до 30%. Вредные примеси—камни, минеральные осколки и СаСО<sub>3</sub>—в виде включений. В мелко раздробленном состоянии и при равномерном распределении примесь Са допускается до 30%.

б) Огнеупорные глины обычно серого или белого цвета, обладают высокой температурой плавления. Для определения качества глин, кроме химического и механического анализа, необходимы технические испытания для определения температуры плавления глин и пр.



в) Глина для замков плотин должна быть очень жирной. Вредные примеси—гипс, серный колчедан, растительная земля, торф и Са. Иловатые глины непригодны.

г) Глины для насыпей могут содержать пески до 50%. Иловатые глины непригодны. Вредные примеси—гипс, известь, серный колчедан, растительная земля, торф, бурый уголь.

д) Суглинки применяются для насыпей. Наилучшими будут тощие суглинки с примесью крупного песка.

§ 84. Известняки применяются как бутовый и строительный материал для извести, цемента и т. п. Плотные и тонкозернистые разновидности ценны как строительный материал, но мало годны для обжига, требуя много топлива. Вредные примеси—пирит в мелкораспыленном состоянии. Скопление колчедана в виде зерен, желваков, конкреций менее опасно.

Необходимо учесть, что слон сильно изменяются иногда в горизонтальном и вертикальном направлениях. Породы, сильно разбитые трещинами, как стройматериал не годятся.

Один из основных признаков известняка—легкое вскипание от соляной кислоты.

§ 85. Мергель применяется как бутовый материал для извести и цемента. Признаки: вскипает от соляной кислоты, оставляя грязное пятно. При дуновении издает запах глины.

§ 86. Доломит применяется в тех же случаях, что и известняк. В поле он от известняка отличается: 1) вскипанием от соляной кислоты только в порошок или при нагревании; 2) изломом (у доломита излом с характерным мерцающим блеском, у известняка матовый, ровный); 3) поверхностью выветривания (у известняка гладкая, плотная; у доломита особый желтовато-серый, пепельно-серый или беловатый порошок, вскипающий от соляной кислоты). Пласты известняка нередко переслаиваются с пластами доломита.

§ 87. Асфальт черного цвета, с смоляным блеском, раковистым изломом. Твердость 1—2. Легко воспламеняется. Употребляется для добычи строительного асфальта вытапливанием из известняков или доломитов, пропитанных битумами.

§ 88. Гипс. В поле определяется по незначительной твердости. Применяется в строительном деле для штукатурки, лепных украшений и т. д. в качестве добавки к портландцементу.

§ 89. Трепел—легкая мучнистая порода, имеет важное значение для строительства. Применяется как добавка к цементам, извести и для изготовления легковесного кирпича.

#### Метаморфические породы

§ 90. Мрамор хороших сортов применяется как дорогой строительный камень. Менее ценные мраморы идут на обжиг для получения извести. Большое значение имеют его зернистость и прозрачность. Качество мрамора часто снижается трещиноватостью, неоднородностью строения, отсутствием сцепления зерен и различными включениями (например сернистых соединений, кварца и пр.). Местами мрамор—настолько распространенная порода, что может являться обычным строительным материалом.

#### Изверженные породы

§ 91. Эти породы применяются как бутовый, строительный и облицовочный материал и поэтому одновременно должны быть и прочными и поддающимися обработке. Наиболее прочными являются мелкозернистые породы с более или менее одинаковым размером

зерен. Большое значение для строительных качеств имеют минералогический состав, структура и свежесть породы и тип трещиноватости (например порода, разбитая трещинами на мелкие куски, негодна). Вредные примеси—пирит, оливин.

*Примечание.* В перечне пород, как и выше, указываются лишь породы, наиболее часто употребляемые.

Гранит и диорит употребляются для облицовки и как строительный и бутовый камень. Наилучшими являются мелкозернистые разновидности. Большое значение имеет расцветка гранита.

Базальт употребляется для закрепления откосов, фундамента, мощения и бута. Признаки хороших базальтов: темный цвет, равномерные зерна, основная масса с трудом царапается стальной иглой.

Кварцевые порфиры и липариты при плохой сохранности применяются лишь в качестве бута, а в свежем состоянии как строительный камень. Наиболее стойки те разновидности, у которых основная масса количественно значительно превосходит вкрапления.

## Б. Взятие образцов

§ 92. Поиски строительных материалов должны быть закончены отбором образцов для механического и химического анализов, а также для технологических испытаний.

Образцы берутся из разных горизонтов, причем обнажения или выработки зарисовываются, и на рисунке отмечаются место взятия образцов, их номер. Образцы берутся разных размеров в зависимости от испытаний, для которых они предназначены. Так:

а) для определения стойкости пород на замораживание нужны кубики размером  $7 \times 7 \times 7$  см; б) для определения сопротивления камня раздроблению нужны кубики размером  $5 \times 5 \times 5$  см, для очень твердых пород;  $7 \times 7 \times 7$  см.— для пород средней твердости и  $10 \times 10 \times 10$  см.— для мягких.

## В. Разведка

§ 93. Цель разведки — определение качества и количества полезного ископаемого, после того как поиски ориентировали направление разведки.

Разведку как рыхлых, так и связанных стройматериалов можно производить поверхностными выработками (канавы, расчистки, закопушки), шурфами и буровыми скважинами.

Выбор способов разведки определяется мощностью наносов, углом падения пород, а также их крепостью и водоносностью.

*Примечание.* Желательно, чтобы разведка стройматериалов горными выработками велась без водоотлива.

Разведка поверхностными выработками применяется при наибольшей глубине наносов для прослеживания месторождения по простиранию.

Разведка шурфами применяется для мелких рыхлых и сыпучих пород при неслишком большой глубине наносов и горизонтальных или полого падающих пластах. Шурфы двух соседних разведочных линий располагаются или в шахматном порядке или в углах прямоугольников.

Разведка бурением применяется как для мягких, так и для твердых пород при мощных наносах, но так как разведка этим способом часто дает не совсем ясные результаты, необходимо задавать контрольные шурфы, что важно в особенности для выяснения качества стройматериалов.

§ 94. При проведении разведки необходима точная документация выработок. В случае буровой разведки пробы отбираются нормально (см. выше главу III); при разведке же горными выработками пробы берутся с таким расчетом, чтобы количество их соответствовало среднему качеству всей той массы ископаемого, от которой они взяты.

Обычный метод взятия пробы—борозда (канавка). Глубина ее от 1,5 до 15 см. Ширина от 3 до 30 см. Проводится обычно борозда перпендикулярно к простиранию и падению пород в стенках выработок. Материал с каждого метра борозды собирается на подстилаемый брезент, а затем собирается в мешочки. Иногда берется часть пробы, отделяемая тем или иным способом, например перелопачиванием.

§ 95. Подсчет запасов производится на планах и разрезах, на которые наносятся все выработки. Для подсчета необходимо знать контуры месторождений, что определяется выходами ископаемого на поверхность и разведочными выработками. Подсчет запасов производится одним из следующих способов:

а) способом среднего арифметического: произведение средней мощности пласта на площадь и на средний удельный вес;

б) способом треугольника: точки входа (и выхода) в ископаемое каждых трех ближайших разведочных выработок соединяются так, чтобы соединительные линии не пересекались; в результате площадь ископаемого разбивается на треугольники (желательно, чтобы они были близки к равносторонним), а его объем—на трехгранные призмы; сумма объемов отдельных призм дает запас ископаемого в кубометрах.

в) способом многоугольника: объем ископаемого делится на многогранные призмы, для чего каждая разведочная выработка соединяется линией с другими, соседними с ней; затем конечные точки полученных линий очерчивают вокруг данной выработки многоугольник; запасы подсчитываются как сумма объемов отдельных призм; этот способ применяется при неравномерном распределении выработок;

г) способом параллельных сечений (плоскостями разведочных выработок, если они параллельны или близки к параллельным) ископаемое разделяется на участки (трапеции); площадь каждой вертикальной трапеции равна полусумме мощностей в двух соседних выработках, умноженной на расстояние между ними; объем ископаемого между двумя сечениями равен полусумме площадей сечений, умноженной на расстояние между ними).

Таким образом выбор способа подсчета определяется количеством и распределением разведочных выработок и характером изменения ископаемого.

§ 96. При поисках и разведках необходимо учитывать, что выбор и назначение к эксплуатации естественных „каменных“ строительных материалов зависят не только от свойств самих материалов, но также и от экономических условий добычи и доставки их к месту сооружений.

#### ОТДЕЛ XIV

### РАССТАНОВКА СИЛ И ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО СЪЕМКЕ

§ 97. Для производства геологосъемочных работ формируется специальный отряд.

Примечание. Геологический отряд в системе Гидроэлектростроительства в отношении технико-производственном отвечает геологической партии в системе Союзгеологразведки.

## Нормальный состав отряда следующий (при съемках вдоль реки):

Начальник отряда гидрогеолог или инженер-геолог . . . . .	1
Прорабы-съемщики (гидрогеологи или инженеры-геологи) . .	2
Коллекторы . . . . .	3
Лаборант . . . . .	1

При съемках крупного масштаба на местах сооружений число прорабов-съемщиков удобно увеличивать, так как геолог в этом случае может контролировать работу большего числа прорабов.

§ 98. Работникам предъявляются следующие требования (квалификация работников):

1. Геолог должен вполне владеть методом съемки, знать в объеме курса высшей геологической школы все основные геологические дисциплины. Практический стаж по полевым геолого-съемочным или поисковым работам обязателен (два-три года работы коллектором или прорабом).

2. Прораб-съемщик—знание основ методики съемки, основ учения о рудных и нерудных ископаемых и гидрогеологии; освоение в объеме курса высшей геологической школы следующих геологических дисциплин: общей геологии, палеонтологии, петрографии, исторической геологии и структурной геологии. Практический стаж—работа коллектором (не меньше 2 лет). Как правило, прорабом может быть либо молодой—окончивший высшую школу специалист, либо студент старших (4 или 5) курсов или техник-геолог.

3. Старший коллектор—знание основ исторической и структурной геологии, курса общей геологии в объеме высшей школы; умение различать главные породы, работать с горным компасом и описывать обнажения; чтение топокарты и ориентировка на местности. Обязателен коллекторский полевой стаж в поисковой или съемочной партии (не меньше сезона). Для студента эти требования соответствуют 3—4 курсу.

4. Младший коллектор—основные сведения по геологии (знание в объеме 1—2-го курсов геологоразведочного втуза). Практический полевой стаж необязателен.

Из этих требований вытекает объем работ, который может быть поручен тому или другому работнику.

§ 99. Так как во всех случаях съемка сопровождается горными работами, в составе съемочного отряда должны быть буровой и шурфовочный отряд во главе с прорабом (буровым мастером и десятником по горным работам). Размер этого отряда (число буровых комплектов, бурмастеров, рабочих) должен быть таков, чтобы он поспевал с проведением выработок за съемщиками. Отставание в проведении искусственных выработок удорожает съемку и ухудшает качество работы, так как не дает сразу весь материал для освещения геологии местности.

§ 100. Химические анализы воды должны в большей части делаться на месте в походных лабораториях типа ЦНИГРИ, Бутырина или собственных наборов. При съемках крупных масштабов, когда перемещения базы происходят редко, можно устраивать гидрохимические лаборатории более полные чем полевые, переносные.

Часть образцов вод более важных источников и притоков из выработок отсылается в лаборатории стационарного типа.

§ 101. Прораб-съемщик производит съемку. Геолог-начальник отряда проверяет его работу на месте, частью и коллекторов и лично описывает важнейшие разрезы и маршруты.

В процессе работы все работники отряда обязаны ежедневно отчетываться перед начальником отряда. После возвращения с поля

(как правило, оно должно происходить к 5 час. по полудни, и время работы в поле должно ограничиваться 8 час.) в тот же день, весь собранный за день материал разбирается и приводится в порядок для чего дневным распорядком должно быть установлено своевременное возвращение поля и предусмотрено соответствующее время. Все образцы этикетированы и упаковываются коллекторами. Начальник отряда (и прораб) переносят все описанные за день точки с полевого экземпляра карты на белой, хранящийся в палатке. В дневнике подводятся итоги работы за день и записываются все соображения и выводы, которые могут быть сделаны на основании собранного материала.

При этом прораб или старший коллектор, если он делает самостоятельные маршруты, показывает как образцы, так и свои записи начальнику отряда и делает устное сообщение о сделанном за день. На основании просмотра материалов и этого сообщения геолог делает соответствующие записи в своей полевой книжке и исправляет, дополняет намеченный ранее план работы ближайших дней.

Номерация описываемых точек и образцов для всего отряда должна быть общая.

К концу работы все полевые книжки и карты сотрудников отряда должны передаваться геологу в таком виде, чтобы они легко читались и не вызвали никаких недоумений при просмотре во время камеральной обработки.

## ГЛАВА II.

# ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА ПРИ ПОМОЩИ БУРОВЫХ И ГОРНЫХ РАБОТ

### ОТДЕЛ I

#### СЛУЧАИ И ВИДЫ ПРИМЕНЕНИЯ БУРОВЫХ СКВАЖИН И ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

§ 1. Наибольшее количество разведочных выработок должно быть отнесено к району гидросооружений (плотины, станции) и меньшее по числу выработок на единицу площади (а часто и в абсолютном количестве)—к водохранилищу и прилегающим районам съёмки.

Расположение буровых скважин зависит от этапа проектирования, для которого производится разведка. Так, при изысканиях для рабочей гипотезы расположение скважины выбирается в точках, для которых надо вскрыть геологическое строение отдельных форм рельефа; в стадии изысканий для схемы, скважины располагаются на площади, намечаемой для узла сооружений (плотина, станция, плузы, деривация и пр.), частично ориентируясь по проектным трассам, а также на участках и в точках, изучение которых наилучшим образом вскрывает общегеологическое (стратиграфическое, литологическое и гидрогеологическое) строение района съёмки; для стадии эскизного проекта разведывательные работы ведутся по трассам сооружений, имея назначением выявить геологическое строение в конкретно выбираемых местах расположения сооружений.

§ 2. В районе сооружений плотины должны быть детально разведаны:

- а) основной поперечник по оси плотины;
- б) один или несколько поперечников в нижнем бьефе;
- в) один или несколько поперечников в верхнем бьефе.

Цель заложения разведочных выработок на поперечниках нижнего и верхнегобьефов—получение данных по инженерно-геологическим условиям сооружений, с тем чтобы, во-первых, избрать наиболее удовлетворительный поперечник для сооружения плотины, ориентируясь как по гидрологическому комплексу, так и по физическим свойствам пород, и, во-вторых, дать строителям настолько точные профили и карты, которые позволили бы запроектировать направление и объем строительных и земляных работ и прочно обосновать выбор мест для отдельных сооружений.

§ 3. Основной поперечник (по оси плотины) разведывается с наибольшей детальностью, причем применимы здесь все виды разведочных выработок: буровые скважины, шурфы и дудки, канавы, штолы и с рассечками и газенками и, наконец, шахты с галереями. Необходимость закладки того или другого типа выработки зависит от этапа проектирования, литологических условий района и от тектоники и условий рельефа.

Там, где литологический комплекс должен быть просмотрен не только в образцах, изъятых из породы, но и непосредственно в залежании, т. е. в случаях трещиноватых пород, пород, смещенных оползнями, обвалами и пр., или тектоническими нарушениями, пород, с карстом грунтов, содержащих растворимые составляющие, и в случаях местной невыдержанности стратиграфических схем, необходима закладка горных выработок; во многих остальных случаях достаточно бывает буровых скважин того или другого типа.

В отношении влияния рельефа на ход разведок надо иметь в виду, что разведкой должны быть освещены все характерные места рельефа по тому и другому берегу, причем количество выработок или скважин и их взаимное расположение варьируют в зависимости от геологических условий поперечника и ширины долины.

§ 4. Разведочными выработками должны быть исследованы в отношении литологического состава, сохранности и водоносности все залегающие по поперечнику литологические комплексы до глубины, равной двойному и даже двухсполовинному предполагаемому напору воды на плотине. В случае, если хорошо сохраненная зона по всему профилю или в некоторых его частях окажется еще не пройденной разведочными выработками указанной глубины, на этих частях профили выработки должны быть углублены в зону хорошей сохранности пород метров на 10.

§ 5. Количество, характер и глубина разведочных выработок варьируют в зависимости от всех перечисленных условий и, прежде всего, должны удовлетворять требуемой степени подробности исследований для данного этапа проектирования. В основном при выборе места и типа выработок можно руководствоваться следующими соображениями:

а В русловой части применимы преимущественно скважины, причем в части наносов и валунно-галечных отложениях бурение ведется ударным способом; в коренных просдах, особенно в каменных сливных, массивных породах, а также и плотных глинах необходимо переходить на колонковое бурение.

Диаметр керна не должен быть менее 63 мм, коронка 68 мм.

Колонковое бурение важно также при необходимости выяснить степень слоистости или трещиноватости пород и средней плотности.

При изучении подплотинной части в трещиноватых, карстовых и др. сильно фильтрующих комплексах и в некоторых других случаях в стадии изысканий для технического проекта (а иногда и для стадии эскизного проектирования) применяются шахты с галереями, отходящими из них в подрусловую зону. Из галереи проводятся зухорты и скважины в разные стороны, причем часть из них направляется вверх для определения глубины трещиноватой зоны под руслом и точного определения глубины древнего размыва, прикрытого сверху глыбами и валунами, затрудняющими проведение скважин через мощный слой их (т. е. производство разведки глубины размыва сверху). (Методические указания см. § 33 этой главы).

Примечание. Разведка при помощи шахт и штолен в случае особо высокой их стоимости требует особого внимания к этому вопросу при рассмотрении программ работ в управлении треста.

б: В пониженной, пойменной части долины, а равно и на склонах и по выходе на верхнюю кромку обреза берега применимы как скважины, так и шурфы. Последние вообще предпочтительнее для уточнения литологического разреза, тектоники и выяснения физических свойств горных пород. Очередность и место закладки скважин и других выработок устанавливаются геологом.

Следует иметь в виду, что шурфы, и шахты, штольни необходимы не только для разведочных работ, но и для организации в них опытно-

ных работ по выявлению водопроявляющих и физико-механических свойств пород.

в. На крутых склонах долины должно быть заложено такое количество выработок, которое дает возможность составить гидрогеологический и литологический разрезы этих участков.

Число скважин зависит от крутизны склона. Обычно необходимо еще по 1—2 горной выработке в каждом плече плотины. При крутых склонах горными выработками являются штольни, при пологих—шурфы. Эти выработки являются основными, ориентирующими в вопросе сохранности пород в местах примыкания плеч плотины, т. е. в вопросах фильтрации, устойчивости и зон съема и укрепительных работ.

§ 6. Штольни располагаются так, чтобы в пределах предполагаемого подпора можно было вскрыть наиболее неблагоприятные по сохранности и наиболее водопроявляющие горизонты, причем одновременно для полого падающих пластов желательно вести их по контакту пластов различной сохранности и литологического состава. Выбор таких мест производится на основании гидрогеологических профилей, составленных в предшествующие стадии изысканий по разведочным скважинам, заложенным в плечах, при проходке которых, кроме литологии и наблюдений за грунтовыми водами, тщательно определяется сохранность пород по микроскопическому их просмотру и выходу керна, а при надобности и со специальным лабораторным просмотром.

В случаях распространения по профилю исключительно мелких и сыпучих пород надобность в штольнях отнюдь не отпадает, но здесь они приурочиваются либо к особо фильтрующим слоям, либо к слоям, вызывающим опасения в смысле устойчивости масс в берегах и на склонах.

§ 7. Разведочные скважины в плечевых (бортовых) частях профиля плотины должны буриться в порядке, начиная от подножия крутого склона или от линии перехода пологой, пойменной части долины в склон коренного берега. Располагаются они на крутом склоне и несколько далее его, вглубь берега, захватывая в направлении поперечника не менее, нежели это нужно: а) для выяснения геологического и литологического сложения берега, в который врезается плечо плотины, и б) для выяснения гидрогеологических условий в той степени подробности, кот рая требуется данным этапом проектирования.

Глубина скважин, задаваемых для разведки на склонах, должна быть такова, чтобы одна скважина забоем перекрывала устьевую часть предыдущей; при этом необходимо учитывать наклон пластов, чтобы в совокупности ими был вскрыт весь разрез породы.

Если скважины заданной глубины на всем протяжении от точки выклинивания подпора в глубь коренного берега вскрыют неблагоприятную сохранность пород и последующее их углубление покажет то же самое,—необходимо увеличить длину разведываемого поперечника в сторону коренного берега, задав разведочную скважину еще на удвоенное расстояние против первоначального. По получении результатов от последней скважины надо либо детализировать бурением границы зон сохранности, закладывая скважины в промежутке между последней скважиной и ближайшей к ней предшествующей (в случае, если последняя скважина вскрыет более хорошую сохранность пород), либо вновь раздвинуть пределы исследований тем же способом, учитывая, однако, что пределом исследований от точки выклинивания подпора надо считать длину в 500—1000 м.

Предел исследований в бортах водохранилища по оси плотины определяется депрессионными, фильтрационными поверхностями и шириной зоны неустойчивых пород.



§ 8. Порядок работ, распределяемых по последовательным этапам проектирования, примерно следующий:

а. Первыми закладываются 3 скважины: одна—в русле, или если по естественным условиям закладка скважины в русло невозможна, то в пойме, у уреза реки; одна—на левобережном склоне долины, в точке выклинивания водохранилища, и одна в такой же точке на правобережном склоне. Как ясно из предыдущего, это наиболее ответственные точки сооружения. Указанные скважины в наносах проходятся ударно-вращательным способом, а в коренных породах— колонковым.

В случае, если эти скважины покажут приемлемость гидрогеологических и физико-геологических условий, разведка поперечника продолжается дальше, а именно:

б. Задаются новые скважины и горные выработки по плечам, на обоих склонах долины и в пойме, в разреженном против полной программы порядке, т. е. с пропуском черед одну-две скважины, и наконец

в. Проходятся пропущенные скважины, причем для уточнения литологической колонки покровных пород часть скважин должна быть заменена шурфами, располагаемыми так: на склонах долины по 1—2 шурфа с задачей вскрыть делювий (а иногда и аллювий) и разрушенную зону коренных пород; при переходе склонов долины в пологую пойму по 1 шурфу с задачей вскрыть картину взаимоотношения делювия и аллювия и в пологой, пойменной части по 1—2 шурфа на каждом берегу для вскрытия аллювия.

Место закладки штолен и глубоких шурфов в коренных породах указано ранее; по порядку же заложения они должны быть отнесены в пункты „б“ и отчасти „в“ данного параграфа.

Глубина (длина) штолен принимается в программах ориентировочно в зависимости от мощности предполагаемой разрушенной зоны и должна быть равна последней плюс 10—15 м сверх того. Возможность окончания проходки штольни обуславливается выполнением этих предпосылок, что часто по метражу приводит к расхождению с запроектированными цифрами.

§ 9. Особо следует упомянуть разведочные каналы. Они особенно важны для районов, где стратиграфические схемы непостоянны (либо в результате фациальных условий, либо тектонического воздействия). Чаще всего это обстоятельство может быть выяснено лишь по окончании съемочных и отчасти буровых работ по оси плотины и главным образом по проходке горных выработок.

В случае если эти работы обнаружат указанное стратиграфическое непостоянство, то по линиям тектонического смещения, по обнаруженным скважинам и горным выработкам, линиям тектонического смещения или по пласту с резко изменяющейся литологией должны быть заданы разведочные каналы в направлении обоих бьефов и с таким расчетом, чтобы каналы по длине вышли за пределы ширины плотины по данной горизонтали.

Каналы должны вскрыть всю мощность покровов, аллювия и зону разрушения на коренных породах и обнажить свежую поверхность последних. Применимы они лишь в случае, если мощность вскрытия не превышает 1,5 м.

Особый случай, требующий также закладки каналов, а иногда и более глубоких выемок—разрезов, относится к частому чередованию крутонадающих пластов небольшой мощности (до 5—7 м) с простирашем по оси плотины. В этом случае каналы или выемки—разрезы по линии, перпендикулярной оси плотины, должны быть заданы немедленно по выяснении данного обстоятельства.

§ 10. Поперечники верхнего и нижнего бьефов назначаются, во-первых, с целью выяснить продольные, инженерно-геологические профили, т. е. по линиям, перпендикулярным оси плотины, для более точного разрешения вопросов фильтрации и устойчивости пород под плотной и, во-вторых, на случай быстрой передвижки исследований на один из этих поперечников с поперечника по оси плотины, если он в первой или второй стадии разведки окажется неблагополучным.

Чтобы иметь возможность экстраполировать данные по разведываемому створу, должны быть обязательно назначены поперечники или другие группы скважин в каждом бьефе примерно на расстоянии 40—100 м от оси плотины в зависимости от стадии работ (под схему, эскиз или технический проект). В случае особой ответственности сооружений или в особо сложных и опасных естественных условиях число поперечников должно быть по крайней мере удвоено в каждом бьефе при том же среднем расстоянии между ними.

В случае круто падающих пластов с простираемым, параллельным оси плотины, расстояние между поперечниками должно быть уменьшено до 15—30 м (см. об этом ч. I, гл. 3).

§ 11. На бьефовых поперечниках число разведочных выработок значительно меньше нежели на основном, и может быть, в крайнем случае, ограничено в начальных стадиях изысканий закладкой по каждому поперечнику следующих выработок:

- а) в русле—по одной скважине;
  - б) на каждом плече (на выклинивании подпора)—по одной скважине;
  - в) в аллювиальной пойменной части долины—по одной скважине.
- а в случае различия отложений по литологическому составу—по две скважины;
- г) на склонах долины, покрытых делювием,—по одному шурфу на каждом берегу.

При сложных геологических условиях число выработок соответственно увеличивается.

Глубина выработок определяется теми же условиями, что и по поперечнику по оси плотины.

Исходя из целей закладки этих поперечников, ясно, что разведка их должна вестись одновременно с первой или второй очередью разведок на поперечнике по оси плотины.

§ 12. В случае, когда поперечник, назначенный для оси плотины, окажется неблагополучным и детальные исследования перебрасываются на один из бьефовых поперечников или новый, последнему надлежит придать то количество и объем разведочных работ, какие были определены для поперечника по оси плотины.

§ 13. Водослив, предназначенный для пропуска паводочных вод, является весьма ответственным сооружением и должен быть заложен так, чтобы его основание, а по возможности и стенки находились в достаточно устойчивых коренных породах.

Участок под водослив располагается примерно на уровне проектируемого подпора и должен быть достаточно хорошо разведан. Количество и тип выработок (скважин и шурфов) определяется протяженным водосливом и гидрогеологическими условиями.

На обнаженных и полуобнаженных склонах разведка ведется неглубокими шурфами и должна выяснить литологический состав, характер трещиноватости и степень выветренности пород, что определяет выбор крепления водослива.

§ 14. В случае если склон покрыт наносами, разведка под водослив ведется главным образом скважинами, и лишь для проверки их данных, в тех местах, где наносы менее мощны, закладываются шурфы.

Если наносы везде одинаково большой мощности, кроме скважин, необходимо заложить еще хотя бы один шурф. Скважины задаются до глубины значительно ниже дна проектируемого водослива для того, чтобы охарактеризовать породы, служащие основанием водосливу.

При сложении склона литологически различными осадочными породами разведкой (скважинами и шурфами) должны быть тщательно выяснены условия их залегания, литологический состав, мощность и водонепроницаемость, что особенно важно в тех случаях, когда водослив пересечет породы разной водопроницаемости и физических свойств и состава, с крутым падением к реке, так как в этом случае наличие, например, глинистых и мергелистых прослоек при смачивании их водой, проникающей из водослива, может повести к оползанию склона. Когда водослив располагается в условиях смены изверженных и метаморфических пород, особое внимание должно быть обращено при разведке на устойчивость в отношении оползания по трещинам и водопроницаемости контактов этих пород, для чего сверх ранее указанных выработок задается по одному-два шурфа по контактам.

Расстояние между разведочными выработками под водослив, в общем случае, к стадия изысканий под технический проект желательнее довести до 15—25 м.

§ 15. В результате разведки под водослив должен быть составлен детальный геологический и литологический разрез по его оси и профиль сохранности и водопроницаемости пород в масштабе 1:1000 или 1:2000.

§ 16. Разведка участка под водоприемник и деривационный туннель (канал) должна вестись так, чтобы можно было отчетливо выяснить физическое состояние пород, что требует применения шурфовки и колонкового бурения.

В общем случае закладывается несколько выработок под шлюзовые коробки водоприемной камеры так, чтобы можно было вскрыть достаточно водоупорные и вполне устойчивые породы, и ряд выработок по оси туннеля (или канала), на каждой смене пород, в местах нарушений стратиграфических схем, и наконец, по контактам пород различного происхождения. Кроме оси участок должен быть разведан и по нескольким поперечникам, для чего необходимо заложить 2—6 скважин, кроме расположенных по оси, причем число и ответственность этих скважин повышаются, когда трасса канала располагается на косогорных участках и особенно, когда есть опасения относительно нарушений устойчивости земляных масс.

Вообще для проектировки каналов и туннелей следует избегать таких участков, где имеются или могут быть оползневые явления. Если же избежать таких участков невозможно, то они должны быть исследованы не только разведочными выработками для изучения строения коренной основы и покровов склона, но и специальными гидрогеологическими наблюдениями и опытами. Разведка должна дать обоснование для выбора направления трассы, укрепления участка и конструкции сооружений.

Деривационный туннель зачастую проходит в глубине массива, почему широкое применение буровых скважин и горных выработок, особенно на первых этапах изысканий, является затруднительным. Уменьшение числа скважин при сохранении требуемой детальности изучения может быть достигнуто в результате изучения всего горного массива, по которому проходит деривация. Изучение идет главным образом по линии выявления тектоник и, в частности, всех случаев дизъюнкций, трещиноватости экзогенного и эндогенного происхождения, литологии и гидрогеологии. Для получения необходи-

мых данных тщательно картируются в крупном масштабе результаты полевой съемки с точным инструментальным нанесением точек наблюдений, проходятся серни более мелких скважин и выработок в красных частях. Инженерно-геологический разрез, получаемый на основе таких выводов, проверяется глубокими выработками.

При проходке запроектированного тунеля этот разрез окончательно проверяется, систематически детально зарисовываются обнажения забоя и стенок в процессе проходки, регистрируются и описываются выходы подземных вод, производятся химические анализы вод и пород.

Так как деривационные каналы и тунели большей частью немедленно покрываются облицовкой, то для возможности суждения о геологических причинах деформаций, могущих иметь место в процессе эксплуатации этих устройств, без производства разведывательных работ, вся деривация должна быть разбита на достаточно дробные участки, однотипные по геологическим условиям и применяемым конструкциям (обычно не более 100), для которых составляются карточки-паспорта сжатых их геологическим описанием, описанием примененных конструкций и произведенных работ и наконец, со ссылками на имеющиеся архивные и печатные текстовые и графические материалы.

По данным разведки гидрогеологической съемки и опытных работ должны быть составлены детальные гидрогеологические разрезы по осям водопримной камеры и деривационного тунеля в масштабе: 1:1000 или 1:2000 на более сложных участках и 1:5000 или 1:10000 на простейших и профили сохранности пород по этим же осям, а по поперечникам—в зависимости от сложности условий в масштабе от 1:100 до 1:500.

§ 17. Разведка под сбросной тунель или канал и его порталы ведется тем же способом, что и под деривационный тунель, причем в случае, если сброс является временным сооружением, количество разведочных выработок и глубина их могут быть уменьшены с тем, однако, чтобы при составлении детального геологического профиля по его оси никаких неясных мест не оставалось.

§ 18. Разведка под отдельные здания гидроэлектростанции основывается на материалах детальной геологической съемки и разведки всего района сооружения и ведется обычными способами разведок под гражданские и промышленные сооружения с учетом их конструктивных особенностей и условий их работы. Главнейшие положения при этом следующие:

а) сооружения следует располагать на участках, исключающих возможность оползней;

б) разведочные выработки ограничиваются небольшим количеством: при несложных геологических условиях и равномерном распределении нагрузок фундамента достаточно заложить 4 скважины под углами сооружения; если же отдельные места под зданием будут испытывать большие дополнительные нагрузки, следует заложить выработку и здесь;

в) при более сложных геологических условиях, в особенности при резком непостоянстве литологии, число выработок должно быть увеличено или остается прежним в зависимости от конструкции, размера и веса сооружения;

г) большая часть разведочных выработок—это скважины, меньшая—шурфы; значение последних не только в показательности при определении геологических условий участка, но одновременно в них же могут быть произведены опыты по изучению деформации грунтов и допустимых нагрузок на породы;

д) глубина выработок определяется глубиной заложения фундамента сооружений и должна быть в глинистых грунтах не менее тройной его ширины; в скальных породах глубина выработок во всяком случае должна определять глубину и характер породы, достаточно устойчивой, под сооружения в условиях ожидаемого изменения гидрологического режима.

§ 19. Разведка под шлюзовую канал ведется тем же способом, что и указано выше, с той лишь разницей, что скважинами должен быть дан разрез породы ниже предполагаемого дна шлюза не меньше чем 10—20 м и, во всяком случае, необходимо вскрыть достаточно водоупорные и вполне устойчивые породы.

§ 20. О значении отдельных типов разведочных выработок по водохранилищу и прилегающим к нему участкам сказано ранее, здесь же следует лишь добавить, что те места по водохранилищу, которые считаются опасными для устойчивости водохранилища, должны быть разведаны с достаточной детальностью, причем не исключается необходимость в опытных работах по изучению водопроводящих свойств таких опасных мест.

§ 21. Приведенные выше двадцать параграфов относятся к более простым условиям; что же касается сложных тектонических районов и карстовых районов, то для них следует проводить дополнительные исследования:

#### А. Для сложных тектонических районов

Наибольшим распространением должны пользоваться горные выработки (шурфы, штольни и пр.) и колонковое бурение.

Число разведочных выработок должно быть увеличено до пределов, соответствующих достаточному выяснению тектонических взаимоотношений в районе водохранилища и детальному выяснению их в районах сооружений.

Особенно тщательно должны быть прослежены и охарактеризованы во всех отношениях тектонические трещины, их конструкция, циркуляция по ним воды, их состав, что возможно только с помощью горных выработок (шурфов, штолен и пр.).

#### Б. Для карстовых районов

Наибольшее внимание должно быть обращено на распространение карстовых пустот в профиле и в плане, что не может быть изучено одними обычными методами и требует применения геофизических методов разведки. Из последних наиболее применимы:

1. Электрометрический метод.

2. Сейсмический метод, основанный на изучении упругих колебаний в горных породах под действием искусственно вызываемых землетрясений (взрывы в скважинах).

3. Гравитационный метод—посредством вариометров, основанный на измерении изменений силы тяжести в зависимости от изменения состава пород.

Следует отметить, что геофизическими методами можно вскрыть лишь карстовые пустоты значительных размеров (до 2—4 м<sup>3</sup>), следовательно, меньшие по размерам, но столь же важные по значению вскрыты этими методами (при их современной применимости) не будут.

Поэтому обычные методы горной разведки должны быть сохранены для карстовых районов, причем из горноразведочных выработок следует применять в карстующихся породах исключительно колон-

ковое бурение, шурфы и штольни, так как только эти типы выработок дают возможность получить ясное представление о характере карста.

В тектонически сложных и в карстовых районах число горноразведочных выработок в районе сооружений должно быть значительно увеличено против нормального количества; в районах же водохранилища наибольшее внимание должно быть отдано геофизическим методам разведки и гидрогеологической съемке.

§ 22. Скважины и шурфы во всех естественноисторических районах бурятся вертикально в случае горизонтальных или пологопадающих пластов и трещин (до 40°) и наклонно в случае крутопадающих пластов (больше 45°) и при наличии наклонных и вертикальных трещин, причем эти углы наклона диктуются тем, что желательнее возможно большее приближение скважины к перпендикулярному положению относительно поверхности пластов и трещин.

§ 23. Проходка штолен в случае пологопадающих пластов указана ранее. Следуя наслонениям пород, они могут быть и негоризонтальными; в случае крутопадающих пластов штольни, вскрывая их чередование, задаются по возможности перпендикулярно пластам и обязательно дополняются вертикальной или наклонной горной выработкой, вскрывающей наиболее плохие по сохранности пласты, контакты и тектонические зоны; дополнительная выработка может быть заложена как с дневной поверхности, так и из штольни в зависимости от местных условий.

§ 24. Разведочные каналы и разрезы задаются в различных направлениях (см. выше) в зависимости от вида и характера литологического непостоянства или нарушений стратиграфических взаимоотношений и следуют за этими изменениями.

## ОТДЕЛ II

### СПОСОБЫ ПРОХОДКИ И КРЕПЛЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

§ 25. Разведочные выработки таким образом разделяются на буровые скважины, шурфы, дудки, штольни, каналы и искусственные глубокие разрезы (траншеи).

Эти типы выработок в зависимости от различного состояния пород проходятся различными способами. В схеме может быть принято следующее разделение пород, требующих различного способа проходки:

- а) мягкие, рыхлые и сыпучи породы;
- б) плавучие породы;
- в) твердые, скальные, сильно трещиноватые породы;
- г) твердые скальные слабо трещиноватые породы
- д) нетрещиноватые.

§ 26. Буровые работы при проходке мягких, рыхлых, сыпучих и плавучих пород производятся ударно-вращательным способом, причем применяются или ручные комплекты или, что лучше, механические станки типа Сандерсон № 3, Стар 32 или Кейстон № 3.

Весьма удобно, по показательности колонки, применять для бурения бур типа Эмпайр.

В коренных породах бурение ведется колонковым способом, за исключением лишь тех случаев, когда они являются песками.

Так как в глинах и других слабых породах при механическом колонковом способе бурения керн получается скрученным, т. е. не достигается получение образцов породы с ненарушенной структурой, а промывные воды, кроме того, размывают глиняный керн, ко-

лонковое бурение ведется вручную без промывки или, если и механическое, то с такой скоростью и давлением на забое, при котором оно может идти без промывки.

§ 27. Конечный диаметр скважины в этих породах, если они не будут продолжены колонковым бурением в коренные породы, должен быть не менее 3", учитывая, что каждая разведочная скважина при исследованиях под плотины является также обязательно и гидрологической скважиной, в которой, по меньшей мере, производятся наблюдения над колебаниями уровней грунтовых вод, что может потребовать снабжения таких скважин фильтрами (о чем см. ниже).

Когда скважина проходится ударно-вращательным способом будет использована для опытных инженерно-геологических работ (откачки и нагнетания), конечный ее диаметр должен быть не менее 4", чтобы фильтр, установленный в этой скважине, был не менее 3".

Наконец, последний случай, когда эта скважина будет углублена в коренные породы колонковым бурением, конечный диаметр ее определяется количеством колонн в коренных породах, но во всяком случае не может быть меньше 57 мм.

Начальный диаметр скважин определяется количеством смен диаметров при том условии, что при бурении диаметр сменяется на каждом переходе водоносной породы в водоупорную; иначе говоря, диаметр должен быть сменен столько раз, сколько водоносных горизонтов эти породы заключают, не считая случаев перехода на меньший диаметр, вызванных обстоятельствами бурения. Поскольку гидрогеологические данные по большинству районов СССР недостаточны для точного суждения о количестве водоносных горизонтов в этих районах, естественно, что начальный диаметр скважин для таких районов определится точно лишь в процессе проходки первой скважины, а предварительно и приблизительно определяется на основании общегеологических соображений.

§ 28. Чтобы избежать пропусков и неправильностей в определении водоносных горизонтов и влажности пород, бурение должно производиться всухую. Подливание воды в исключительных случаях разрешается геологом, ответственным за даваемое заключение.

§ 29. Смена диаметров при бурении, имеющая целью изоляцию отдельных водоносных горизонтов, обязательно сопровождается тампонажем забоя скважин, с тем чтобы исключить при проходке и наблюдениях взаимное влияние различных водоносных горизонтов.

Тампонаж скважин в случае мягких, рыхлых, супычих и плывучих пород производится следующими тремя способами:

а. Для мощного водоносного горизонта—способом нагнетания густого глинистого раствора через заливочные трубы или штанги в затрубное пространство обсадных труб с последующим погружением стального конического башмака в густой глинистый раствор, наполняющий нижнюю коническую часть скважины, и затем забивкой его в подстилающие породы, что производится ударной штангой;

б. Для слабых водоносных горизонтов—способом надавливания обычного трубного башмака в пластичную глину, предварительно набросанную в скважину в виде шариков.

в. Для случая, когда водоупорный пласт, на котором сменяется диаметр, представлен плотной, жирной глиной, значительной мощности (более 1,5 м), а водоносный горизонт не обладает очень большими напорами,—способом надавливания обычного трубного башмака в эту водоупорную глину примерно на глубину 0,5—1,0 м.

Тампонаж по способу нагнетания глинистого раствора производится следующим образом (см. рис. 4):

а. Специально готовится забой скважины, для чего в водоупорном ложе, ниже башмака обсадных труб, производится бурение с возможно большим расширением диаметра скважины, на протяжении несколько меньшей мощности водоупорного слоя, но не более 3—4 м; в нижней части скважины делают коническое углубление, применяя долото с различной шириной лезвия или особые конические долотья.

б. В расширенную часть скважины опускается закрывающая колонна труб так, чтобы башмак ее был над забоем скважины примерно на высоте полуметра. Колонка подвешивается на 3-или 4 роликовом блоке.

в. Внутри закрывающей колонны вводятся заливочные трубы, на конце которых находится деревянный поршень особой конструкции (черт. 4-а). Диаметр труб—40—60 мм, для них могут быть употреблены, например, полые штанги от бурового инструмента. Заливочные трубы и поршень не должны выходить из-под башмака. Сверху, над устьем скважины, на трубы навинчивается обычный сальник-вертлюг.

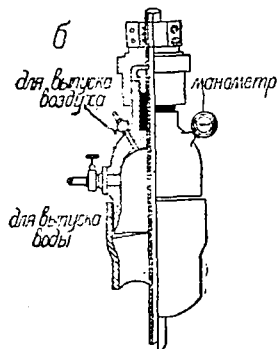
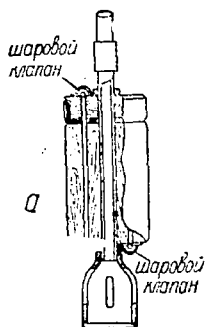


Рис. 4. Приспособление для нагнетания глиняного раствора в скважину.

г. На закрывающую колонну труб сверху герметически навинчивается особая пробка-сальник (рис. 4-б), через которую проходят заливочные трубы. Пробка должна иметь кран для выпуска воздуха, вентиль для выпуска воды и манометр до 50 ат.

д. По окончании оформления установки по заливочным трубам нагнетают в затрубное пространство воду и одновременно расхаживают трубы (верх, вниз и вращением), чтобы добиться циркуляции воды в затрубном пространстве.

е. Когда циркуляция воды установится и вода появится между закрывающей колонной и верхней колонкой труб или стенкой скважины на поверхности, нагнетание воды следует прекратить и начать нагнетание густого глинистого раствора, приготовленного заранее. Для нагнетания этого раствора применяют плунжерные насосы с давлением до 50 ат.

ж. Глинистый раствор должен быть приготовлен очень тщательно: все комки глины, песок, камни, твердые кусочки должны быть из него удалены. Раствор должен быть настолько густым, чтобы только не отзывался на нормальной работе насоса (удельный вес раствора должен быть 1,15—1,30).

Перед самым нагнетанием очень полезно добавлять в глинистый раствор гидравлическую известь. Она будет способствовать осаждению глины из раствора, и тем самым скорее можно рассчитывать на образование глинистого кольца вокруг конического башмака и нижней части закрывающей колонны труб.

з. Чтобы циркуляция глинистого раствора не прекращалась во все время нагнетания, необходимо расхаживать и вращать закрывающую колонну труб.

Когда глинистый раствор появится на поверхности, нагнетание прекращается; трубы опускаются медленно до самого забоя; отвинчивается герметическая пробка; нагнетательные трубы вынимаются из скважины вместе с поршнем; затем, на закрывающую колонну труб навинчивается ударное кольцо и производится забивка башмака труб в подстилающие породы с помощью ударной штанги.



Этой операцией тампонаж заканчивается, и из скважины вымываются остатки глинистого раствора.

Тампонаж по способу задавливания обычного трубного башмака в пластичную глину, предварительно набросанную сверху в скважину, производится так:

а. Из пластичной глины делаются шарики диаметром 3—6 см в зависимости от диаметра скважины и после легкой подсушки набрасываются в забой скважины на высоту 4—8 м; иногда глина в хорошо размятых кусках транспортируется на забой с помощью особой длинной желонки с откидным дном; одновременно закрывающаяся колонна труб оттягивается по мере наброски на ее высоту.

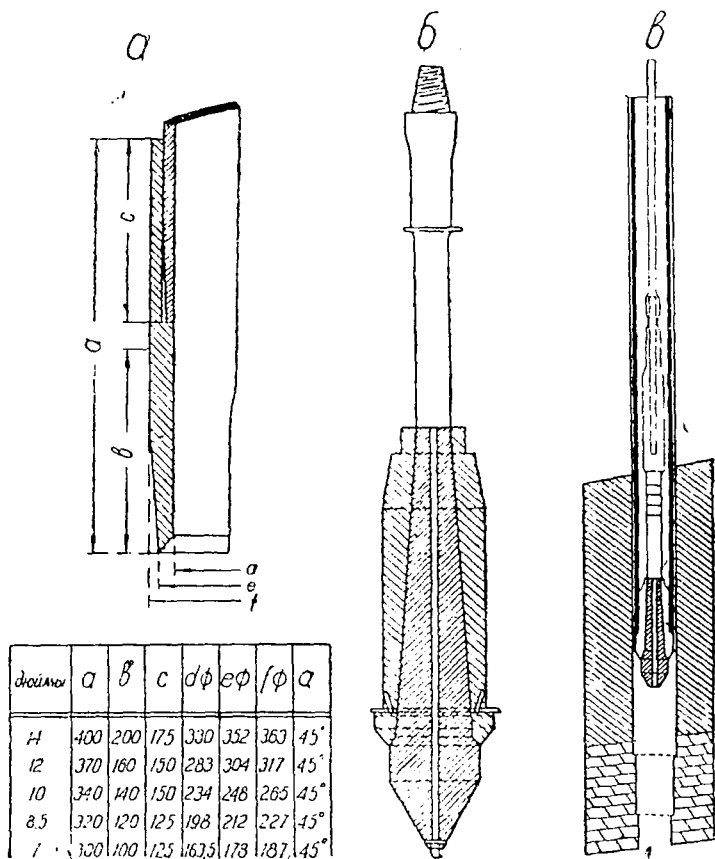


Рис. 5. Приспособление для тампонажа скважины путем наброски в нее глины.

б. По окончании заброски глины в башмак указанных труб вводится деревянная пробка специальной конструкции (рис. 5). По оси пробки проходит проволочный стержень, прикрепляющий ее к штанге; штанга соединена с яссами, а эти последние с канатом или штангами.

Благодаря выпадению специальных заплечников (рис. 5) пробка заклинивается в башмаке, после чего ударами ясса обрывают проволочный стержень, связывающий пробку со штангой; штанга и ясы вынимаются на поверхность, а пробка остается заклиненной в башмаке, закрывая колонны труб.

в. Затем закрывающая колонна труб вместе с заклиненной в ней пробкой осаживается при помощи забивки, ударной штанги или домкратов. В результате глина выжимается вверх и заполняет затрубное пространство.

По окончании осадки пробка дробится долотом и по частям извлекается из скважины.

§ 30. В любом случае с применением тампонажа для закрытия водоносных горизонтов или без него, обязательно производится проверка его удовлетворительности, для чего:

а) вода из скважины выкачивается по возможности досуха и во всяком случае так, чтобы уровень ее в скважине был значительно ниже уровня воды в данном (закрываемом) водоносном горизонте; откачка производится или желонкой или штанговым насосом;

б) по окончании откачки периодически производятся наблюдения над понижением или повышением уровня воды в скважине. Если изменение уровня воды в скважине будет установлено, следует считать тампонаж не удавшимся и повторяют его вновь более совершенным способом.

§ 31. Для случая пływучих пород необходимо иметь в виду следующее:

а. При обычных способах проходки применять диаметры не менее 87 мм (3 1/2) и вести проходку с обсадными трубами, обязательно заходящими вперед забоя. Отчерпывание пльвуна желонкой следует вести при одновременной обсадке труб уходящей вперед проходки.

б. Из других способов бурения весьма удобно применять гидравлическое (рис. 6), заключающееся в том, что в скважину с герметически закрытым пробкой-сальником устьем подается большое количество воды (около 200 л в минуту при помощи насоса, например, калифорнийского); вода поступает в обсадные трубы и движется к забою по кольцевому пространству, образованному внутренними стенками обсадных труб и наружными стенками опущенных в скважину через пробку-сальник полых штанг; через последние вода поднимается обратно на поверхность, вынося с собой взмученные частицы пльвунов. Полые штанги должны постоянно находиться над поверхностью пльвунов, т. е. по мере вымывания пльвунов они постоянно опускаются вниз; при этом герметическое закрытие устья скважины постоянно сохраняется, так как полые штанги проходят через сальник устьевой пробки. Обсадка труб производится, как и выше, в п. „а“.

в. Тампонаж ведется теми же способами, что и выше, причем возможно применение всех указанных способов.

§ 32. Во всех случаях, когда это возможно, следует предпочитать колонковое бурение. Если породы мягкие, например, глины или слабые песчаники, которые могут сильно размываться промывными водами, бурение надо вести всухую и может быть только ручным.

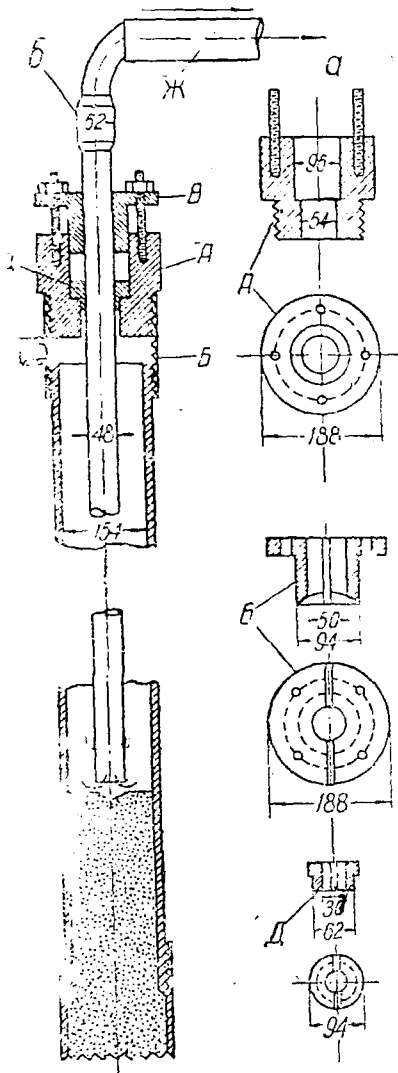


Рис. 6. Приспособление для гидравлического бурения в песках-пльвунах.

Для случая скальных пород обязательно применение колонкового бурения, так как только при бурении этим способом можно получить истинное представление одновременно о литологическом составе и физическом состоянии пород (степень трещиноватости и выветрелости, степень влияния процессов механической и химической суффозии и т. д.); при этом следует учитывать, что:

а) наиболее применимы механические станки Креллус „А“, „АВ“ и „В“ с двигателями внутреннего сгорания; также применимы колонковые (а не комбинированные) станки „Вирт“;

б) в случае нетрещиноватых и слабо трещиноватых пород бурение производится как алмазами и сурогатами, так и дробью; если трещины по ширине больше 0,5—1,0 мм, дробовое бурение неприменимо;

в) для скважин, в которых предполагается ставить опытные нагнетания с применением передвижных резиновых тампонажей (см. главу IV), дробовое бурение нежелательно, так как при нем очень трудно добиться строгой цилиндричности скважины, что необходимо для тампонов;

г) конечный диаметр скважин должен быть не менее 56 мм, так как при меньших диаметрах невозможно производить опытные работы в скважине;

д) начальный диаметр скважин и число колонн определяются количеством водоносных горизонтов, проходных скважиной, и техническими условиями бурения;

е) выход керна должен быть от 60 до 90%, в зависимости от литологического состава и сохранности пород;

ж) разделение водоносных горизонтов при помощи тампонажа при смене диаметров ведется теми же способами, что и при ударном бурении.

Примечание. В вышеизложенных параграфах главы II предусмотрено колонковое бурение для отдельных сооружений вне зависимости от литологии; в этом случае все сказанное по отношению к скальным породам должно быть повторено и здесь с той лишь разницей, что при мягких и рыхлых породах колонковое бурение должно вестись зубчатой коронкой, а в случае сыпучих водоносных пород оно вообще неприменимо.

§ 33. При бурении из подрусовых галерей вверх в сторону дна реки или в других случаях, когда бурением должны быть вскрыты настолько мощные притоки воды, что приток ее через скважину будет заливать рабочих при выемке инструмента из скважины и закрытии отверстия, бурение организуют следующим образом:

Сделав забурку на 20—30 см несколько большим диаметром, в отверстие вставляют отрезок трубы так, чтобы он торчал на 10—20 см из отверстия. Труба укрепляется в породе цементом. На конец трубы навинчивается задвижка, которая не препятствует инструменту входить через трубу в скважину. После удаления инструмента из скважины задвижкой можно быстро закрыть отверстие и прекратить доступ в галерею воде, могущей хлынуть из реки через скважину. Так как инструмент из скважины приходится вынимать, развинчивая последовательно штанги, причем вода все время будет заливать галерею и работающих в ней, перед началом бурения проходится вспомогательная скважина в дне галереи, в точности под разведываемой в потолке и того же направления, что и разведывательная скважина. Глубина вспомогательной скважины должна быть такой, чтобы в нее мог войти весь инструмент из разведывательной скважины, когда последнюю надо будет быстро освободить от него для закрытия задвижки при встрече воды. На это уходит всего несколько минут. Задвижка настолько ослабляет приток или прекращает его совсем, что окончательная заделка отверстия производится уже беспрепятственно.

§ 34. Горные выработки: канавы, искусственные разрезы, дудки, шурфы, шахты и штольни — должны проходиться и крепиться с соблюдением правил горного искусства и безопасности. В случае необходимости применения сплошной зашивки стенок выработок в крепи должны оставаться окна, временно, если надо, закрываемые для последующих обзрений другими геологами, проектировщиками, экспертами и консультантами, а также для опытов, наблюдений и периодических взятий образцов. Наиболее употребительные размеры выработок таковы: дудка — диаметр 0,75—1,00 м; шурф —  $1,0 \times 1,5$  м, а для опытных шурфов  $1,5 \times 1,5$  м; шахта —  $2,0 \times 3,0$  или  $2,5 \times 2,5$  м. При проходке вертикальных горных выработок часто приходится прибегать к водоотливу, для чего следует употреблять насосы или ручные или механические и в зависимости от дебита, применяя различные их типы. Применимы почти все типы насосов.

§ 35. Шифровка обнажений скважин и горных выработок и взятых из них образцов производится следующим способом по трехзначной формуле. Каждая группа выработок и пр. получает свое наименование цифрой или, еще лучше, буквой. Такими группами могут быть: отдельные створы, опытные участки, выработки при съемках, при изучении оползней, при опытных работах и т. п.

Каждая выработка получает обозначение цифрой, пазначаемой согласно плану закладки или в порядке очереди закладки.

Каждый образец из выработки получает порядковый номер.

Таким образом шифр образца будет например: скв. М—4—32, что значит: скважина из группы М, номер ее 4, образец породы 32 (по очереди взятия). Шифр подчеркивается, и под чертой в виде знаменателя пишется глубина в метрах или абсолютная отметка  $\frac{М-4-32}{28}$  или и то и другое.

28 (256.7)

§ 36. Для справок и руководства по вопросам бурения может служить следующая литература:

1. Барышев, Н. В. Ручное ударно-вращательное бурение разведывательных скважин. 1932. Ц. 3 руб.
2. Турковский, В. А. Глубокое разведочное бурение. 1933. Ц. 4 р.
3. Аничков, А. А. Бурение на воду для питьевого и технического водоснабжения. 1930.
4. В. Б. Долиннино-Ивановский, „Ручное штанговое бурение“. 1920.
5. Кайков, „Проходка буровых колодцев“. 1931.

### ОТДЕЛ III

#### ДОКУМЕНТАЦИЯ БУРОВЫХ И ГОРНЫХ РАБОТ

§ 37. Документация буровых и горных работ является чрезвычайно важной и ответственной частью работы и разделяется на: а) техническую и б) геологическую. Обе эти части документации работ должны в совокупности отразить все обстоятельства бурения и обнаруженные геологические факты и дать материал как для выяснения геологического, гидрогеологического и литологического строения местности, так и для анализа техники и стоимости работ. Во многом эти два вида документации взаимно друг друга дополняют, и расшифровка многих обстоятельств, особенно гидрогеологических, не может быть сделана без точного учета технических условий хода работ.

§ 38. Геологическая документация состоит в следующем:

а. В фиксации положения выработки или скважины в горизонтальном и вертикальном отношении путем привязки к существующей гео-

дезической сети знаков, реперов и т. п. к началу их проходки. Местоположения скважины в виде координат устья и ее абсолютная отметка вычисляются и проставляются в буровых журналах и на колонках.

Примечание. Для привязки к сети и для замеров уровня воды в скважине, ее глубины и пр. около устья ее ставится облегченного типа репер, с которым сравнивается положение верхнего обреза труб, от которого, обычно, и измеряются глубины. Эту поправку на положение края труб нельзя забывать вводить во все цифры глубин стояния воды в скважине башмака, забоя и пр.

6. В систематическом наблюдении в процессе работ за уровнем стояния воды в скважинах (выработках) путем замеров в определенные сроки и при внезапных подъемах или спадах воды.

Примечание. Сроки замеров удобнее приурочивать к началу смены когда время, необходимое для выжидания установления уровня, меньше будет отзывать на перерыве хода буровых работ.

7. Во взятии образцов пород при каждой смене пород, но не реже, чем через 0,5 м, а в особо ответственных скважинах—через каждые 0,25—0,35 м. Для отбора нужных образцов вся порода, извлекаемая из скважины, выкладывается на досках. Буровым мастером отмечаются глубины, с которых породы извлечены. Коллектор отбирает из всей извлеченной породы образцы, применительно к указанным выше нормам. Количество образца должно быть объемом 1 дм<sup>3</sup> и не менее 1½ — 2 чайных стаканов. Включения окаменелости и другие приметные объекты, имеющие отношения к характеристике породы и горизонта, отбираются и заворачиваются отдельно. Весь образец и отдельно отобранные и завернутые в бумагу предметы укладываются в мешочки. На мешочках пишется шифр образца (см. часть II, гл. 2, § 35) в виде знаменателя дроби—глубины взятия, а внутрь его вкладывается этикетка (рис. 7). Коллектором образец записывается в его коллекторскую тетрадь.

Гидроэлектропроект	Образец N	Этикетка для съёмочных партий
Партия	Обнажения	
Отряд	Разреза	
Район		
Местность		
Название породы		
С глубины от поверхности		
Из слоя N название		
Геологический возраст слоя (не обязательно)		
Дополнит. свед.		
Подпись бравшаго образец (четко)	Время	число мес 1934г

Рис. 7. Образец этикетки

В шахтах, проходимых для изучения текстуры и структуры пород, необходимо сохранять сплошную монолитную (с ненарушенной структурой) колонку пород, вынутую из одной из стенок по всей глубине шахты. Для хранения ее применяют деревянные длинные

ящички сечением, примерно  $15 \times 15$  см, закрывающиеся стеклом или задвижной крышкой. Иногда верхнюю выравненную поверхность породы хорошо бывает покрыть жидким бесцветным лаком.

Отбор образцов из галечниковых пород производится порядком, указанным ниже (§ 39).

г) В отборе пород воды, порядком, предусмотренным § 26 (часть II, гл. 4) с занесением обстоятельств и способа взятия пробы в коллекторскую тетрадь.

д) В занесении в коллекторскую тетрадь всех обстоятельств, наблюдаемых в процессе работы и характеризующих геологические, гидрогеологические и литологические условия для дальнейшего внесения их в буровой журнал.

§ 39. Для получения материала, позволяющего распространить подсчитанные показатели гидравлических свойств пород на другие участки в алювиальной толще, следует произвести определение гранулометрического состава толщи алювиальных отложений, прорезанных опытной системой скважин. Для этого вся порода, извлекаемая из центральной и 4 крайних скважин на протяжении каждых 3 м глубины, собирается и подвергается грохочению. Для облегчения перед грохочением тщательно перемешанную породу можно путем квартирования уменьшить в 2 или 4 раза. Грохоты должны иметь следующие ячейки: 40, 20 и 10 мм. Фракции, оставшиеся на грохотах, взвешиваются, а из прошедшего через сито с отверстием в 10 мм берется образец для дальнейшего лабораторного гранулометрического исследования.

Примечание. Нужно, однако, иметь в виду, что часть крупной гальки и валунов змевинок и желонкой распахивается в стороны, за трубы, вследствие чего количество валунов и гальки в извлекаемой породе бывает меньше, чем в породе в ее естественном залегании, отчего при малых диаметрах труб могут быть даны неверные характеристики пород. На это надо обращать серьезное внимание.

Такой метод исследования позволит на конкретном материале увязать полученный на основе опытных данных коэффициент фильтрации с подсчетом по существующим формулам, что, в свою очередь, позволит экстраполировать опытные данные на другие участки, основываясь на гранулометрическом составе развитых здесь пород.

§ 40. Техническое документирование ведется сменным и старшим буровым мастером и заключается в следующем:

а. В составлении сменного рапорта (прилож. 4 и 5), в котором должны быть указаны все обстоятельства работ за смену: поименный состав бригады (смены), рабочий инструмент, все операции и продолжительность времени, ушедшего на каждую из них, наименование породы и глубина взятия образца, глубина скважины, глубина стояния башмака (фрезера) и пр.

Примечание. Необходимо обратить внимание на безусловную необходимость фиксировать все промежуточные обстоятельства бурения в течение смены, как-то: подъемы и опускание труб, расхаживание их, аварии (хотя бы мелкие), остановки для замеров уровня воды и других геологических наблюдений и пр. Особенно часто забывают или не считают нужным отмечать временные подъемы труб и с отметкой нового их положения по глубине, что может сбивать расшифровку гидрогеологических наблюдений.

Сменный рапорт пишется в двух экземплярах (можно под копирку) на месте работ. Один экземпляр через старшего бурового мастера, проверенный последним и заверенный его подписью, передается в камеральное бюро отряда или партии (после использования его старшим буровым мастером для составления технического бурового журнала).

Комплект копий (вторых экземпляров) сменных рапортов должен всегда находиться на буровой (выработке). На нем старший буровой мастер, техник-прораб и гидрогеолог вносят необходимые поправки индексировки и подписями свидетельствуют свой периодический, осмотр их со стороны правильности ведения.

б. На основании сменных рапортов старший буровой мастер (горный десятник) составляет техническую часть бурового (шурфовочного и пр. журнала, см. прилож. 6, 7—8), подробно фиксируя все обстоятельства бурения. Составление бурового (шурфовочного) журнала не может отставать более чем на сутки от составления сменного рапорта.

§ 41. Порода, извлеченная из скважины (или шурфа), слегка обсушивается, для чего выкладывается на досках (укрытых от дождя и пыли) и в ящяк с ячейками. Коллектор описывает образцы здесь же, на месте, немедленно после их извлечения для фиксирования тех качеств, которые со временем, при высыхании породы, меняются (состояние влажности и цвет).

После этого порода поступает в завертку и в камеральное бюро для дальнейшего описания.

§ 42. Извлекаемые из скважины керны доставляются в коллекторскую (камеральное бюро) целиком. Если породы с течением времени на воздухе не разрушаются, керн сохраняется в специальных ящяках.

Керны из глины и некоторых мергелей обычно не выдерживают продолжительного хранения. Поэтому их особенно важно немедленно после извлечения из скважины доставлять в камеральное бюро (коллекторскую) для подробного описания и отбора образцов для лабораторных исследований. Применение покрытия бесцветным жидким лаком помогает выявить детали строения и взаимоотношения пород.

Чтобы обеспечить возможность просмотра кернов, хранить их следует на стеллажах, на выдвижных полках с ячейками-жолобамп, соответствующими диаметру керна.

Примечание. Керны необходимо защищать от пыли, для чего лотки-полки должны быть соответственно сконструированы или стеллажи должны закрываться дверцами или завешиваться.

§ 43. При проходке алювиальных и других наносов применяется ударно-вращательное бурение.

Чтобы можно было построить профили проницаемости и сжимаемости глинисто-песчанистых пород, необходимо изучить образцы пород с ненарушенной структурой. Если при этом колонковое бурение применено быть не может, необходимо делать периодический (через 0,25 — 0,5 — 1,0 м) отбор образцов пород при помощи трубчатых грунтоносов, врезающихся в забой скважины (предварительно тщательно очищенный).

§ 44. После детального описания образцов пород в камеральном бюро и на основании технического бурового (или шурфовочного) журнала и коллекторской тетради в камеральном бюро составляется полный (чистовой) буровой журнал и колонка (рис. 8 а) или развертка шурфа 8-б.

Буровой журнал составляется согласно приводимому в конце книги образцу-бланку (прилож. 6—7). Колонка должна иметь наверху (рис. 8) шпфр выработки, краткое указание ее местоположения (пикет и пр.), абсолютную отметку, чем проходилась. Графически, с соответствующими надписями, должны быть показаны глубина и диаметры колонн труб, глубина установок фильтра, водоносные горизонты и отвечающие им статические уровни воды (в виде пьезометров), литологический разрез с указанием стратиграфических подразделений. По сторонам колонки должны быть указаны: с правой

стороны — глубины смен пород, а с левой — абсолютные отметки. С правой же стороны, выше цифры глубин, пишутся мощности соответствующих пластов. Справа чертятся и кривые продвижения забоя и колебаний уровня воды.

Гидроэлектропроект  
 ..... отделение  
 ..... партия  
 ..... отряд

Скважина (шифр)  
 Абс. отм. 132,0

**Местоположение**

Координаты х ..... у .....  
 Населенный пункт .....  
 Магистраль ..... (траверс V класса) .....  
 Створ .....  
 П.К. ....  
 Рельеф .....

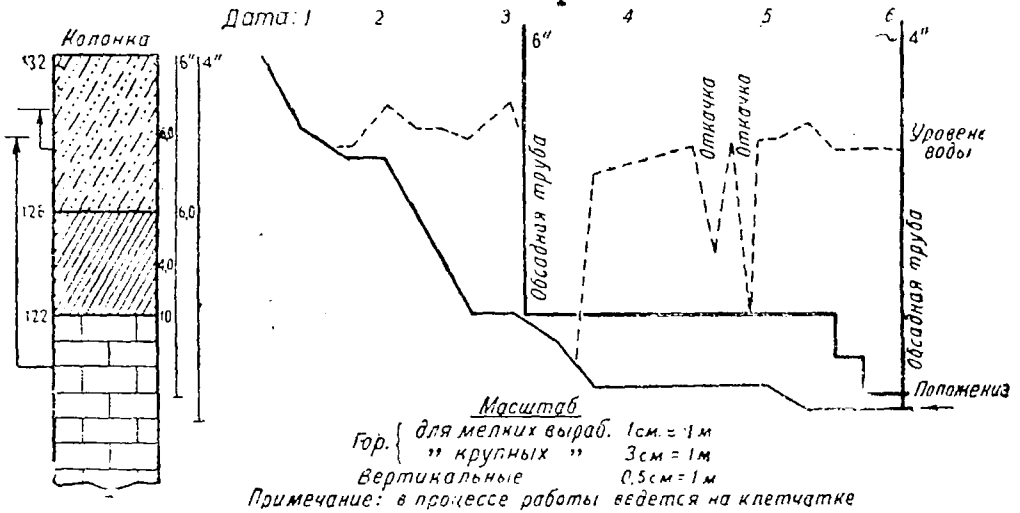


Рис 8-а

Гидроэлектропроект  
 ..... отделение  
 ..... партия  
 ..... отряд

Шурф (шифр)  
 Абс. отм. 135,0  
 июнь  
 дата 1 2 3 4 5 6

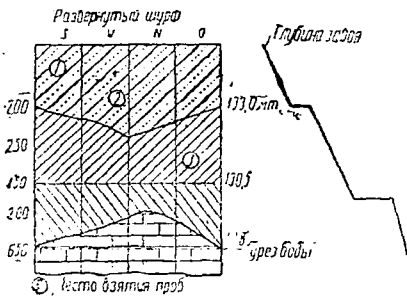


Рис. 8-б.

Масштаб: Гориз. 1 м = 1/2 мм  
 Верт. 1 м = 1 см

**Местонахождение**

Координаты х ..... у .....  
 Магистраль ..... (траверс V класса) .....  
 ПК .....  
 Насел. пункт .....  
 Створ .....  
 Рельеф .....

Примечание к рис. 8-а и 8-б. В процессе работы ведется на клетчатке. Начиной с подписи:

Ст. Коллектор

Проверено. Гидрогеолог



Объединение пород в пласты по образцам (а не по буровому журналу) должен делать гидрогеолог, ответственный за этот участок работ, или проверять старшего колектора, если последний достаточно опытен для самостоятельного составления колонки. Масштаб колонки 1:100.

§ 45. После колонок составляются сводные разрезы (рис. 44). Обычно достаточная подробность их для больших рек: по вертикали — 1:200, по горизонтали — 1:5000; для мелких рек масштаб берется более крупный. В районах со сложным строением и особенно для технического проектирования масштабы значительно увеличиваются, причем степень искажения (соотношения между горизонтальными и вертикальными масштабами) приближается к единице.

Колонки и сводные профили составляются в процессе бурения (см. гл. 5, часть II).

#### ОТДЕЛ IV.

### РАССТАНОВКА ТЕХНИЧЕСКИХ СИЛ

§ 46. Успех инженерно-геологических разведывательных работ на местах узлов сооружений в значительной мере зависит от рационального, скорого и дешевого проведения горноразведывательных работ: скважин, шурфов, штолен и проч.—и технического обслуживания опытных работ.

Это заставляет привлекать к выполнению их специалистов разных отраслей горного дела, главным образом в области буровой техники, участие которых обеспечивает достаточно высокое качество технического выполнения.

§ 47. Достижение высоких показателей при буровых и горных работах не должно, однако, заслонять служебную роль этих работ для целей инженерно-геологического изучения участка.

Часто наблюдаются, при стремлении к увеличению метража проходки и к понижению ее стоимости, упущения и пренебрежение геологической стороной разведок, забывая, что при инженерно-геологических изысканиях скважина, проходка которой не сопровождалась учетом всех деталей геологического строения, ничего не стоит, а израсходованные на нее деньги являются выброшенными.

Такое извращение является следствием недооценки значения гидрогеологических наблюдений и неправильной расстановки и взаимоотношения руководящих кадров.

§ 48. Поскольку буровые и горные работы имеют служебное (подсобное) назначение, руководителем всех работ должны быть специалист—инженер-геолог, которому подчиняются специалисты-буровики. Выделение буровых и горных работ в самостоятельные работы, не подчиненные в оперативном отношении геологу, т. е. такой порядок, при котором самостоятельная буровая единица (например отряд) ведет проходку скважин, а другой самостоятельный отряд или группа—геолог с колекторами—ведет геологическое обслуживание, причем их связывает только взаимная подчиненность начальнику партии—негеологу, всегда приводит к самым плохим качественным показателям, а потому совершенно недопустим.

Поэтому безусловное подчинение буровых и горных работ геологу, ответственному за дачу заключения по разведывательным работам, обязательно.

§ 49. При небольшом объеме работ вопрос решается назначением начальником отряда обязательно геолога с подчинением ему прораба по буровым работам.

При больших объемах работ работа распределяется между отдельными подотрядами, причем буровые и горные работники подчиняются начальникам этих подотрядов. Для инструктирования и технического совершенствования буровых и горных работ при начальнике отряда (геологе) должен быть специалист (горный инженер или хороший практик), ответственный за техническую правильность выполнения буровыми и горными группами заданий геологов.

§ 50. Постоянный геологический контроль за выполнением буровых и горных работ должен быть распространен вплоть до буровой и шурфа, что производится через младших и старших коллекторов и прорабов-геологов.

§ 51. Коллекторский надзор и участие коллекторов в работах по бурению и шурфовке должны быть в течение всех смен или круглых суток.

Для этого при большом объеме работ младшие коллектора должны поочередно находиться на месте для обслуживания буровых и шурфовых работ, к которым они прикреплены. Число точек, поручаемых одному коллектору, и расположение их должны быть таким, чтобы в течение смены он мог несколько раз их посетить, присутствовать при важнейших процессах и в то же время отбирать, кратко описывать, этикетировать и отправлять образцы в коллекторскую. В обычных условиях инженерно-геологических изысканий под гидростанции это число не должно быть больше четырех выработок, близко друг к другу расположенных скважин, шурфов, расчисток. Одна или две такие группы подчиняются старшему коллектору, который является ответственным за правильный отбор образцов, своевременные замеры уровня воды, отбор проб, обеспечение наблюдений и за правильность выполнения опытных откачек из одиночных выработок. Под его руководством младшими коллекторами производится предварительное описание свежих образцов (в поле и доставленных в коллекторскую) и составление геологического журнала, колонок (разрезов) по скважинам и разверток шурфов и штолен.

§ 52. При небольшом числе скважин обязанности старшего коллектора выполняет один из сменных коллекторов. Иногда же эти обязанности выполняет прораб (техник-геолог) или инженер-гидрогеолог.

§ 53. При очень большом числе одновременно проходимых скважин и горных выработок 2—4 группы, объединяемые старшими коллекторами, подчиняются прорабу-геологу (технику).

§ 54. Для ведения откачек и нагнетаний на опытных участках и для других опытных работ назначаются прорабы по опытным геологическим работам с соответствующим числом наблюдателей и другого подсобного персонала. Им же подчиняются буровые бригады, оборудующие участки, и бригады механиков, обслуживающих насосные и компрессорные установки.

§ 55. Расстановка сил должна обеспечить:

а) постоянное и повсеместное выполнение главенствующей роли геологических целей работ;

б) четкое разграничение сфер ответственности в работе, исключаящее малейшую возможность обезлички;

в) полную ответственность определенных лиц за сохранность и правильное использование оборудования.

Геологу, который должен дать отчет-заключение по какой-либо части работ (створ, трасса, изучение оползней или карста и т. д.), должны быть подчинены все полевые работники, участвующие в выполнении этой работы.

§ 56. Заведующий лабораторией должен быть в непосредственном подчинении начальнику геологического отряда (если он специалист-геолог) или техноруку отряда.

§ 57. Каждый геолог, заведующий отраслью исследований, в соответствии с общей программой работ, уточненной календарным планом, выясняет те виды опеределений, которые должна произвести лаборатория для порученных ему исследований.

§ 58. Отбор образцов для исследования производится геологом, а передача их в лабораторию—при подписанных геологом списках, точно указывающих шифр образца, заказываемые исследования, методы (если требуется определенная методика) и срок выполнения.

Такой список составляется в двух экземплярах. Оба экземпляра подписываются геологом. Заведующий лабораторией своей подписью на списке свидетельствует при приемке достаточную полноту передаваемого задания, удовлетворительность размера и состояния образца, а также выполнение поручения в указанный срок. Все замечания о возможности исследования, достаточности и качестве образца заведующий лабораторией делает на обоих экземплярах списка.

Результаты анализа или других исследований должны передаваться соответствующему геологу.

Расписка геолога в приеме результатов делается на экземпляре списка, передаваемого с образцами и хранящегося в лаборатории.

---

## ГЛАВА III

# ОПЫТНЫЕ ПОЛЕВЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

§ 1. Эти исследования должны охватить:

- а) выяснение водопроницающих свойств пород, слагающих район сооружений, и важнейшие опасные места водохранилищ;
- б) выяснение физико-механических свойств пород района сооружений (иногда и водохранилища).

§ 2. Соответственно указанным заданиям различными способами и методы их разрешения, а именно:

- а) опытные откачки и нагнетания в отдельных скважинах и на специальных опытных участках;
- б) определение направления и действительных скоростей потоков подземных вод;
- в) полевые опыты по определению фильтрационных свойств пород и инфильтрации в поверхностные образования;
- г) опытные определения физико-механических свойств пород в специальных или разведочных горных выработках.

## ОТДЕЛ I

### ОБОРУДОВАНИЕ ОПЫТНЫХ РАБОТ

#### А. Оборудование скважин

§ 3. Все скважины, как сказано выше, проходятся обязательно с разделением водоносных горизонтов, а кроме того, перед началом опытов они должны быть оборудованы фильтрами, в случае если стенки скважины неустойчивы. Наиболее употребительны сетчатые фильтры, т. е. перфорированные обсадные трубы, обтянутые железной, медной или латунной фильтровальной сеткой, с проволоочной обмоткой под сеткой и по ней.

Фильтровальная сетка, обычно киперного и галунного плетения, реже простого квадратного плетения, берется для различных пород разная. Практический способ подбора сетки: через сетку должно пройти  $\frac{2}{3}$  породы и на сетке остаться  $\frac{1}{3}$ .

Чем тоньше зерна породы, тем мельче должно быть отверстие сетки. При очень тонких породах фильтр усложняется тем, что вокруг сетчатого фильтра делается в скважине песчано-галечная обсыпка или сверху опускается заранее собранный фильтр на перфорированной трубе с окружающим ее набором жестяных конусов—воротников (корзинчатый фильтр) или же двух перфорированных труб с засыпкой между ними гравия.

Примечание. При недостатке фильтровальной сетки можно для фильтров в мелкозернистых породах употреблять обычные льняные мешки с учетом их большой засоряемости и меньшей пропускной способностью, кроме скважин, где будет производиться откачка и где льняная фильтровальная сетка быстро порвется.

§ 4. Фильтр устанавливается в скважину так, чтобы при любом положении в ней уровня воды последний не выходил за пределы фильтра, т. е. в случае откачек откачиваемая скважина должна быть оборудована фильтром от зеркала грунтовых вод и несколько ниже глубины максимального заданного понижения при откачке, а в наблюдательных скважинах — от зеркала грунтовых вод и несколько ниже глубины максимального ожидаемого падения уровня вод; в случае нагнетаний опытная скважина (в которую производится нагнетание) оборудуется фильтром, при неустойчивых стенках на всю высоту толщи, назначенной к испытанию, а в наблюдательных скважинах — на высоту ожидаемого повышения уровня.

Во всех случаях минимальная длина фильтра не может быть менее 1—2 м в наблюдательных скважинах и 3—4 м — в опытных.

§ 5. Опытные шурфы и дудки крепятся перфорированной дощатой крепью, причем дырки после перфорации не защищаются, а между стенками выработки и дощатой крепью засыпается гравий и крупный песок, (если крепь не забивная).

Если шурф или дудка продолжены скважиной, то отдельные части такой скважины-шурфа оборудуются соответственно.

§ 6. Для нагнетаний необходимо иметь возможность испытывать как всю толщ пород в комплексе, так и в отдельных ее участках; для этой цели употребляется передвижное тампонирующее устройство. Как наиболее простые и испытанные из таких устройств можно рекомендовать тампоны типа „Вашкур“ (рис. 9). Последний имеет то преимущество, что почти целиком может быть собран из обычно распространенных частей оборудования, имеющихся в каждой инженерно-геологической партии, причем диаметр тампона зависит от диаметра скважины, в которой ему назначено работать. Частями, которые надо специально изготовлять для данного тампона, являются:

а) резиновые кольца 64/53, 74/63, 84/73 мм или иных диаметров;

б) удлинение нарезанной части внутренних водоподающих труб для получения достаточного натяжения резиновых колец;

в) домкрат (утолщенная муфта с ручками);

г) перфорация нескольких отрезков труб;

д) автоматический регулятор давлений конструкции В. С. Борисова (рис. 9, № 22), представляющий собой отрезок 2" трубы с нарезками на обоих концах. На конце трубы, выбрасывающем воду, навинчивается фигурная муфта (см. рис. 9); на часть муфты, входящей в 2" трубу, опираются на заплечики 1" патрубка, а между заплечиками и муфтой набит сальник. На заплечики выводного 1" патрубка опирается металлическая пружина: другой конец ее опирается на подвижной металлический шар-клапан. Шар плотно входит в гнездо своих опорных заплечиков, укрепленных изнутри 2" патрубка трубы на вводном ее конце.

Автоматический регулятор вводным своим концом навинчивается в тройник, включенный в систему, подающую воду для нагнетания (рис. 9).

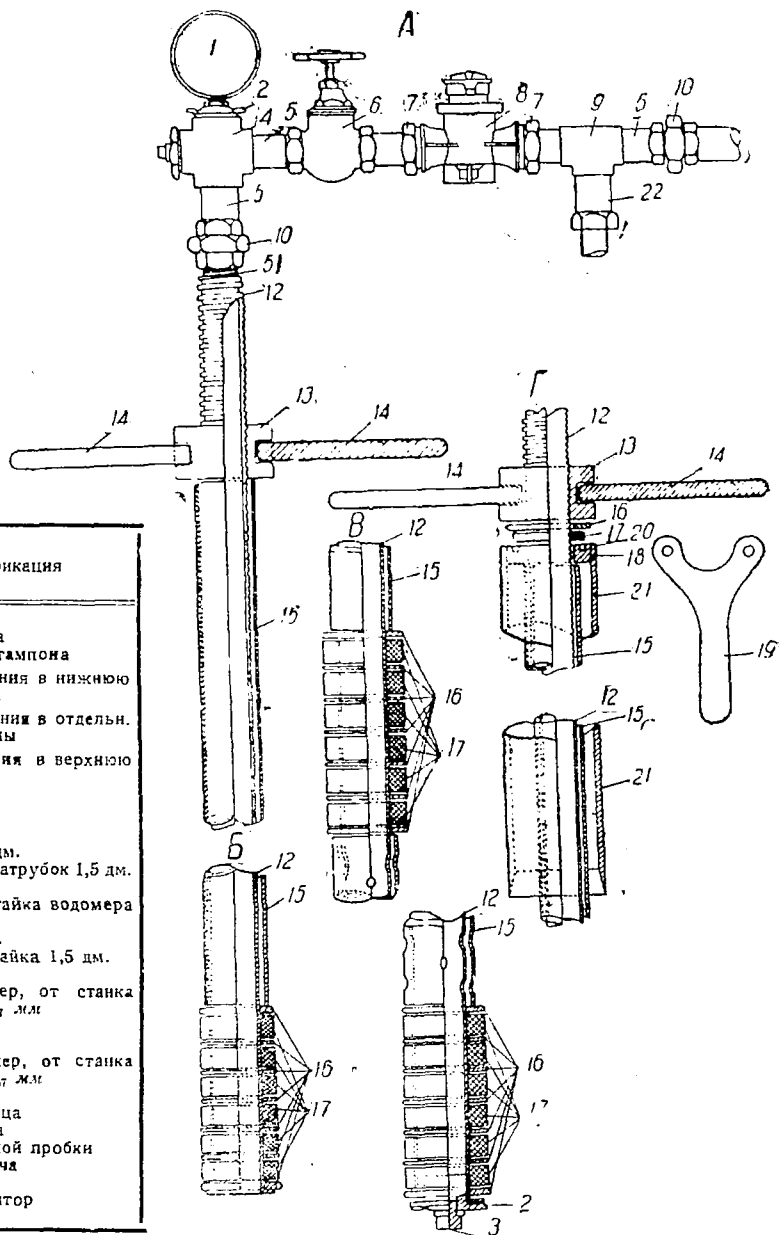
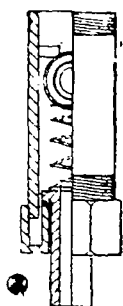
При невозможности изготовить автоматический регулятор он может быть заменен простым вентиляем.

§ 7. Тампон работает таким образом, что, при вращении домкрата на нарезке на верхнем конце внутренних водоподающих труб, последние подтягиваются вверх, в то же время наружные трубы, оставаясь неподвижными, надавливают через металлические шайбы на резиновые кольца и сжимают их. Резиновые кольца, сдавливаясь, расширяются и тесно прижимаются к стенкам скважины, изолируя часть

ее, избранную для нагнетания. Как ясно из чертежа, для нагнетаний могут быть изолированы:

а) участок скважины от забоя и до резиновой части тампона (тампон под литерой „Б“);

Деталь 22



№	Спецификация
А	Головка тампона
Б-Г	Нижние части тампона
б)	Для нагнетания в нижнюю часть скважины
в)	Для нагнетания в отдельный участок скважины
г)	Для нагнетания в верхнюю часть скважины
1	Манометр
2	Футорка 1,5 дм.
3	Пробка
4	Крестовик 1,5 дм.
5	Соединительн. патрубок 1,5 дм.
6	Вентиль 1,5 дм.
7	Соединительн. гайка водомера
8	Водомер 1,5 дм.
9	Тройник 1,5 дм.
10	Соединительн. гайка 1,5 дм.
11	Трубы 1,5 дм.
12	Трубы (например, от станка „Крелиус“ d 63,47 мм)
13	Домкрат
14	Ручки домкрата
15	Трубы (например, от станка „Крелиус“ d 63,47 мм)
16	Шайбы
17	Резиновые кольца
18	Опорная пробка
19	Ключ для опорной пробки
20	Гнезда для ключа
21	Трубы 6—4 дм
22	Автомат. регулятор

Рис. 9. Тампонирующее устройство Н. К. Тихомирова, В. С. Борисова, М. И. Кедрова и И. Е. Александрова (типа „Вашкур“ простейшей конструкции для опытного нагнетания воды в любую часть буровых скважин).

б) участок скважины от резиновой части тампона и до устья скважины (тампон под литерой „Г“) и

в) любой участок скважины (тампон под литерой „Б“).

Примечание. Если стенки скважины неустойчивы (выпадающие, сильно трещиноватые, скальные породы или мягкие, рыхлые и сыпучие породы, при-

менение тампонирующего устройства ограничено только нижней частью скважины (от забоя до тампона), так как в этом случае тампон устанавливается обычно в обсадных трубах, а в нагнетаемую часть скважины, ниже обсадных труб, должен быть установлен сетчатый фильтр.

§ 8. Сверху, на внутренние водоподающие трубы, навинчивается крестовик или тройник с манометром и воздухо-выпускным краном. К тройнику присоединяется водопроводящая система, состоящая из вентиля, водомера и тройника с автоматическим регулятором давления и шлангом, подающим воду от насоса.

Примечания: 1. Когда диаметр водомера меньше диаметра внутренних труб тампона, необходима установка двух параллельных водомеров.

2. Способы установки и работы передвижных тампонов детально разобраны в работе Н. К. Тихомирова и В. С. Борисова „Организация опытных нагнетаний при инженерно-геологических изысканиях“, Геолгиз, М. и Л., 1931, и здесь за недостатком места не повторяются.

## Б. Измерение расхода или дебита воды

§ 9. Как ясно из установки тампонирующего устройства, водомеры назначаются для определения в кубометрах объема воды, подаваемой при нагнетании в скважину. Наиболее употребительны при опытах лопастные водомеры (например, типа Мейнеке). Их водопропускная способность зависит от диаметра и дается следующей таблицей:

Таблица  
водопропускной способности водомеров типа Мейнеке

Диаметры соединительных патрубков в см	20	20	20	25	30	40	50	70	100	150
Часовой расход минимальный, при котором водомер дает точность до 2% в м <sup>3</sup>	0,060	0,075	0,110	0,150	0,300	0,400	0,700	1,0	2,0	3,0
Пропускная способность водомера м <sup>3</sup> /час	2	3	5	7	10	20	30	50	100	200

§ 10. Из таблицы следует, что при незначительных расходах воды на нагнетание водомер неприменим, и в таком случае, как и при отсутствии водомеров, учет воды производится путем забора ее насосом из системы тарированных баков, снабженных водомерными стеклами и вентилями для быстрого переключения баков, или устройствами другого типа.

§ 11. При откачках учет откачиваемой воды производится следующими способами:

а. Периодическим замером дебита при помощи тарированного ведра по секундомеру (наименее точный способ).

б. Собираем всей откачиваемой воды в тарированные бачки (баки) из которых один наполняется водой, а другой всегда опорожнен от воды. При больших дебитах записывается время наполнения всего бака, при малых—дебит записывается периодически по тарировке бака.

Возможно сконструировать автоматически опоражняющиеся тарированные сосуды; например, если взять два сосуда, имеющих вид трехгранной призмы, и соединить их по ребру призмы так, чтобы одна четырехугольная грань была общей для обеих призм, и положить на это ребро, укрепив такой сосуд на концах ребра на двух шаровых шарнирах. При такой конструкции легко можно добиться того, что при наполнении каждой призмы до определенного объема

(например, до 100 л) она автоматически опрокидывается и подставляет для наполнения водой вторую пустую призму. Установка сопровождается счетчиком.

в. При помощи водомера; в этом случае водоотводящая труба выбрасывает воду в нетарированную бочку, соединенную патрубком с другой нетарированной бочкой, где вода находится в спокойном состоянии; к последней бочке присоединена труба с водомером и вентилем, которым регулируется постоянство скорости течения воды. Установка удобна для больших дебитов откачки.

Примечание. Следует иметь в виду, что при откачках воду нельзя выливать на землю тут же, у откачиваемой скважины, или в пределах участка, а необходимо отвести ее по трубам или лоткам на расстояние, исключающее возможность ее влияния на уровни воды в опытных и наблюдательных выработках.

## В. Насосы

§ 12. Для опытных откачек и нагнетаний необходимо насосное оборудование. Для откачек применимы следующие насосы:

а. При максимальной глубине понижения уровня грунтовых вод до 7 м, считая от поверхности земли, применяются или ручные насосы „Гарда“, „Диафрагменный“, „Челенс“, „Калифорния“, „Колумбия“ и другие, если дебит откачки не превышает 25—50 м<sup>3</sup>/час, или центробежные механические насосы от 1½" и выше, если дебит откачки больше, причем при дебитах от 5,0 до 18,0 м<sup>3</sup>/час мощность центробежных насосов необходимо урегулировать заслонками.

б. При большой глубине понижения уровня воды в выработках необходимо применять штанговые цилиндрические насосы, оборудованные лебедками и двигателями (при больших дебитах) или работающие вручную при помощи обычных балансиров (при малых дебитах) или специальные электронасосы для скважин. Размеры насосов выбираются в зависимости от диаметра обсадных труб скважины и ожидаемого дебита откачки. Здесь может быть дана таблица, приведенная проф. Н. В. Бобковым.

### Насосы простого действия

Внутрен. диаметр обсадн. труб. (мм)	75	100	125	150	200
Диаметр всасывающих труб (мм)	25	32	37	50	62
„ нагнетательных труб (мм)	32	37	50	62	75
Ход поршня (в м)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Наружный диаметр цилиндра (мм)	72	85	115	143	168
Диаметр насосных штанг (мм)	10	10	12	25	25
Производительность насоса при 45 ходах поршня в мин. в л/мин	48	72	144	240	300
Мощность двигателя (л. с.)	1,5	2	4	5	7,5

### Насосы двойного действия

Внутренний диаметр труб (мм)	150	200	250	300
Диаметр всасывающих труб (мм)	50	75	100	125
Диаметр нагнетательных труб (мм)	100	150	200	250
Ход поршня (в м)	0,9	0,9	0,9	0,9
Диаметр насосных штанг (мм)	25	32	32	37
Наружный диаметр цилиндра (мм)	125	182	236	287
Производительность насосов при 25 двойных ходах поршня в минуту (в л/мин.)	300	720	1320	2040
Мощность двигателя (л. с.)	8,5	20	27	42

При отсутствии указанных насосов во многих случаях достаточно применять поршни Летестью, но не непосредственно в обсадных трубах, а опуская в скважину колонну труб с таким поршнем. Откачка может производиться как вручную (балансиром), так и меха-



нически (лебедкой и двигателем). При таком способе применения поршня Летестью достигается постоянный контроль над постоянством понижения уровня воды в откачиваемой скважине (так называемый „храп“).

§13. В случае нагнетания выбор типа и производительности насоса производится в зависимости от высоты подачи воды до устья скважины, задаваемого давления над устьем скважины на манометр и от предполагаемого расхода воды. При таких комбинациях, когда подачу воды надо производить высоко и одновременно требуется создать большое давление водяного столба над устьем скважины (случай крутых и высоких берегов и высоконапорной установки), необходимо иметь особые насосы для подачи воды до устья скважины и особые насосы для нагнетания воды в скважину; в качестве последних употребляются или плунжерные насосы (в особенности пригодны насосы „Калифорния“) и парозолотниковые (типа „Вортингтон“ или „Блэк“) с соответствующими двигателями. При небольших расходах возможно применять ручные калифорнийские насосы или обывковенного типа 2-цилиндровые пожарные насосы и насосы Гарда. Применение последних, однако, мало удобно, поскольку заранее невозможно определить возможные дебиты нагнетаний, всегда следует предусматривать необходимость получения как обычных по дебиту насосов (1—2 л в сек.), так и высоко дебитных (5—10 л в сек.).

Для подачи воды к устьям скважин применимы многокамерные центробежные насосы большой производительности (калифорнийские насосы) и, наконец, парозолотниковые насосы (см. выше); ими можно одновременно нагнетать воду.

При отсутствии на месте работ насосов, удовлетворяющих потребному расходу и давлению при нагнетаниях или подаче воды, надо иметь в виду возможность спаривания насосов для любой установки.

*Примечание.* Когда опытные нагнетания производятся зимой, большое значение для нормального проведения опытов имеет отопление водоподводящей сети, и в этом случае применение парозолотниковых насосов наиболее желательно, так как всегда возможно к локомотиву присоединить паропровод, который тогда располагается вплотную к водопроводу (по всей его длине) и, будучи затем обернут вместе с водопроводом соломенными жгутами или наклеяв или войлоком, ни при каких морозах не позволит водопроводу замерзнуть.

При отсутствии локомотива утепление приходится производить или засыпая водопровод горячим навозом сверху земли или закапывая его в землю, ниже зоны промерзания.

## Г. Замеры уровня воды

§ 14. При опытных работах важно обеспечить количественную и качественную сторону наблюдения над колебаниями уровней вод в наблюдательных выработках. Приборы и приспособления, необходимые для этих целей, приведены на рисунках, из которых конструкция их достаточно понятна. В отношении качества и возможностей применения отдельных приборов заслуживают быть отмеченными следующие:

а. „Хлопушки“ или „глухарь“ (рис. 10-а)—простейший измерительный инструмент. Пригоден в любых вертикальных выработках, но до глубины не более 10 м, после чего его точность становится чрезвычайно непостоянной. Если подвешивать его на рулеточную ленту с проволокой, могут быть получены удовлетворительные результаты и при больших глубинах.

б. „Переносная рейка“ (рис. 10-в)—лучший измеритель уровней воды в шурфах и дудках, если уровни не глубже 4 м от поверхности земли.

в. Предлагаемый Тимом тяжелый лот оканчивается снизу стальной иглой диаметром 1,5 мм, а сверху подвешен к стальной мерной ленте (рис. 10-б). Игла удобна тем, что практически не изменяется уровень воды в скважине.

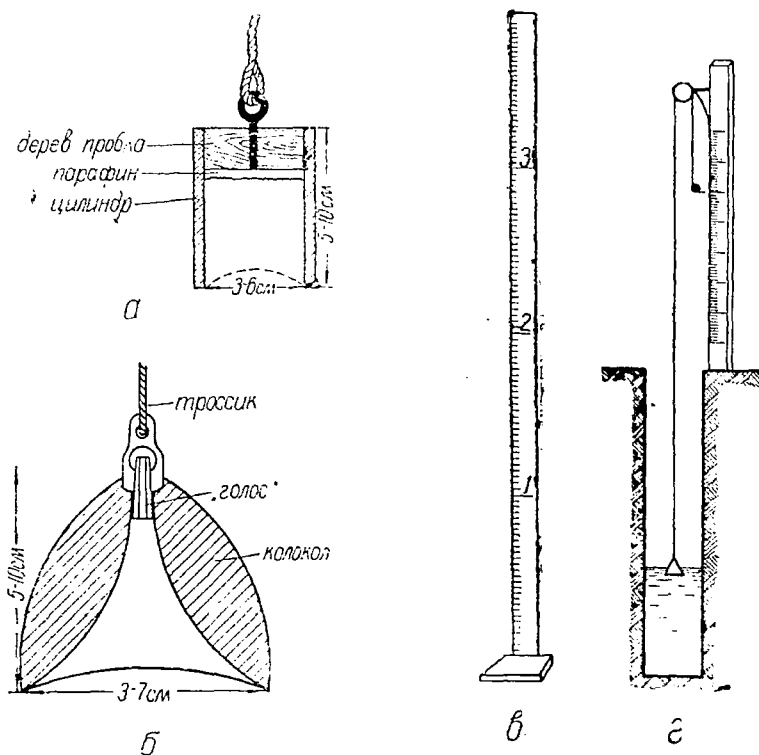


Рис. 10-а. Приборы для измерения уровней грунтовых вод в скважинах: а—хлопушка; б—хлопушка со свистком, в—рейка; г—поплавок с рейкой.

г. „Гидравлический свисток“ (рис. 10-г) с эффектом свиста при ударе о воду; по типу близок и хлопушке, но, когда он сделан достаточно тяжелым, чтобы натягивать стальную рулетку, его можно считать точным инструментом для вертикальных выработок с глубиной замера до 20—30 м.

д. „Тарелочный измеритель“ (рис. 10-ж). Отсчет берется по количеству тарелочек, наполнившихся водой при опускании измерителя в скважину.

е. Гораздо удобнее комбинация „тарелочного измерителя“ с „гидравлическим свистком“, известная под именем „прибора Ранга“ (рис. 10-е). Он пригодней для вертикальных выработок и при применении утяжелителя-штанги над тарелчатой частью прибора, может применяться для любых глубин. Чем глубины больше, тем затруднительнее пользование им.

ж. „Штанговый измеритель“ (рис. 11-а) со стальным фузеляжным тросиком, применим для вертикальных выработок с любой глубиной зеркала воды, но громоздок в работе, причем часто происходит деформация тросика, заставляя вновь его метрировать. Удобно при

работе этим измерителем применять автоматический счетчик для измерения длины части троса, опущенной в скважину (рис. 11-б). Так как для наклонных скважин штанговый измеритель является единственно применимым прибором, то мы даем его описание.

При работе штанговым измерителем следует иметь в виду, что при замере уровня воды в скважине в момент погружения штанги в воду объем воды, вытесненный штангой, поднимет уровень воды в скважине (хотя бы на небольшой промежуток времени) и истинное погружение штанги будет менее видимого, и поэтому следует заранее высчитать таблицу поправок.

Для круглой сплошной штанги истинное погружение будет:

$$h_0 = H \frac{D^2 - d^2}{D^2},$$

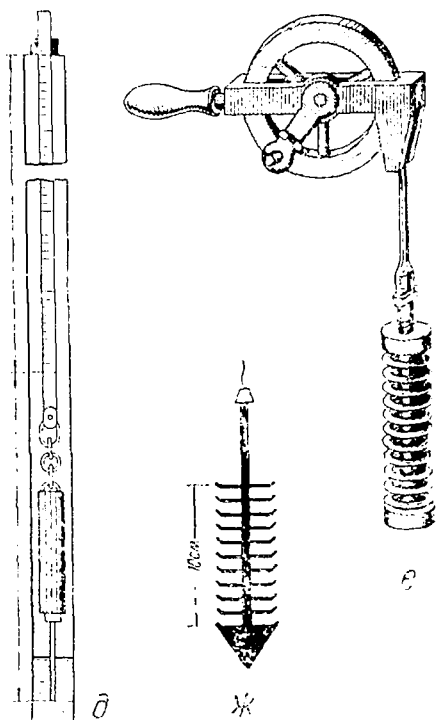


Рис. 10-б. Приборы для измерения уровней грунтовых вод в скважинах: д—тяжелый лот с иглой; е—прибор „Ранга“; ж—тарелочный измеритель.

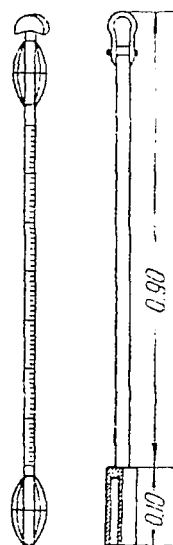


Рис. 11-а. Штанговый измеритель для наклонных скважин (слева) и с хлопушкой (справа).

где  $H$  — видимое погружение штанги в см;  $D$  — диаметр скважины в см и  $d$  — диаметр штанги в см.

Для квадратной штанги истинное погружение

$$h_0 = H \frac{0.785 D^2 - a^2}{0.7 D^2},$$

где  $a$  — толщина штанги в сантиметрах, а остальные обозначения прежние.

Очень удобно для работы комбинировать штанговый измеритель с „хлопушкой“ (рис. 11-а), так как в этом случае может быть учтен не только эффект погружения, но и эффект звука (хлопанье).

Для наклонных скважин „штанговый измеритель“ (рис. 11-а, левый) снабжается веретенообразными или конусообразными напайками, причем он также может быть снизу дополнен пглой.

Все приборы, опускаемые в скважину, должны быть очень хорошо прикреплены к прочному шпурку—тросику, так как обрыв их может привести к аварии. Бывали случаи застревания упавшего, оборвавшегося отвеса между фильтром и трубами и, как следствие,

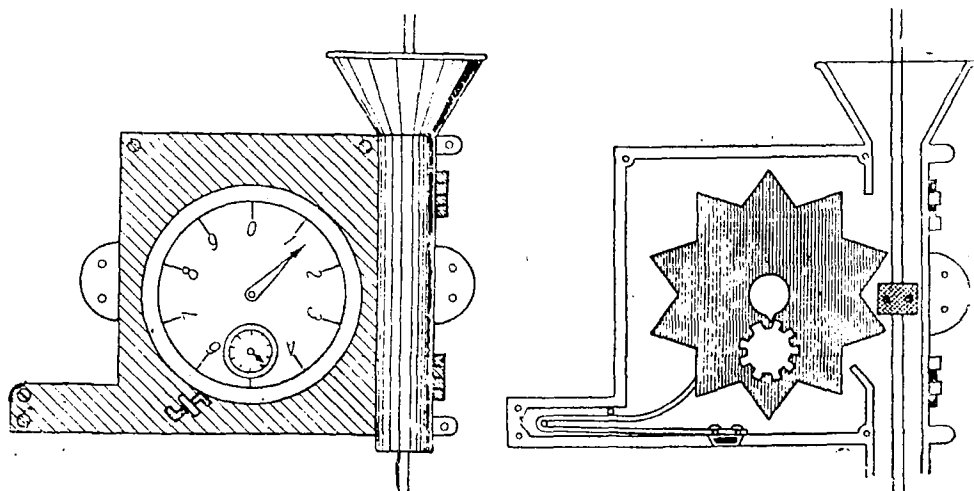


Рис. 116. Автоматический счетчик штангового измерителя.

поломка фильтра и застревание его в трубах. Лучшее всего, если измерительный прибор сделан из материала, легко дробящегося долотом, например из стекла. При неглубоком стоянии уровня воды подвешенный на мерную ленту стеклянный пузырек („мерзавчик“) с вогнутым дном, наполненный песком, хорошо исполняет роль „хлопушки“.

На рис. 14, стр. 137, дан прибор „поплавковый измеритель“, применяемый для измерения уровня воды в шахтах и колодцах.

## ОТДЕЛ II

### ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ ПО ФИЛЬТРАЦИИ

#### А. Разбивка опытных участков (системы опытных скважин)

§ 15. Полевые опытные работы на фильтрацию производятся главным образом на площадке сооружения будущей плотины, где исследуются в отношении водопроницаемости все слагающие район сооружений петрографические разности пород и кроме того в пределах одной и той же литологической толщи исследуются различные по сохранности участки. В меньшей степени эти работы относятся к водохранилищу и лишь в том случае, если в бортах водохранилища имеются места, особо опасные для устройства водохранилища.

§ 16. Опытные работы состоят в откачках грунтовых вод из скважин и других выработок и нагнетаниях вод в эти же выработки, причем либо сопровождаются наблюдениями за колебаниями уровней грунтовых вод по специальным наблюдательным выработкам закономерно расположенным вокруг опытной выработки, либо такими выработками не сопровождаются. В первом случае, т. е. когда

опыты производятся на опытном участке (или узле), результаты их бывают более точными чем во втором, т. е. при опыте с одной скважиной.

§ 17. Опытные участки разбиваются или для определения свойств наиболее характерных пород на строительной площадке вообще или приурочиваются к поперечникам в наиболее ответственных частях сооружений.

Если на изучаемом участке литологический состав пород изменяется в горизонтальном и вертикальном направлениях, необходимо увеличивать число опытных участков, когда есть основание опасаться большого расхода на фильтрацию через толщи пород, не исследованных опытными работами одного участка; иногда бывает достаточно произвести определение фильтрационных свойств пород путем опытов в отдельных скважинах.

Опытный участок на аллювиальных отложениях часто задается и тогда, когда тело плотины будет заложено на коренных породах. В таком случае этот участок имеет значение для решения вопроса о величине водоотлива из будущих строительных котлованов. Для этой же цели часто задается опытный участок на русловых аллювиальных отложениях, если их мощность превосходит 2—3 м.

§ 18. Промежутки между опытными участками исследуются откачками из одиночных выработок; последние имеют очень большое значение для детального опытного изучения фильтрационных свойств пород, хотя и дают приближенные результаты. Эти опытные выработки являются в то же время и разведочными, т. е. назначаются к опытам из числа разведочных выработок. Это тем более легко, что, как указано выше, разведочные выработки проходятся с обязательным разделением и перекрытием водоносных горизонтов.

§ 19. Выработки опытных участков могут быть расположены несколькими способами в зависимости от типа пород, их сохранности по различным направлениям, степени опасности будущей фильтрации и, наконец, от возможных сроков выполнения работ, причем последняя зависимость должна учитываться не столько в отношении уменьшения числа выработок на опытных участках, сколько по линии календарного распределения очередности подготовительных и опытных работ.

§ 20. Простейший участок состоит из 3 выработок: одной центральной (опытной) и двух наблюдательных, расположенных по одному лучу, идущему перпендикулярно направлению грунтового потока или, что хуже, по двум взаимно перпендикулярным лучам. Центральной выработкой обычно бывает или скважина или шурф, а наблюдательными—скважины.

Такой тип расположения скважин на участках может быть назначен только для зернистых и рыхлых пород и совершенно неприемлем для трещиноватых пород скального типа, в особенности если трещины имеют ясно выраженную закономерность распределения (см. § 23).

В случае опытного участка центральная опытная скважина бурится значительно большего диаметра чем остальные наблюдательные. Однако последние не рекомендуются диаметра меньше 4", а центральная—меньше 6", так как в первой нужно пространство для спуска фильтра, а во второй (центральной) скважине—для спуска фильтра и насоса.

Вторым типом опытного участка будет участок из 5 скважин, одной центральной (6") и 4 наблюдательных (4"), расположенных по двум взаимно перпендикулярным направлениям так, чтобы две сква-

жны были направлены ориентировочно по падению направления водного потока, а две—по простиранию.

§ 21. Для зернистых и рыхлых пород наиболее сложным будет участок из 9 выработок (1 центральная и 8 наблюдательных), расположенных по 4 взаимно перпендикулярным лучам, сходящимся в точке центральной выработки. Если опыт ведется под плотину, из них два луча располагаются по оси плотины, один луч направлен в верхний бьеф, и один—в нижний бьеф перпендикулярно к оси плотины. В каждом луче участка из 5 и 9 выработок имеется по крайней мере две наблюдательные выработки, что дает возможность, при вычислениях применить любую из известных формул (см. далее), т. е. проверить правильность результатов, полученных опытами, путем сравнения вычислений.

Так как вести одновременно откачку и наблюдения из центральной скважины бывает очень затруднительно и часто весь опыт проходит скачками из-за необходимости проверять уровень воды в центральной скважине, то в случае одной скважины в луче рядом с опытной скважиной в расстоянии не более 1 м выбуривается дополнительная к центральной, обслуживающая ее наблюдательная скважина меньшего (4") диаметра.

Близость этой дополнительной центральной скважины должна быть такой, чтобы она обеспечивала одновременность явлений колебания воды как в центральной, так и в этой наблюдательной скважине.

§ 22. Практически часто удается уменьшить как число лучей, так и число выработок на опытных участках, а именно:

а. На участках, намеченных для откачек воды, может быть задано лишь два взаимно перпендикулярных луча: один по оси плотины (оптимальные условия) и один в направлении верхнего бьефа (максимальная фильтрация). На каждом луче задаются две наблюдательные выработки, а в точке пересечения лучей—центральная, т. е. всего пять выработок.

б. На участках, намеченных для нагнетания воды, может быть задано также лишь два взаимно перпендикулярных луча: один по оси плотины (боковая депрессионная поверхность фильтрующегося потока) и один в направлении нижнего бьефа (будущая нормальная депрессионная поверхность фильтрующегося потока под плотину и в обход ее). Количество выработок и их взаиморасположение, как и выше (в п. „а“ § 22).

Луч по оси плотины должен быть направлен от центральной выработки в сторону ближайшего коренного берега.

в. Расстояния между выработками, примерно, могут быть выражены следующей таблицей:

Тип пород	Расстояние между выработками по каждому лучу (в м)			
	Центральн. 1 наблюд.	1 наблюд. 2 наблюд.	2 наблюд. 3 наблюд.	3 наблюд. 4 наблюд.
Песчано-глинистые	1—3	3—5	6—10	—
Пески	2—5	5—10	10—15	20—25
Гравийные и галечниковые	4—8	8—15	15—20	—

Примечание. Расстояния указаны в соответствии с примечанием к п. „б“ § 22.

§ 23. Для трещиноватых пород скального типа принимаются те же принципы расположения выработок на опытных участках в тех случаях, когда трещиноватость выражена сетью частых и безысной закономерности расщепленных трещин; для случаев же, когда трещины разбивают породу на правильные отдельные и, следовательно, имеются два-три определенных направления, опытные участки разбиваются так:

а. При двух лучах один располагается по простиранию одной системы трещин, а другой—по простиранию второй. По каждому лучу закладывается по две наблюдательных выработки, а в пересечении лучей закладывают центральную выработку, причем пересечение лучей должно быть избрано в одной из точек пересечения систем трещин.

б. При трех лучах третий луч задается или по простиранию третьей системы трещин или по падению одной из первых двух систем; в последнем случае расстояние между выработками значительно уменьшается, в особенности в случае крутого угла падения трещин.

в. Если порода разбита трещинами, как в случаях пп. „а“ и „б“ § 23, но не представляется возможным нанести ситуацию трещин на план (например, при покровах большой мощности), при разбивке лучей участка и их взаиморасположении необходимо следовать типам расположения, указанным для зернистых и рыхлых пород.

г. Во всех случаях, когда точная разбивка участков, согласно требованиям пп. „а“ и „б“ § 23, невозможна, все же в направлении и взаиморасположении лучей следует приближаться к соблюдению этих требований.

д. Расстояния между выработками могут быть выражены таблицей:

Тип пород	Расстояние между выработками по каждому лучу (в м)			
	Центральн. 1 наблюд.	2 наблюд.	3 наблюд.	4 наблюд.
1. Скальные, слабо трещиноватые	4—7	7—10	10—20	15—30
2. Скальные, сильно трещиноватые	2—5	5—8	10—15	—

§ 24. Во всех случаях для опытных участков необходимо использовать возможную часть разведочных выработок, что сокращает объем подготовленных (буровых и горных) работ и тем самым ускоряет и удешевляет исследования.

§ 25. В качестве центральных выработок закладываются как шурфы, так и скважины, причем в случае скальных пород—исключительно скважины. В качестве наблюдательных выработок—обычно скважины, а шурфы лишь в случае, если на территории опытного участка имеются разведочные шурфы, которые могут быть использованы как наблюдательные выработки при опытных работах.

§ 26. Глубина выработок на опытных участках зависит от глубины залеганий водоупорного ложа, причем:

а. На опытных участках по откачке центральная выработка должна быть доведена до водоупорного ложа, а наблюдательные могут быть остановлены ранее, и чем дальше расположена скважина от центральной, тем выше по абсолютной отметке может быть оставлен ее забой, с тем, однако, чтобы столб воды в наблюдательной выработке

был: в первой (ближняя к центральной) не менее  $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$  столба воды в центральной выработке, а во второй—не менее  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  этого же столба.

б. На опытных участках по нагнетанию наблюдательные выработки обязательно должны быть или равны по глубине центральной, если центральная доведена до ясно выраженного водоупорного ложа, или, в противном случае, должны быть глубже центральной в тем большей степени, чем дальше они от нее отстоят. Только такое построение опытного участка на нагнетании позволяет иметь уверенность, что депрессионная поверхность нагнетаемой воды будет пересечена наблюдательными выработками.

§ 27. Для учета в процессе опыта колебания уровня грунтовых вод, происходящего независимо от откачки воды, выбирается выработка (скважина или шурф), расположенная в таком удалении от опытного участка, которое обеспечивает положения ее вне депрессионной воронки, но еще находящаяся в одинаковых с опытным участком гидрогеологических условиях. Наблюдения за колебанием уровня стояния воды в ней служат для контроля правильности уровня, от которого отсчитывается понижение, даваемое работой насоса поэтому эта выработка называется „контрольной“.

§ 28. Распределение опытных участков на откачиваемые и нагнетаемые производится в зависимости от водоносности горизонтов и местоположения участков, так:

а) когда породы водоносны и имеют ясно выраженный водоносный горизонт, производится откачки;

б) когда породы сухие или надо испытать на водопроницаемость и определение будущей депрессионной поверхности породы, лежащей выше зеркала грунтовых вод,—производится нагнетание;

в) наконец, нагнетания производится и в заведомо водоносные породы, на которых будет основано тело плотины, когда надо выяснить скорости и расходы будущих фильтрационных потоков при больших напорах в наиболее ответственных местах поперечника оси плотины.

Таким образом по местоположению участков на них производятся:

а) на плечах плотины—откачки из водоносной части пород и нагнетания в сухую их часть;

б) под основанием плотины—откачки и главным образом нагнетания в породы, на которых будет основано тело плотины;

в) под котлованы в русловых и пойменных наносах—откачки;

г) соответственно сказанному и для отдельных скважин назначаются или откачки или нагнетания.

§ 29. В районах водохранилищ опытные работы по фильтрации производятся лишь в исключительных случаях и, как сказано ранее, приурочиваются к местам, наиболее опасным в смысле возможного ухода вод из водохранилища в дренирующие понижения нижнего бьефа. В таких случаях опытные участки, располагаясь на указанных местах, часто могут быть ограничены двумя лучами, разбиваемыми: один по направлению кратчайшего пути фильтрации, другой—в направлении, к нему перпендикулярном, причем в случаях, предусмотренных §§ 22 и 23 настоящей главы, опытные участки разбиваются, как в них указано.

Выбор способа опытных работ (откачки или нагнетания) производится в соответствии с § 28 данной главы, а организация опытов—в согласии с §§ 29—31.

Если один или несколько водоносных горизонтов в хорошо водопроницаемых коренных породах связаны с водоносными горизонтами



покровов пойменной части и при этом первые водоносные горизонты имеют пьезометрический уровень вод ниже отметки будущего водохранилища, то в этом случае необходимо выяснить количество воды, которое будет уводиться из водохранилища через покровные породы в водоносные горизонты коренных пород, а равным образом и степень связи этих горизонтов. Опытные участки, закладываемые для этой цели, разбиваются иначе, а именно, при сохранении схемы 2 лучей (как минимум возможен и один луч) в каждом луче бурится и оборудуется по 4 наблюдательных скважины (по две скважины на каждый водоносный горизонт), центральная же скважина закладывается в пересечении лучей и проходит во второй (нижний) водоносный горизонт, из которого и производится откачка в обычном порядке (см. выше).

Наблюдения, производимые по наблюдательным скважинам, позволяют судить о степени связи горизонтов. При такого рода опытах надо особенно обращать внимание на хорошее закрытие воды; несоблюдение этого может повести к получению искаженных данных.

При нескольких водоносных горизонтах желательно закладывать опытные участки в нескольких местах водохранилища.

## Б. Производство опытов

§ 30. Величина понижений уровня грунтовых вод при откачках задается так, чтобы каждое понижение позволяло определить коэффициенты фильтрации для отдельных зон одной и той же породы, чем либо отличных одна от другой, или для разных пород одного водоносного горизонта (если он, например, относится одновременно к галечникам и перекрывающим их пескам). Максимально понижение желательно получить близким к 75% высоты или по крайней мере равным 50% столба воды в откачиваемой выработке. Последовательность откачек должна быть такой, чтобы величина каждого последующего понижения была больше предыдущего, а не наоборот. Число понижений, при которых проводится опыт, должно быть не меньше 3, чтобы можно было построить кривую зависимости дебита от понижения.

§ 31. При опытных нагнетаниях высота уровня нагнетания по абсолютной отметке (считая либо по свободному уровню либо по давлению на манометре) должна быть не ниже абсолютной отметки зеркала будущего водохранилища. Когда уровень нагнетаемой воды несвободен, нужное давление на манометре в атмосферах равно

$$\frac{H-n}{10,38},$$

где  $H$  — абсолютная отметка будущего водохранилища, а  $n$  — абсолютная отметка устья скважины.

Таким образом нагнетание производится либо свободным наливом (свободный уровень) либо с дополнительным давлением (учет по манометру).

Последовательность нагнетаний в каждой нагнетаемой скважине должна быть такой, чтобы каждое последующее нагнетание происходило с большим столбом воды (свободный налив) или с большим давлением на манометре (нагнетание с дополнительным давлением) чем предыдущее.

Установки передвижных тампонирующих устройств в нагнетаемой скважине производятся начиная от забоя и последовательно передви-

гая тампон вверх так, чтобы каждая установка тампона давала возможность опробовать нагнетанием как различные по сохранности зоны одной и той же толщи, так и петрографически различные толщи. Всякий другой способ потребует затрат времени на восстановление уровней, удлинит и удорожит опытные исследования.

§ 32. Опытные нагнетания разрешают не только вопрос о коэффициенте фильтрации, но и являются руководящими при определении пределов распространения сильно разрушенных зон, подлежащих съему или цементации (укреплению), причем часто при нагнетаниях на более высоких установках тампона не удается достичь давлений, указанных в п. 30, что исключает возможность сравнивать отдельные зоны в случаях, когда нагнетание производится в одиночную скважину или когда при нагнетании в центральную скважину участка отсутствуют колебания уровней в наблюдательных скважинах. В таких случаях при каждой установке тампона необходимо проводить нагнетания с тремя различными давлениями на манометре или тремя уровнями свободного налива; расходы воды на нагнетания по трем точкам давлений при каждой установке тампона можно изобразить в виде кривой зависимости расхода воды от давления (уровня) и, следовательно, интерполировать на этой кривой расходы воды при нужных, сравнимых давлениях. Полученные таким образом расходы воды дадут возможность сравнить водопроницаемость отдельных зон, а сравнение полученных выводов с сохранностью пород по образцам, взятым при проходке выработок, полностью решит вопрос о зонах съема и цементации в зависимости от сохранности и водопроницаемости пород.

§ 33. При планировании следует учитывать, что средние ориентировочные сроки опытных работ могут быть выражены следующей таблицей:

Типы пород	Продолжительность опытных работ в сутках			
	Опытные участки		Одиночные скважины	
	Откачки	Нагнетания	Откачки	Нагнетания
суток				
а. Механические откачки и нагнетания				
1. Скальные породы сильно трещиноватые	15	25	0,5	1
2. Скальные породы слабо трещиноватые	20	20	1	2
3. Гравийные породы	15	20	0,5	1
4. Пески	20	30	1	2
5. Песчано-глинистые породы	30	40	2	3
6. Иловатые породы	40	50	3	4
б. Ручные откачки и нагнетания				
1. Речные породы сильно трещиноватые	20	30	1	2
2. Скальные породы слабо трещиноватые	30	40	1,5	3
3. Гравийные породы	20	30	1	2
4. Пески	30	40	1,5	3
5. Песчано-глинистые породы	40	50	2	3
6. Иловатые породы	50	65	3	4

Запись результатов по откачкам и нагнетаниям производится по формам, данным на табл. 3, 4, 5, 6, 7 и 8.

## Журнал опытной откачки

Из..... скважины (шифр), расположенной .....

дата откачки .....  
(месяц, число, год)

Абсолютная отметка устья скважины.....

Диаметр скважины и откачиваемой части .....

Глубина скважины в момент откачки.....

    "    обсадки в момент откачки .....

Длина сетки фильтра.....

Глубина верхнего края сетки фильтра.....

Диаметр фильтра ....., № сетки фильтра.....

Уровень воды перед откачкой .....

Глубина (или абсцисса отм.) водоупорного ложа.....

Описание водоносного горизонта.....

    "    водоупорного ложа.....

Время час., мин.	Промеж. времени час., мин.	Дебит за промежут. времени <i>л</i>	Дебит в <i>л</i>		Уровень воды в скваж.	Абс. отм. уровня	Примечание
			мин.	сек.			

Наблюдатель:  
Прораб  
Нач. отряда

В примечании должны быть указаны начало откачки, время появления воды и хрипа, глубина погружения всасывающего клапана, мутность воды, ее температура, перерывы и окончание откачки, время взятия пробы воды, каким насосом велась откачка и все замечания, к ней относящиеся.

Размер: ОСТ А5 148 × 210 мм.

Таблица 4

## Журнал центральной скважины (шифр)

При откачке на опытном участке (№ или название), расположенном .....  
(где)

Все сведения, указанные в заголовке таблицы 3, здесь полностью повторяются, как повторяются и форма и требования в примечании.

В форму таблицы вводится еще графа „месяц и число“

Размер: ОСТ А5 148 × 210 мм.

Таблица 5

## Журнал наблюдательных скважин (шифр)

При откачке на опытном участке № или название, расположенном.....  
(где)

Месяц и число	Время наблюдени- я		Замеры уровней воды в скважинах			
	час.	мин.	№ 1		№ 2 и т. д.	
			<i>a</i> уровень воды от устья	<i>б</i> абс. отм. уровня воды	( <i>a</i> )	( <i>б</i> )

Наблюдатель  
Прораб  
Нач. отряда  
Инж.-геолог

Все сведения, указанные в заголовке табл. 3, должны быть приведены для каждой наблюдательной скважины или в примечании или отдельной ведомостью.

Размер: ОСТ А4 210 × 297 мм.

## Журнал опытного нагнетания

- В..... скважину (шифр), расположенную.....  
 дата нагнетания.....  
 Абсолютная отметка скважины .....
1. Диаметры скважины и нагнетательной части.....
  2. Глубина скважины перед нагнетанием .....
  3. Глубина обсадки трубами в момент нагнетания .....
  4. Фильтр.
    - а) длина сетки.....
    - б) глубина верхнего края сетки.....
    - в) диаметр фильтра....., № сетки фильтра.....
  5. Уровень воды в скважине перед нагнетанием.
  6. Глубина (или абсолютная отметка) водоупорного ложа.
  7. Описание испытываемой нагнетанием породы.
  8. Описание водоупорного ложа.
  9. Применен насос (тип) и тампон (тип, и диаметр).

Время		Промежут. времени (I)		Давление			Расход в л за время *	Расход за ед. врем. л/сек	Расход в мин. на 1 пог. м	Примечание
час.	мин.	час.	в ат-мосф.	в стол-бе воды	в абс. отм.					

Наблюдатель  
 Прораб  
 Нач. отряда  
 Инж.-геолог

\* 1. При работе с кадками дебит разбивается на графы:

- а) номера кадок,
- б) показания шкалы кадок,
- в) расход воды за время  $T$ .

2. При работе с водомером:

- а) показания водомера;
- б) расход воды за время  $T$ .

В примечании отмечаются начало нагнетания, глубина установки тампона, перемены в нагнетании и прочее, к нему относящееся.

Размер: ОСТ А5 148 × 210 мм

## Журнал центральной скважины

При нагнетании на опытном участке №....., расположенном.....  
 Все сведения, указанные в заголовке в табл. 6, здесь полностью повторяются, как повторяются форма и требования в примечании.  
 В форму вводится еще графа „месяц и число“

## Журнал наблюдательных скважин

При нагнетании на опытном участке №....., расположенном.....  
 Полностью, кроме п. 9, повторяется заголовок таблицы, форма же записи наблюдений та же, что и в табл. 5.

РАСЧЕТ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТНЫХ РАБОТ НА ФИЛЬТРАЦИЮ

§ 34. На основании показаний опытных работ производится вычисление коэффициентов и расходов фильтрации, а по районам сооружения кроме того и подсчет фильтрующих площадей по оси плотины, что по водохранилищу делается на основании данных гидрогеологической съемки.

§ 35. Подсчет коэффициентов фильтрации производится по различным формулам в зависимости от рода опытных работ (откачки и нагнетания), количества скважин, одновременно участвовавших в проведении опыта, и типа пород.

§ 36. В случае откачек подсчеты ведутся по следующим формулам:

а) Дюпюи — для совершенного колодца — при мягких, рыхлых и плавучих породах; при свободном зеркале грунтовых вод и известной глубине залегания водоупорного ложа:

1) при двух и больше наблюдательных выработках на одном (каждом) луче:

$$K = \frac{q (\ln x_2 - \ln x_1)}{\pi (y_2^2 - y_1^2)} = 0,73 q \frac{\lg x_2 - \lg x_1}{y_2^2 - y_1^2} \text{ м/сутки}; \quad (1)$$

2) при одной наблюдательной выработке на одном луче:

$$K = \frac{q (\ln x - \ln r)}{\pi (y^2 - h^2)} = 0,73 q \frac{\lg x - \lg r}{y^2 - h^2} \text{ м/сутки}. \quad (2)$$

3) для откачки из одной выработки:

$$K = q \frac{(\ln R - \ln r)}{\pi (H^2 - h^2)} = 0,73 q \frac{\lg R - \lg r}{H^2 - h^2} \text{ м/сутки}; \quad (3)$$

Во всех трех формулах приняты следующие обозначения:

$K$  — коэффициент фильтрации в м в сутки;

$q$  — стационарный дебит центральной выработки, откачиваемый при данном понижении в кубометрах в сутки;

$x_2$  — расстояние дальней наблюдательной выработки от центральной в м;

$x_1$  — расстояние ближней наблюдательной выработки от центральной в м;

$y_2$  — установившаяся в результате откачки высота столба воды в дальней наблюдательной выработке, считая от уровня в ней воды до водоупорного подстилающего слоя, в м;

$y_1$  — то же по ближней наблюдательной выработке;

$h$  — то же в центральной выработке;

$H$  — средняя высота столба воды от подошвы водоносного слоя до уровня воды до откачки, в м;

$R$  — радиус депрессионной воронки, в м;

$r$  — радиус центральной выработки, в м;

$\ln$  — натуральный логарифм;

$\lg$  — десятичный логарифм;

Примечание. Радиус депрессионной воронки определяется приблизительно, что практически достаточно, так как величина радиуса входит в формулу под знаком логарифма.

Значение  $R$  может быть получено также путем расчета (см. Суриц „Водоснабжение“, т. I и проф. Ф. П. Саваренский „Производство опытных откачек“ в сборнике „Опробование месторождений полезных ископаемых“).

б) Дюпюи — для мягких и рыхлых и сыпучих пород в случае свободного зеркала грунтовых вод и неизвестной глубины залегания водоупорного ложа.

При определении коэффициента фильтрации можно принять за  $H$  высоту столба воды до откачки в центральной выработке, считая за водоупорное ложе забой скважины (выработки); такое допущение, увеличивая значение коэффициента фильтрации при пересчете на расход фильтрации, увеличивает, так сказать, запас расчета. При расчетах же на водоснабжение безопасность расчета уменьшается, что не позволяет применять этот метод для водоснабжения.

Примечание. Если глубина залегания водоупорного ложа известна, но центральная (откачиваемая) выработка не дошла до него забоем, в расчет вводится поправка Форхгеймера:

$$q = Q \sqrt{\frac{t}{h}} \cdot \sqrt[4]{\frac{2h-t}{h}}, \quad (4)$$

где  $q$  — дебит откачки из центральной выработки, в  $м^3$ ;

$Q$  — вычисляемый дебит откачки, если бы выработка была доведена до водоупорного ложа, в  $м^3$ ;

$t$  — высота стенки выработки, проницаемой для воды, считая от установившегося в центральной выработке уровня воды при откачке до забоя ее, в  $м$ ;

$h$  — высота столба воды от пониженного в центральной выработке уровня до водоупорного ложа, в  $м$ .

При расчете коэффициента фильтрации в расчетную формулу вместо полученного откачкой дебита должен быть введен вычисленный дебит.

в) Дюпюи — для мягких, рыхлых и сыпучих пород в случае напорного водоносного горизонта:

1) для двух и более наблюдательных выработок на одном луче:

$$K = \frac{q (\ln x_2 - \ln x_1)}{2\pi (y_2 - y_1) a} = 0,366 q \frac{\lg x_2 - \lg x_1}{(S_1 - S_2) a} \text{ м/сутки}, \quad (5)$$

где все обозначения, что и выше, кроме того:

$a$  — мощность водоносного слоя, в  $м$ ;

$S_1$  — стационарное понижение уровня воды в наблюдательной выработке ближней к центральной, в  $м$ :

$$S_1 = H - y_1;$$

$S_2$  — то же в наблюдательной выработке дальней от центральной:

$$S_2 = H - y_2;$$

2) для одной наблюдательной выработки на одном луче:

$$K = \frac{q (\ln x - \ln r)}{2\pi (y - h) a} = 0,366 q \frac{\lg x - \lg r}{(S_1 - S) a} \text{ м/сутки}, \quad (6)$$

где  $S$  — достигнутое, стационарное понижение уровня воды в центральной выработке при ее откачке (в  $м$ ):

$$S = H - h;$$

3) для откачки из одиночной выработки:

$$K = q \frac{(\ln R - \ln r)}{2\pi (H - h) a} = 0,366 q \frac{\lg R - \lg r}{Sa} \text{ м/сутки}; \quad (7)$$

г) Смрекера — для гравийных пород одновременно и для пород мягких, рыхлых и сыпучих, а иногда и для трещиноватых:

$$K = \frac{1}{C^{\frac{1}{m}}} = \left( \frac{1}{C} \right)^{\frac{1}{m}} = \frac{1}{\sqrt[m]{C}} \text{ м/сутки}, \quad (8)$$

где  $C$  и  $m$  — коэффициенты, зависящие от свойства породы и определяющиеся результатами 2 откачек (с меньшим и большим понижением) из центральной выработки опытного участка и установившимися при этом депрессионными понижениями в наблюдательных выработках. Для применения формулы необходимо на луче опытного участка иметь не менее одной наблюдательной выработки.

Определение коэффициента  $m$  производится по формуле:

$$\left( \frac{q_1}{q_2} \right)^m = \frac{H^{m+1} - y_1^{m+1}}{H^{m+1} - y_2^{m+1}}, \quad (9)$$

где  $q_1$  и  $q_2$  — установившиеся дебиты откачки при двух различных понижениях уровня, в  $m^3$ ;  $y_1$  и  $y_2$  — высоты столбов воды, считая от установившихся (при откачке) уровней в наблюдательной скважине до водоупорного ложа, в  $m$ ;  $H$  — что и выше.

Уравнение (9) решается графическим путем, для чего обе части уравнения соответственно приравниваются некоторым величинам  $b$  и  $l$ :

$$\left( \frac{q_1}{q_2} \right)^m = b \quad (10); \quad \frac{H^{m+1} - y_1^{m+1}}{H^{m+1} - y_2^{m+1}} = l. \quad (11)$$

Графическое построение производится в системе координат, причем по оси абсцисс откладываются значения в пределах от 1 до 2 (1,0; 1,5 и 2,0), а на соответствующих ординатах — численные выражения  $b$  и  $l$ , получающиеся при подстановке в формулы (10) и (11) принятых значений. Соединяя нанесенные точки, получают две кривые  $b$  и  $l$ ; их пересечение и решает уравнения (10) и (11), для чего, опустив перпендикуляр из точки пересечения на ось абсцисс, находят на последней значение  $m$ .

Коэффициент  $C$  определяется затем по уравнениям:

$$C_1 = \frac{m-1}{m+1} (2\pi)^m \cdot \frac{H^{m+1} - y_1^{m+1}}{q_1^m} x_1^{m-1}, \quad (12)$$

$$C_2 = \frac{m-1}{m+1} (2\pi)^m \cdot \frac{H^{m+1} - y_2^{m+1}}{q_2^m} x_2^{m-1}, \quad (13)$$

где все обозначения те же, что и выше, а  $x_1$  — расстояние от центральной до той наблюдательной выработки, по которой производится расчет результатов, в  $m$ ;  $m$  — подставляется после решения уравнения (10) и (11).

$$C = \frac{C_1 + C_2}{2} \quad (14)$$

Полученное значение  $C$  (14) подставляется в уравнение (2) для вычисления коэффициента фильтрации.

Если на луче имеется более одной наблюдательной выработки, вычисление коэффициентов  $m$  и  $C$  производится для каждой выработки

и по каждому лучу вычисляются соответственные средние коэффициенты фильтрации.

Примечание: 1. При применении формулы Смрекера к трещиноватым породам кривые  $m$  и  $l$  пересекаются не всегда в указанных пределах значения  $m$  (от 1 до 2).

2. В соответствующих случаях здесь также применяется поправка Форхгеймейера (4).

д) Для тех же пород, что и в п. „г“, но в случае напорного водоносного горизонта, применяется та же формула Смрекера (8), но вычисления коэффициентов  $C$  и  $m$  производятся по формулам:

$$m = \frac{\lg \frac{S_1}{S_2}}{\lg \frac{q_1}{q_2}}, \quad (15)$$

$$C_1 = (m - 1) \frac{S_1}{\left(\frac{q_1}{2\pi a}\right)^m} x_1^{m-1}, \quad (16)$$

$$C_2 = (m - 1) \frac{S_2}{\left(\frac{q_2}{2\pi a}\right)^m} x_2^{m-1}, \quad (17)$$

где все обозначения те же, что и выше, а  $a$  — мощность водоносного слоя, в  $m$ ;  $S$  и  $S_1$  — достигнутые при 1-й и 2-й откачках стационарные понижения уровня воды в той наблюдательной выработке, по которой производится расчет, в  $m$ .

§ 37. Данные, получаемые в результате нагнетаний, могут быть пересчитаны в величины, характеризующие проницаемость пород. Такими показателями служат:

- а) количества поглощаемой воды,
- б) коэффициент фильтрации.

В первом случае дается количество воды в  $m$ , поглощаемой скважиной на 1 *ног. м* при давлении предполагаемого подпора. Давление должно держаться 5—10 мин. Для плотин, превышающих 30  $m$ , водопроницаемость оценивается количеством воды в литрах, поглощаемых на 1  $m$ , скважины при давлении в 10  $kg$  в течение 10 мин.; если эта величина не превышает 1  $л$ , ею можно пренебречь.

Примечание. Влиянием разницы в диаметрах обычно применяемых при этом скважин пренебрегают.

Во втором случае нагнетаний применяются формулы тех же авторов, что и при откачках: Дюпюи и Смрекера—для мягких, рыхлых и сыпучих пород, а для трещиноватых—Шези и иногда Смрекера, причем они приобретают различные выражения в зависимости от метода нагнетания (свободный налив или нагнетание с дополнительным давлением) и водоносности пород (сухие или водоносные).

§ 38. При нагнетании способом свободного налива применяются формулы:

а) Дюпюи: в случае водоносных пород, с свободным зеркалом вод: 1) для двух и больше наблюдательных выработок на одном луче:

$$K = q \frac{\ln x_2 - \ln x_1}{\pi (y_1^2 - y_2^2)} = 0,73 q \cdot \frac{\lg x_2 - \lg x_1}{y_1^2 - y_2^2} \text{ м/сутки}; \quad (18)$$



2) для одной наблюдательной выработки на одном луче:

$$K = q \frac{\ln x - \ln r}{\pi(h^2 - y^2)} = 0,73 q \frac{\lg x - \lg r}{h^2 - y^2} \text{ м/сутки}; \quad (19)$$

3) для нагнетания в одиночную выработку:

$$K = q \frac{\ln R - \ln r}{\pi(h^2 - H^2)} = 0,73 q \frac{\lg R - \lg r}{h^2 - H^2} \text{ м/сутки}; \quad (20)$$

б) Дюпюи — в случае водоносных пород с напорным водоносным горизонтом:

1) для двух и больше наблюдательных выработок на одном луче:

$$K = q \frac{\ln x_2 - \ln x_1}{2\pi(y_1 - y_2)a} = 0,365 q \frac{\lg x_2 - \lg x_1}{(y_1 - y_2)a} \text{ м/сутки}; \quad (21)$$

2) для одной наблюдательной выработки на одном луче:

$$K = q \frac{\ln x - \ln r}{2\pi(h - y)a} = 0,365 q \frac{\lg x - \lg r}{(h - y)a} \text{ м/сутки}; \quad (22)$$

3) для нагнетания в одиночную выработку:

$$K = q \frac{\ln R - \ln r}{2\pi(h - H)a} = 0,365 q \frac{\lg R - \lg r}{(h - H)a} \text{ м/сутки}. \quad (23)$$

Для всех формул (18—23) обозначения приняты те же, что и для формул (1—3, 5—7); но вместо величины понижения уровня вод берется величина повышения их при нагнетании.

в) Дюпюи — в случае сухих пород, т. е. когда  $H = 0$ , формулы (18) и (19) остаются прежними, а формула (20) — при нагнетании в одиночную выработку, приобретает вид:

$$K = q \frac{\ln R - \ln r}{\pi h^2} = 0,73 q \frac{\lg R - \lg r}{h^2} \text{ м/сутки}; \quad (24)$$

г) Смрекера:

$$K = \frac{1}{C^{\frac{1}{m}}}, \quad \text{где } C = \frac{C_1 + C_2}{2} \quad (9) \quad (14)$$

1) в случае водоносных пород с свободным зеркалом вод:

$$\left(\frac{q_1}{q_2}\right)^m = \frac{y_1^{m+1} - H^{m+1}}{y_2^{m+1} - H^{m+1}}, \quad (25)$$

$$C_1 = \frac{m-1}{m+1} \cdot (2\pi)^m \frac{y_1^{m+1} - H^{m+1}}{q_1^m} \cdot x_1^{m-1}, \quad (26)$$

$$C_2 = \frac{m-1}{m+1} \cdot (2\pi)^m \frac{y_2^{m+1} - H^{m+1}}{q_2^m}; \quad (27)$$

2) в случае водоносных пород с напорным водоносным горизонтом:

$$m = \frac{\lg \frac{S_1}{S_2}}{\lg \frac{q_1}{q_2}}, \quad (28)$$

а для  $C$  — см. формулы (16), (17);

3) в случае сухих пород:

$$\left(\frac{q_1}{q_2}\right)^m = \frac{y_1^{m+1}}{y_2^{m+1}} \quad (29)$$

$$C_1 = \frac{m-1}{m+1} (2\pi)^m \frac{y_1^{m+1}}{q_1^m} x_1^{m-1} \quad (30)$$

$$C_2 = \frac{m-1}{m+1} (2\pi)^m \frac{y_2^{m+1}}{q_2^m} x^{m-1}. \quad (31)$$

Для всех формул (25—31) обозначения те же, что и для формул (9—17), но вместо величины понижения уровня вод берется величина повышения их при нагнетании.

в) Формула аналогичная Шези:

1) В случае водоносных пород с свободным зеркалом вод: для двух и больше наблюдательных выработок на одном луче:

$$K = \frac{q}{2\pi} \sqrt{\frac{\frac{3}{r} - \frac{3}{R}}{y_1^3 - y_2^2}} \text{ м/сутки}, \quad (32)$$

для одной наблюдательной выработки на одном луче:

$$K = \frac{q}{2\pi} \sqrt{\frac{\frac{3}{r} - \frac{3}{R}}{h^2 - y^2}} \text{ м/сутки}, \quad (33)$$

для нагнетания в одиночную выработку:

$$K = \frac{q}{2\pi} \sqrt{\frac{\frac{3}{r} - \frac{3}{R}}{h^3 - H^3}} \text{ м/сутки}, \quad (34)$$

2) В случае водоносных пород с напорным водоносным горизонтом, применяются те же формулы (33—34) соответственно.

3) В случае сухих пород, т. е. когда  $H=0$ , изменяется только формула (34):

$$K = \frac{q}{2\pi} \sqrt{\frac{\frac{3}{r} - \frac{3}{R}}{h^3}} = \frac{q}{2\pi} \sqrt{\frac{3}{rh^3} - \frac{3}{Rh^3}} \text{ м/сутки}. \quad (35)$$

Для всех этих формул приняты те же обозначения, что и для формул (18—23).

§ 39. При нагнетаниях с дополнительным давлением на манометре применяются формулы:

а) Дюпюи:

1) в случае водоносных пород как с свободным зеркалом вод, так и с напорным водоносным горизонтом — формулы (21—23) соответственно так:

для двух и больше наблюдательных выработок на одном луче — формула (21);

для одной наблюдательной выработки на одном луче — формула (22);

для нагнетания в одиночную выработку — формула (23).

2) В случаях сухих пород, т. е. когда  $H=0$  — формулы (21) и (22) остаются без изменения, видоизменяется лишь формула (23):

$$K = q \frac{\ln R - \ln r}{2\pi ha} \text{ м/сутки}. \quad (36)$$

Для формул (22, 23, 36) в § 39 приняты следующие обозначения:  $q$  — установившийся расход воды на нагнетание при данном давлении на манометре, в  $м^3/сутки$ ;

$x_2, x_1, H, R$  и  $r$  — те же, что и в § 36 для формул (1 — 3);

$y_2$  — установившаяся в результате нагнетания высота столба воды в дальней наблюдательной выработке, считая от уровня в ней воды до водоупорного, подстилающего слоя, в  $м$ ;

$y_1$  — то же по ближней, наблюдательной выработке;

$h$  — то же по центральной выработке, в которую нагнетают, причем  $h = H$  плюс глубина от устья скважины (по поверхности земли) до первоначального уровня воды, плюс длина патрубка тампона (над землей), плюс давление на манометре, переведенное с атмосфер на высоту водяного столба (умножением на 10,33)

$a$  — полная мощность испытываемой толщи в  $м$ .

б) С м р е к е р а:

1) Для случая водоносных пород как с свободным зеркалом вод, так и с напорным водоносным горизонтом, применяются формулы (8), (16), (17) и (14 и 15).

2) Для случая сухих пород, т. е. при  $H = 0$ :

$$m = \frac{\lg \frac{y_1}{y_2}}{\lg \frac{q_1}{q_2}}, \quad (37)$$

$$C_1 = (m - 1) \left( \frac{2 \pi a}{q_1} \right)^m \cdot y_1 a_1^{m-1}, \quad (38)$$

$$C_2 = (m - 1) \left( \frac{2 \pi a}{q_2} \right)^m \cdot y_2 x_2^{m-1}, \quad (39)$$

$$C = \frac{C_1 + C_2}{2} \text{ и } K = \frac{1}{C \frac{1}{m}}$$

В случаях как водоносных, так и сухих пород приняты следующие обозначения:

$q_1$  и  $q_2$  — установившийся расход воды при первом и втором нагнетании с двумя различными давлениями на манометре, в  $м^3/сутки$ ;

$S_1$  и  $S_2$  — достигнутые при первом и втором нагнетании повышения уровня вод в той наблюдательной выработке, по которой производится расчет, в  $м$ ;

$y_1$  и  $y_2$  — установившаяся в результате первого и второго нагнетания высота столба воды в этой же выработке, считая от уровня воды в ней до водоупорного подстилающего ложа, в  $м$ ;

$x_1$  — расстояние от центральной выработки до той наблюдательной, по которой производится расчет в  $м$ ;

$a$  — полная мощность испытываемой толщи в  $м$ .

1) В случае водоносных пород, как с свободным зеркалом вод, так и с напорным водоносным горизонтом:

для двух и больше наблюдательных выработок на одном луче:

$$K = \frac{q}{2 \pi a} \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_2}}{y_2 - y_1}} \text{ м}^2/\text{сутки}; \quad (40)$$

для одной наблюдательной выработки на одном луче:

$$K = \frac{q}{2\pi a} \sqrt{\frac{1 - \frac{u}{x}}{r - \frac{u}{h-y}}} \text{ м/сутки}; \quad (41)$$

для нагнетания в одиночную выработку:

$$K = \frac{q}{2\pi a} \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{R}}{r - \frac{1}{h-H}}} \text{ м/сутки} \quad (42)$$

2) В случае сухих пород формулы (40 и 41) не изменяются, а формула (42) приобретает вид:

$$K = \frac{q}{2\pi a} \sqrt{\frac{1}{rh} - \frac{1}{RH}} \text{ м/сутки}. \quad (43)$$

Обозначения те же, что и для формул (37—39).

§ 40. При обработке материалов на опытных участках работа значительно ускоряется, если при проведении опытов в поле наблюдателями-техниками, ведущими смену, составляются ежемесячно кривые (графики):

а) дебита воды в единицу времени: на ординате откладывается дебит, на абсциссе—время;

б) колебания уровней воды в отдельных выработках с отметкой по ординате—уровень в абсолютных отметках, по абсциссе—время.

По таким графикам моменты установления стационарных дебитов и уровней определяются очень быстро.

В поле графики также имеют большое значение как для технического контроля течения опыта, так и для определения момента прекращения его, что, как сказано, определяется достижением стационарности дебита воды и уровней воды в контрольных выработках.

Формы записей различных типов, удобных также и для составления графиков, см. в приложениях № 3—8.

§ 41. При камеральной обработке материалов по каждому опытному участку необходимо составлять:

а) геологический профиль опытного участка с нанесением на него горизонтов воды до опытов и в результате опытов;

б) план расположения выработок на опытном участке с нанесением на него гидронизогипс до опытов и в результате опытов;

в) таблица полученных в результате опытов коэффициентов фильтрации.

Все это должно быть совмещено на каждом участке (рис. 12 и 13).

§ 42. В случаях, когда опробованию подлежат сухие песчаные, галечные или трещиноватые породы с большой водопроницаемостью и малой капиллярностью, притом не на больших глубинах, кроме опытных участков и отдельных скважин для нагнетания, закладываются шурфы для определения коэффициента фильтрации путем наливаания в них воды (метод проф. А. К. Болдырева).

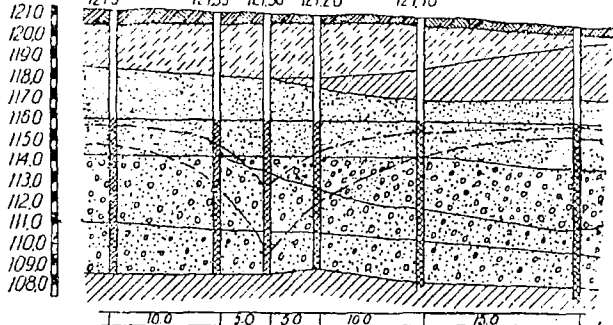
Столб воды в шурфе (5—10 см) поддерживается постоянным при помощи постоянного доливания в него воды сверху из тарированных баков, по которым и измеряется дебит наливаания. Удобно при небольших дебитах применять здесь устройство типа „банки Мариотта“ большого объема.

Высота воды в шурфе контролируется рейкой, установленной неподвижно в шурфе или поплавочным измерителем (рис. 14), поплавков которого в таком случае надо заключать в неподвижную

геологические профили

по скв. NN 3, 2, 1, 4, 5, 6

скв. N3 скв. N2 скв. N1 скв. N4 скв. N5



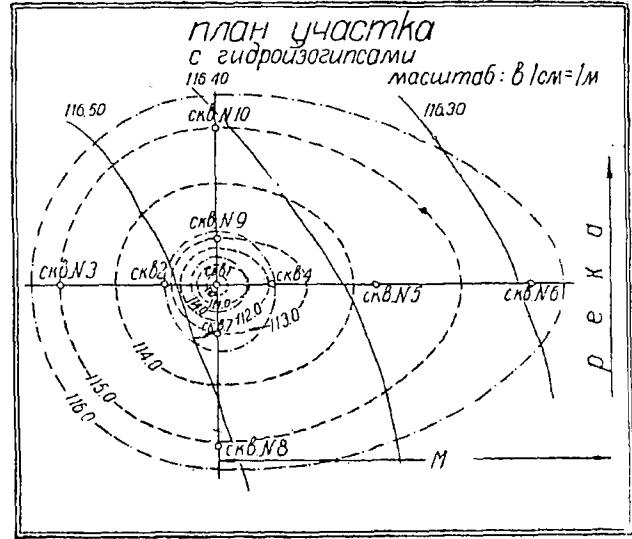
116.55	116.50	116.48	116.48	116.40	116.30	----- первонач. ур
115.83	115.21	115.00	115.00	115.55	115.90	----- I пониж. "
113.00	113.15	109.50	112.12	114.52	115.64	----- II пониж. "

по скв. NN 7, 8, 19, 10

скв. N8 скв. N7 скв. N1 скв. N9 скв. N10



110.53	116.50	116.48	116.48	116.35	----- первонач. ур
115.78	114.90	113.00	114.95	115.70	----- I пониж. "
113.08	113.05	109.50	113.03	115.00	----- II пониж. "

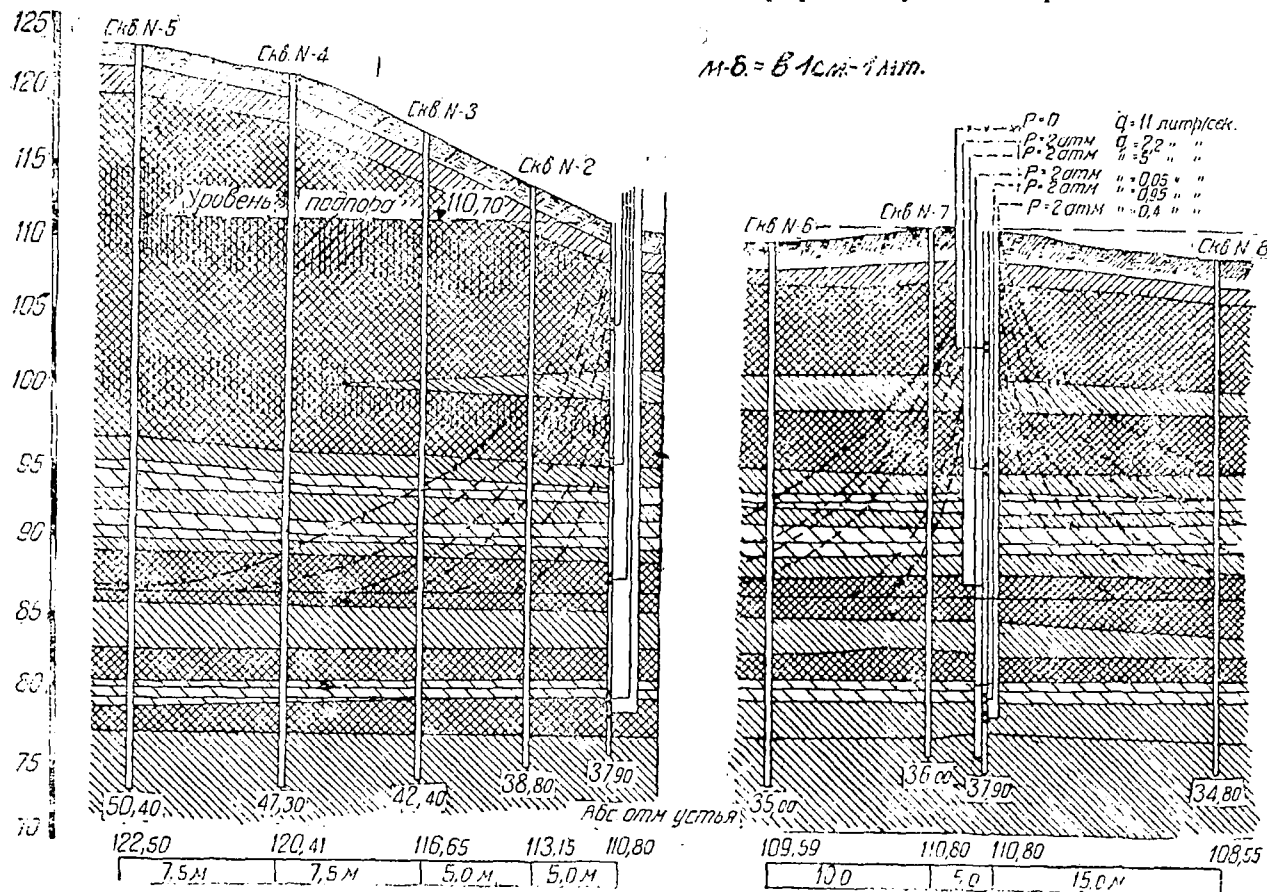


условные обозначения:

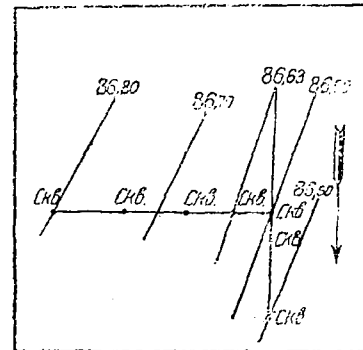
- почвенный слой
- суглинки
- песок крупно-зернистый с гравием и галькой
- глина
- песок средне-зернистый
- галька с гравием

Рис. 12. Геологический разрез с кривыми депрессии и план с гидронзогеипсами при откачках.

УЧАСТОК №  
Геологические профили с кривыми депрессии.



План участка с гидроизогипсами



Условные обозначения:

- Почвенный слой. Песок
- Глина тощая Слабопесчаная
- Песчаник известков. мелкозернист. трещиноватый
- Глубина установки тампона
- Глина тощая трещинов. / глина
- Известк. мергель трещинов.
- Песчаник с прослойками пластной глины (ВАН) мелкозерн.

Рис. 13. Геологический разрез с кривыми депрессии и план с гидроизогипсами при магнетании.

трубку, укрепленную на шурфе так, чтобы верхний ее конец был всегда выше уровня воды, а нижний не касался дна шурфа.

Момент окончания опыта определяется установленным постоянным (стационарным) дебитом в единицу времени.

Расчет коэффициента фильтрации ведется по формуле:

$$K = \frac{Q}{F} \quad (44)$$

где  $Q$  — установившийся дебит, в пересчете на  $м^3/сутки$ ;

$F$  — фильтрующая площадь дна шурфа в  $м^2$ .

Примечание. Опыт дает весьма приближенные и неточные значения коэффициента фильтрации, обычно значительно преувеличенные.

Для получения более стандартных условий выполнения опытов „по Болдыреву“ рекомендуется применять железное цилиндрическое кольцо из листового железа (отрезок широкой трубы) высотой 12 — 15 см и диаметром 25 — 35 см с заостренным нижним краем, как у башмака колонны буровых (труб скоп по внешней поверхности — рис. 15а). Кольцо забивается в дно шурфа и из середины его выбирается порода на глубину 10 см. В процессе опыта вода подливается вровень с верхним краем кольца.

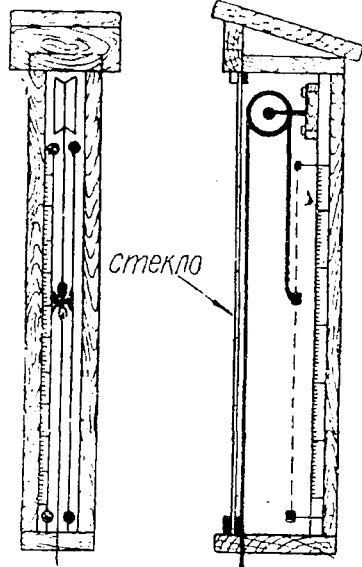


Рис. 14. Поплавковый измеритель с закрытой рейкой (с открытой рейкой см. рис. 10-г).

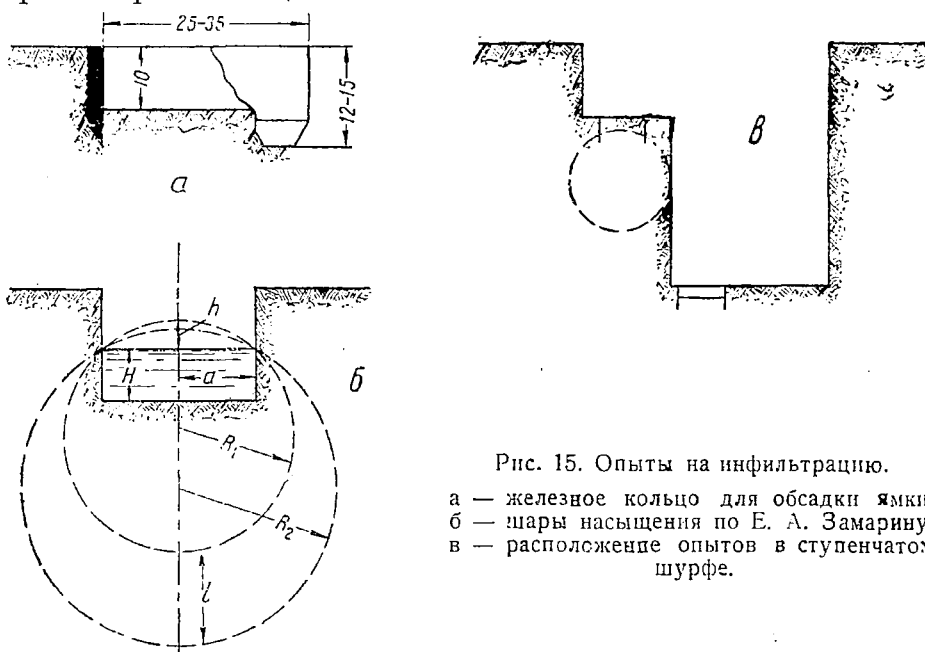


Рис. 15. Опыты на инфильтрацию.

а — железное кольцо для обсадки ямки;  
 б — шары насыщения по Е. А. Замарину;  
 в — расположение опытов в ступенчатом шурфе.

Расчет коэффициента фильтрации по формуле (44) исходит из предположения, что вода из шурфа просачивается вниз в виде потока с вертикальным ограничением, как это имеет место в легко прооницаемых песках и галечниках.

В породах глинистых и пылеватых: лессах, лессовидных суглинках, суглинках, супесях и пылеватых песках, в которых капиллярные явления хорошо выражены, расчет коэффициента фильтрации по методу Е. А. Замарина дает лучшие результаты.

Расчет строится на предположении, что просачивающаяся в грунт вода заполняет все поры в шарообразном пространстве. Гранничные поверхности этого непрерывно увеличивающегося шара остаются все время проходящими через периметр верхнего края воды в лунке, в которую наливают воду, (если стенки лунки не сделаны водонепроницаемыми (рис. 15-6).

Если:

$a$ —половина поперечника лунки;

$h$ —высота шарового сегмента над водой (для простоты предполагаем ее постоянной);

$H$ —высота слоя воды в лунке;

$R_n$ —радиус шара смачивания, постепенно увеличивающийся;

$p$ —пористость грунта;

$W_n$ —объем влитой в лунку порции воды, то для некоторого (1-го) момента замера, когда лунка поглотила количество воды  $W_1$ ,

$$\left[ \frac{4}{3} \pi R_1^3 - \pi aH - 0,52 h (3a^2 - h^2) \right] p = W_1$$

$$\text{и } h = R - \sqrt{R^2 - a^2}.$$

Если вторая порция влитой воды  $W_2$ , то приращение объема шара смачивания будет:

$$4,19 \left( R_1^3 - R_2^3 \right) \frac{W_2}{p},$$

а радиус этого шара

$$R_2 = \sqrt[3]{R_1^3 - \frac{W_2}{4,19 p}}.$$

Средняя скорость движения воды по оси лунки будет

$$V = \frac{2R_2 - 2R_1}{t_2} = \frac{2}{t_2} (R_2 - R_1),$$

где  $t$ —продолжительность впитывания в лунку порции воды  $W_2$ .

Определить, при каком градиенте происходит впитывание воды, затруднительно, так как величина его может быть 1 и больше. В конце опыта движение перестает подчиняться закону Дарси.

По данным Е. А. Замарина отношение  $V$ , рассчитанное по этому способу для лессов в районе Джунского канала (Ср. Азия), к коэффициенту фильтрации для этих пород— $K$  в зависимости от продолжительности опыта меняется следующим образом:

Время от начала опыта в часах	2	4	6	12
$V_1 : K$	2,26	1,15	1,05	0,65

Если скорость инфильтрации ( $V_2$ ) рассчитывать исходя из поверхности инфильтрации в лунке (смачиваемой поверхности), то отношение скоростей инфильтрации к коэффициенту фильтрации будет в те же моменты:

$$V : K \quad | \quad 4,5 \quad | \quad 3,2 \quad | \quad 3,4 \quad | \quad 2,6,$$



т. е. для получения  $K$  для расчетных величин  $R$  надо вводить поправочный коэффициент от 0,3 до 0,4.

Вместо получения радиуса смоченной сферы путем расчета можно по окончании опыта (например по прошествии 4—6 час.) разрыть лунку, сделав разрез по диаметру и определить действительные значения  $R$  путем измерения. Глубина промачивания, деленная на время и умноженная на пористость (в долях единицы), даст среднюю скорость инфильтрации  $V_3$ .

При производстве опытов на инфильтрацию в шурфах следует учитывать, что при самой тщательной работе по истечении 2 час. кальматация снижает скорость впитывания примерно на  $\frac{1}{3}$ .

Для производства опытов на разных глубинах в одном шурфе его делают ступенчатым. В этом случае, при опытах на верхних площадях, можно дополнить наблюдения замером времени появления промачивания стенки уступа ниже опытной ступени (рис. 15в).

#### ОТДЕЛ IV

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ГРУНТОВОГО ПОТОКА

§ 43. Направление грунтового потока определяется следующими способами:

а. Точной одновременной нивелировкой статического (пьезометрического) уровня воды в 3 точках (не менее), расположенных в вершинах треугольника со стороной, имеющей не менее 100 м. По разнице абсолютных отметок в этих точках (скважинах, шурфах, колодцах) строятся обычным способом гидронизогипсы, а линия, нормальная к ним, изобразит направление потока.

б. Способом поплавок—только при наличии выработок с диаметром более 1 м. В выработку опускаются два легких поплавка (или насыпаются опилки), устанавливаются у противоположных стенок, и за ними производится частое наблюдение. Движение поплавков укажет направление потока, причем для устранения внешних явлений устье выработки тщательно закрывается. Этот способ весьма неточен.

в. Способом Ульферта который в практике употребляется очень редко и потому здесь не описывается (см. Сурин. „Водоснабжение“ т. I).

§ 44. Определение скоростей грунтового потока производится выяснением направления его, что позволяет выбрать и расположить закономерно пункты наблюдений. Способы определения таковы:

а) подкрашивание воды путем запуска в грунтовый поток красящего вещества или запуска соли или хлористого аммония  $NH_4Cl$ , причем определение результатов может быть произведено:

- 1) калориметрически,
- 2) химическим путем,
- 3) электролитическим путем (по Слехтеру),
- б) воспроизведения искусственных волн;
- в) способом Ульферта.

§ 45. Способ подкрашивания состоит в запуске краски в одну из верхних (по течению потока) выработок и в последующем наблюдении за появлением и прохождением краски в выработках или по естественным выходам вод ниже по потоку. Обычно достаточно 3 пункта (выработок), расположенных от среднего веером (сектором) по направлению потока. Краска запускается в пункте, отвечающем самой высокой части потока.

Для кислых вод применяются краски: метиленовая синька, анилиновая синька, понсо красная 2К.

Для щелочных вод—флюорантрон, флюоросцеин, эозин, эритрозин и красная конго.

Перед запуском краски для кислых вод растворяются в слабой кислоте (2—4 см<sup>3</sup> на 1 г сухой краски), а для щелочных вод—в щелочи (например в нашатырном спирте).

В выработке большого диаметра и естественные открытые водо-токи краска запускается прямым вливанием; при запуске же в сква-жины применяются способы:

а) разбивания желонкой бутылки с краской (рис. 16а), но при этом способе трудно определить момент разби-вания;

б) металлического стакана (рис. 16б) или сетчатого стакана с бумажным внутренним стаканом (рис. 16в); при этом способе нет гарантии моментальности запуска из-за неодновременного и неполного опораживания цилиндра;

в) с помощью бездонного металлического цилиндра с верхними и нижними внутренними заплечиками (рис. 16г); на нижних заплечиках, хорошо смазанных техническим вазелином, лежит легкий жестяной диск, легко выби-вающийся в выработке при слабом ударе о зеркало уровня воды; после этого опусканием того же цилин-дра до забоя скважины и последующим его вытаски-ванием производится перемешивание краски в воде сква-жины.

Количество запу- скаемой краски раз- лично и зависит от водопроницаемости и адсорбционных способностей поро- ды. Для разных крас- ок может быть дана следующая ориен- тировочная таблица количества краски в г (сухой навески) на каждые 10 м дли- ны пути:

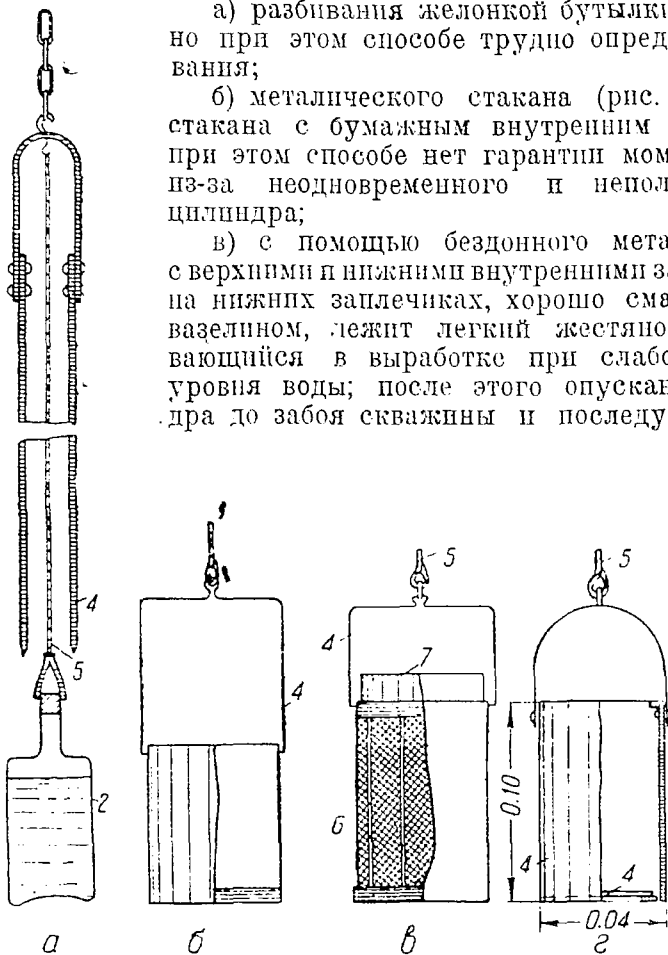


Рис. 16. Приборы для запусков индикаторов в выработку.

Название краски	Д л я п о р о д в з			
	Песчаных	Глинистых	Трещинова- тых	Закарсто- ванных
Флюорантрон	2—10	5—20	2—20	2—10
Флюоросцеин	"	"	"	"
Эозин	"	"	"	"
Эритрозин	"	"	"	"
Понсокрасная 2 К	10—30	10—40	10—40	10—40
Красная конго	20—60	20—60	20—80	20—80
Метиленовая синька	"	"	"	"
Амминовая голубая	"	"	"	"

Скорость движения потока определяется на основании построения графика (кривой) изменения концентрации краски в наблюдательных выработках (рис. 17), составляемого при просмотре проб воды, вынимаемых из них через промежутки от 5 до 20 мин. для карстовых и сильно трещиноватых пород и от 30 мин. до нескольких часов и дней для остальных пород.

Пробы воды вынимаются из выработок простейшими приборами-приспособлениями, изображенными на рис. 18 а-г. При надобности же выбора с определенной глубины (скорость отдельных струй) пользуются приборами типа батометров.

Определение концентрации раствора краски в пробе производится с помощью флуороскопа (см. Н. К. Тихомиров. „Определение направлений и скоростей движения подземных вод в различных породах“. Геолгиз. ГГРУ. М. и Л. 1931).

Скорость движения потока вычисляется по формуле:

$$V = \frac{l}{t} \text{ м/сутки}, \quad (45)$$

где:  $l$  — расстояние между пунктом запуска и наблюдения в м. При разбивке этих пунктов следует учитывать, что  $l$  должно быть для

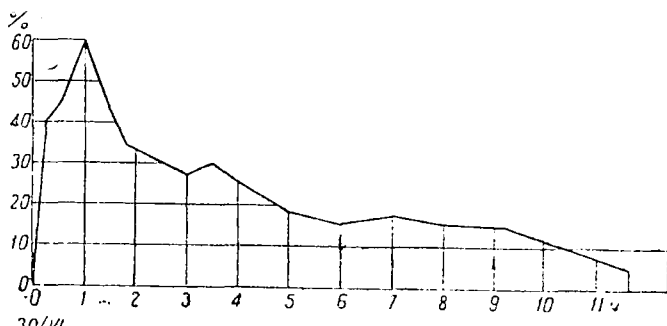


Рис. 17. График наблюдений за прохождением флюоресцина.

пород песчаных от 2 до 5 м, галечниковых от 5 до 15 м, глинистых от 0,5 до 2 м, трещиноватых от 5 до 50 м и карстовых не менее 50 м;

$t$  — получаемое с графика время, прошедшее от момента запуска краски до появления наибольшего окрашивания (максимума) воды в наблюдательном пункте; осторожнее, впрочем, принимать для расчета не максимум окрашивания, а первое появление краски или по крайней мере точку, соответствующую середине между началом резкого повышения концентрации краски в контрольной выработке и ее максимумом.

§ 46. Запуск поваренной соли и хлористого аммония в количестве от 2 до 200 г лучше производить в виде концентрированного раствора. При малых диаметрах выработок он неудобен тем, что изменяет естественный режим потока. Производится он при том же расположении выработок, причем определение максимума солености делается или химическим путем, с помощью титрования с  $\text{AgNO}_3$  (отыскивая наибольшее количество осадка  $\text{AgCl}$ ) или способом Сликтера (электрометрическим).

Способ Сликтера заключается в следующем: латунный никелированный электрод (толщины  $3/8''$ , длины  $48''$ ), изолированный от обсадных труб деревянными пробками, погружается в нижнюю по течению скважину и соединяется при помощи медной проволоки с гутапер-

чевой изолировкой с одним из полюсов батарей и с обсадными трубами верхней скважины. Обсадные трубы нижней скважины соединяются с другими полюсами батарей, и в цепь вводится стрелочный амперметр или самопишущий амперметр с коммутаторными часами.

Электролит запускается в верхнюю скважину, причем движение его автоматически записывается по отсчетам амперметра. Расчет ведется

на основа ни кривой тем же способом. (Подробности: Ch. S. Slichter. „Подземные воды“. Перев. А. Стопневича. СПб. 1912).

§ 47. Способ воспроизведения искусственных волн весьма неточен и применим лишь в выработках большого диаметра и с небольшими расстояниями между наблюдательными пунктами.

Способ Ульферта применим при одной скважине. Состоит он в том, что в скважину опускается специальный водонепроницаемый цилиндр так, что между внутренней поверхностью фильтра скважины и внешней поверхностью цилиндра остается небольшой промежуток. Оболочка цилиндра во время его опускания орошается раствором краски, причем в неподвижной воде краска окрашивает оболочку вертикальными полосами, в случае же движения воды в грунтовом потоке прямые линии краски на

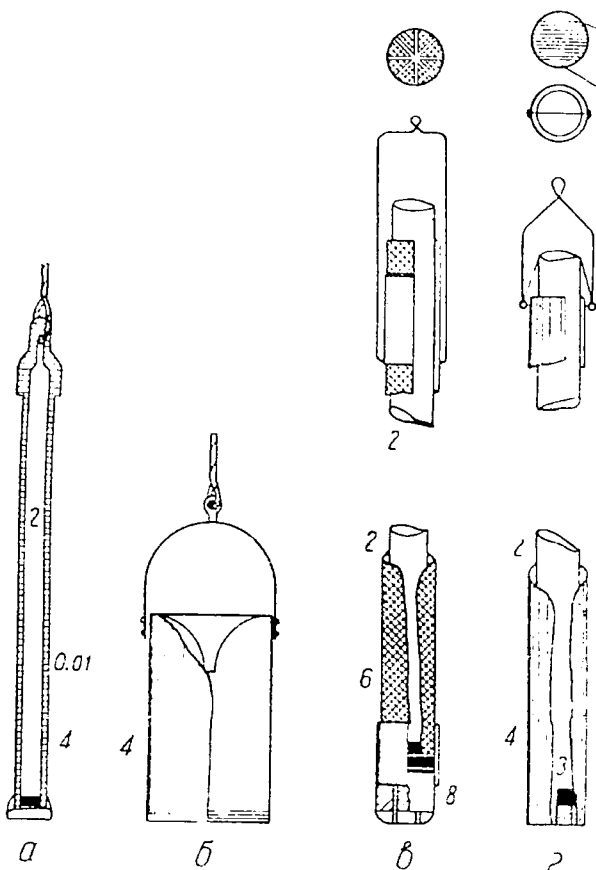


Рис. 18. Приборы для взятия проб воды с индикатором: 1—дерево, 2—стекло, 3—резина, 4—металл, 5—шнур, 6—проволочная сетка, 7—бумага, 8—дробь.

оболочке заменяются различно размытыми косыми полосами, причем отклонение полосок от вертикали тем больше, чем больше скорость движения воды. Цифровое выражение скорости получают путем лабораторных опытов, пропуская через прибор воду с различными, но точно известными скоростями; сравнивая с полученными лабораторными результатами полевые результаты, устанавливают скорости грунтового потока.

Этот же прибор определяет и направление потока, которое будет нормально вертикальному осевому сечению, проходящему через наиболее отклоненные, красочные оболочки цилиндра.

#### ОТДЕЛ V

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ

§ 48. Действительные скорости фильтрации под плотину и в обход ее после создания верхнего напорного бьефа определяются по формуле:

$$V_m = \frac{K \cdot J}{\rho} = \frac{K}{\rho} \cdot \frac{H}{a} \text{ м/сутки}, \quad (47)$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации породы, по которой происходит фильтрация;  $p$  — пористость ее и объем;  $H$  — высота напора в верхнем бьефе;  $a$  — ширина

основания плотины на определяемом участке.

Кроме вычисления по указанной формуле определение действительных скоростей фильтрации производится при опытных нагнетаниях воды в скважины с давлением равным  $H$ .

При определении ширины заложения флютбета необходимо, чтобы  $V_m - V_0 < V_{крит.}$  (критической скорости).

§ 49.  $V_0$  — скорость падения в стоячей воде взвешенных минеральных частиц малого диаметра — определяется формулой Стокса:

$$V_0 = \frac{2}{36} d^2 g \frac{(\gamma_1 - \gamma)}{\eta} \text{ в см/сек.} = 48 d^2 g \frac{(\gamma_1 - \gamma)}{\eta} \text{ в м/сек.,}$$

где  $g$  — 981 см/сек. или округляя 1000;

$d$  — диаметр частиц в см;

$\gamma$  — удельный вес воды;

$\gamma_1$  — удельный вес наносов;

$\eta$  — коэффициент вязкости воды

$$\eta = \frac{0,01814}{1 + 0,0336793 T + 0,0002209936 T^2}$$

$V_0$  — для частиц более крупного диаметра вычисляется по формуле Мосткова:

$$V_0 = 5,1 \sqrt{d} \text{ м/сек.}$$

$$\text{или } V_0 = 518400 \sqrt{d} \text{ м/сутки,} \quad (49)$$

при этом принимается, что удельный вес наносов равен 2.

§ 50. Критические скорости, сопровождающиеся размыванием грунта и механической суффозией, могут быть приближенно вычислены по формуле Зихарда:

$$V_{кр} = \frac{\sqrt{K}}{15}, \quad (50)$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации породы.

Величина скорости, вызывающей вследствие создания большого гидродинамического напора выширания грунта, определяется по формуле К Терцаги:

$$V_{кр} = \frac{K}{\varphi} \cdot I_{кр}, \quad (51)$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации;

где  $\varphi$  — пористости

$I_{кр}$  — критический уклон, при котором происходит размывание породы

$$I_{кр} = (\gamma - 1) (1 - \varphi),$$

где  $\gamma$  — удельный вес породы и  $\varphi$  — пористость.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН СЪЕМА И ЦЕМЕНТАЦИИ И ПОДСЧЕТ РАСХОДА ВОДЫ  
НА ФИЛЬТРАЦИЮ В РАЙОНЕ ПЛОТИНЫ

§ 51. Зона съема определяется в зависимости от следующих факторов:

а) строительных задач, требующих той или иной конфигурации строительных котлованов;

б) физико-механических свойств пород как оснований сооружений, что определяется разведкой и соответствующими полевыми и лабораторными опытными работами (см. далее);

в) гидравлических свойств пород (водопроницаемости их), что определяется опытными работами и наблюдениями.

Во всех случаях подлежат съему торфянистые породы, ил, засоленные грунты и развалы твердых коренных пород, в том числе аллювий, и сильно разрушенные трещиноватые зоны, если на них непосредственно ложится тело плотины.

§ 52. Зоны, где съем пород не требуется, обязательно опробываются в отношении свойств, указанных в пп. „б“ и „в“ § 51 и в следующих случаях:

а) если физико-механические свойства окажутся неблагоприятными, принимаются меры к укреплению пород, главным образом—цементация и химическое укрепление и т. д.

б) если гидрологические свойства пород заставляют предполагать большой и опасный расход воды на фильтрацию, в дальнейшем приводящий к размыванию пород или ухудшению их физико-механических свойств,—необходимо принять меры по кальматации (гидронизация, асфальтизация, цементация, глинизация, химическое укрепление).

Зоны цементации и кальматации обычно легко определяются путем откачек с разными понижениями и нагнетаний с различными установками тампонирующего устройства, о чем см. § 31 настоящей главы.

Примечание. В случае мягких и сыпучих пород одной из мер, применяемых в зоне кальматации, является забивка шпунтовых рядов; в карстовых районах весьма рациональным способом кальматации считается гравийнопесчаноглинистая засыпка.

§ 53. Зона съема и нижняя граница сооружений определяют верхнюю границу площади фильтрации под плотину; нижняя граница площади фильтрации определяется либо наличием водоупорных пород, либо (при их отсутствии)—результатами разведки и опытных нагнетаний с разными установками тампонов (см. § 31 настоящей главы). Боковая граница площади фильтрации определяется депрессионной поверхностью, полученной в результате опытных нагнетаний на участках, расположенных в плечах плотины (см. выше § 32). Подсчет площадей фильтрации в случаях различных литологических пород ведется несколько разными методами, о чем см. подробнее у Н. Б. Бобкова „Инженерно-геологические исследования в связи с проектировкой различных инженерных сооружений“.

§ 54. Расход воды на фильтрацию в случае трещиноватых пород вычисляется по формуле:

$$Q = K \cdot F' \sqrt{y} = KF' \sqrt{\frac{H}{l}}, \quad (52).$$

где  $K$  — коэффициенты фильтрации пород в м/сутки;

$F'$  — фильтрующая площадь в м;

$H$ —высота подпорного уровня воды в м;

$l$ —длина пути фильтрации в м.

Поскольку в природных условиях значения  $K$ ,  $H$  и  $l$  переменны на разных участках плотины, указанная общая формула складывается из ряда ей подсобных:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n, \quad (53)$$

$$\text{где } Q_1 = K_1 l'_1 \sqrt{\frac{H_{1cp}}{l_{1cp}}}; \quad Q_2 = K_2 l'_2 \sqrt{\frac{H_{2cp}}{l_{2cp}}};$$

$$Q_n = K_n l'_n \sqrt{\frac{H_{ncp}}{l_{ncp}}}.$$

Значения те же, что и выше, но применительно к отдельным частям расчетной площади, при этом:

а. Значения  $K_1, K_2, \dots, K_n$ —получаются из опытов.

б. Значения  $l'_1, l'_2, \dots, l'_n$ —получаются графически.

Геологический профиль плотины и план ее разбиваются на участки с примерно одинаковыми длинами путей фильтрации ( $l$ ) и примерно одинаковыми напорами ( $H$ ), считая последние от абсолютной отметки зеркала водохранилища до отметки горизонта земли; длины путей фильтрации считаются по прямой линии, соединяющей одинаковые горизонталы верхнего и нижнего бьефов на данном расчетном участке.

Отдельные площади фильтрации получаются при этом как произведение фильтрующей высоты породы на данном участке на длину его по оси плотины.

Примечание. В пределах отдельных фильтрующих площадей следует также производить более дробную разбивку их в соответствии с опытными определениями коэффициентов фильтрации и либо вести расчет расхода фильтрации по дробным участкам (с теми же градиентами), либо вычислить средний коэффициент фильтрации для данной отдельной площади фильтрации по формуле:

$$K_{cp} = \frac{K^I f_I + K^{II} f_{II} + K^{III} f_{III} + \dots + K^n f_n}{F} \quad (54)$$

где  $K^I, K^{II}, K^{III}, \dots, K^n$ —коэффициенты фильтрации дробных участков данной фильтрующей площади в м/сутки;  $f_I + f_{II} + f_{III} + \dots + f_n = F$  соответствующие или дробные площади фильтрации в м<sup>2</sup>.

Второй способ менее точен.

в) Значения  $H_{1cp}, H_{2cp}, H_{3cp}, \dots, H_{ncp}$  определяются по формуле

$$H_{1cp} = \frac{H_1^I + H_1^{II}}{2}, \quad (55)$$

где  $H_1^I$ —разность между абсолютными отметками зеркала водохранилища и земли на начальной точке отдельного фильтрующего участка (считая по оси плотины);  $H_1^{II}$ —то же на конечной его точке; в то же время  $H_1^{II} = H_2^{II}$ , расстояние между  $H_1^I$  и  $H_1^{II}$  есть длина фильтрующего участка, считая по оси плотины.

г) Значение  $l_{1cp}, l_{2cp}, \dots, l_{ncp}$  определяется по формуле:

$$l_{1cp} = \frac{l_1^I + l_1^{II}}{2}, \quad (56)$$

где  $l_1^I$ —длина пути фильтрации, измеряемая, как указано выше, от начальной точки отдельного расчетного фильтрующего участка (соответствующей точке  $H_1^I$ ;  $l_1$  то же от конечной его точки (соответствующей  $H_1^{II}$ ; перпендикуляр от  $l_1^I$  к  $l_1^{II}$  равняется длине участка.

Приведенный расчет дает наиболее короткие пути фильтрации и, следовательно, увеличивает расход на фильтрацию. Могут быть приняты и более точные методы подсчета (см. указанную выше книгу проф. Н. В. Бобкова).

§ 55. Расчет расхода фильтрации в мягких, рыхлых и сыпучих породах производится по формуле:

$$Q = KFI \quad (57)$$

и для галечников кроме того может быть принята формула:

$$Q = KFI^{\frac{1}{m}} \quad (58)$$

В приводимых формулах обозначения те же, что и в § 54, причем  $Q_{\text{общ.}}$  определяется так же как сумма расходов по отдельным площадям:

$$Q_{\text{общ.}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n.$$

Подсчет фильтрации по отдельным площадям ведется тем же методом.

Показатель степени ( $m$ ) берется для галечников из результатов полевых опытов.

Примечание. При заложении плотины на мягких или сыпучих породах большой мощности практически водоупорное ложе вычисляется по графику, на абсциссе которого наносится глубины пород в м, а на ординате скорости фильтрации на этих глубинах, вычисляемые по формулам Дюпюи или Смрекера (для галечников). Кривая, построенная по полученным точкам, укажет глубину зон, где практически скорости будут ничтожны и, следовательно, зона эта в расчете может быть принята за водоупорную.

§ 56. Общая потеря воды на фильтрацию в районе плотины во всех породах равняется сумме потерь воды на фильтрацию в различных породах.

#### ОТДЕЛ VII

### ВОДООТЛИВ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОТЛОВАНАХ ПРИ СООРУЖЕНИИ ПЛОТИНЫ

§ 57. При рытье строительных котлованов в русловой и пойменной частях речной долины, в зависимости от мощности толщи удаляемых наносов, могут быть применены два способа удаления воды:

- а) при помощи откачки насосами из котлована;
- б) путем предварительного искусственного понижения уровня грунтовых вод.

§ 58. В случае откачек воды насосами из котлованов общее количество воды в кубометрах в сутки, на которое следует рассчитывать мощность насосной установки, вычисляется по формуле:

$$Q = 0,002 L \sqrt{HK}, \quad (59)$$

где  $L$ —длина котлована в м,

$H$ —мощность водоносной части насосов в м,

$K$ —коэффициент их фильтрации в м/сутки.

При этом радиус влияния откачки из котлована ( $R$ ) получается из уравнения:

$$R = 575 S \sqrt{HK}, \quad (60)$$

где  $S$ —величина понижения уровня грунтовых вод в котловане в м.



§ 59. При сильно водоносных породах и значительной глубине котлована искусственное понижение уровня грунтовых вод необходимо производить с помощью насосных установок в буровых колодцах, расположенных в несколько ярусов, при этом рытье котлована лучше всего производить отдельными секциями, длиной каждая не более двух радиусов влияния откачки.

Глубина колодцев в каждом ярусе (по Кусакину) должна быть в пределах водоносного горизонта, не менее:

$H = 2S_0 + 0,5$  м или  $H = 2S_0 + 1,0$  м, где  $S_0$  — требуемое понижение уровня воды в котловане, в м.

Радиус влияния откачки для каждого яруса определяется формулой (60).

Количество воды, подлежащее откачке из колодцев каждого яруса, вычисляется из уравнения:

$$q_n = \frac{1 \cdot 36 (2H - S_0) S_0 K}{\lg R - \lg X_0}, \quad (61)$$

где  $X_0 = \sqrt{x_1 x_2 x_3 \dots x_n}$ , при этом  $x_1, x_2 \dots x_n$  — расстояния в м каждого колодца в данном ярусе откачки котлована, расположенного на пересечении его осей;  $K$  — коэффициент фильтрации пород в м/сутки. Общий дебит откачки из всех ярусов для определения мощности насосной установки получается из уравнения:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 \dots + q_n \text{ м/сутки.}$$

#### ОТДЕЛ VIII

### ПОДСЧЕТ ФИЛЬТРУЮЩИХ ПЛОЩАДЕЙ И ПОТЕРЬ ВОДЫ НА ФИЛЬТРАЦИЮ ПО ВОДОХРАНИЛИЩУ

§ 60. Подсчет потерь воды на фильтрацию по водохранилищу производится лишь в случае, если в пределах затопления его находятся водопроницаемые породы, или сухие или водоносные, но с зеркалом грунтовых вод в любых далеко удаленных от водохранилища точках, ниже зеркала водохранилища; в иных случаях фильтрация из водохранилища не будет иметь места.

§ 61. Для подсчета потерь воды на фильтрацию необходимо знать:

а. Величину (в м<sup>2</sup>) фильтрующих площадей ( $F$ ) как наносов, так и скальных трещиноватых пород. За фильтрующую площадь принимается произведение из средней протяженности фильтрующих пород на среднюю высоту этих пород в пределах подпора, причем фильтрующие площадки в разных местах водохранилища разбиваются на отдельные участки с различными средними градиентами.

б. Коэффициенты фильтрации  $K$  в м/сутки отдельных водопроницаемых пород. Они берутся по данным полевых и лабораторных опытных работ с карты коэффициентов фильтрации для водохранилища; при резко различных коэффициентах фильтрации подсчитываются отдельные площади фильтрации для каждого коэффициента; при близких значениях берутся средние значения коэффициента фильтрации.

в. Подпор воды —  $H$  в данном месте водохранилища, в м, который определяется:

1) для сухих пород — как разность абсолютных отметок зеркала водохранилища и зеркала реки до подпора;

2) для водоносных пород — как разность абсолютных отметок зеркала водохранилища и наивысшего пьезометрического уровня подземных вод на пути будущей фильтрации;

г. Длину пути фильтраций в м, определяемую по карте в соответствии с вышесказанным в главах 1 и 2.

§ 62. Подсчет воды для каждого фильтрующего участка водохранилища ведется по формулам:

а. Для нескальных пород:

$$q = Fk \frac{H}{2} \text{ м}^3/\text{сутки},$$

б. Для скальных трещиноватых пород:

$$q = Fk \sqrt{\frac{H}{\alpha}} \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

Общая потеря воды на фильтрацию в борта водохранилища:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n.$$

Если скальные трещиноватые породы не обнажены, но обладают большей водопроницаемостью нежели их покровы, подсчет потерь воды на фильтрацию в них ведется с принятием коэффициента фильтрации их покровов, так как последние регулируют проникновение воды в скальные трещиноватые породы.

Если скальные трещиноватые породы не обнажены и обладают меньшей водопроницаемостью нежели их покровы, подсчет потерь воды на фильтрацию ведется с учетом собственного коэффициента фильтрации скальных пород.

#### ОТДЕЛ XI

#### ОБЩИЙ ПОДСЧЕТ ВОДЫ НА ФИЛЬТРАЦИЮ

§ 63. Сумма потерь воды на фильтрацию в районе плотины и в районе водохранилища даст численное выражение полной потери воды на фильтрацию ( $Q$  *полн.*). Означенная величина фильтрации должна быть сопоставлена в среднем с минимальным расходом воды в реке, чтобы тем самым выяснить рентабельность водохранилища и иметь допустимый процент потерь от минимального расхода реки (обычно он не должен превышать 5—10% от расхода реки).

§ 64. Потери от просачивания из канала зависят от состояния и геологического строения подстилающих грунтов. Могут быть три случая.

Первый случай. Дно канала находится очень высоко над уровнем грунтовых вод, и количество просачивающейся воды мало по сравнению с возможностями грунтового потока, воспринимающего добавочную воду. Грунт приблизительно равномерно проницаем. Уровень грунтовых вод и после наполнения канала остается глубоко ниже дна канала. Ширина дна— $b$ , горизонтальная проекция откосов— $b_1$ , ширина зеркала в канале  $b + 2b_1$ . Ширина пространства, занятого просачивающейся водой, ниже дна канала несколько увеличивается и дальше книзу остается постоянной, с отвесными границами. Ширина его  $(b + 2b_1) n$ , где  $n = 1$  до 1,4. В более глубоких зонах этого потока градиент = 1. Поэтому потеря  $q$  на единицу длины канала при коэффициенте фильтрации  $q = n (b + 2b_1) K$ . Таким путем получается верхнее граничное значение, которое в действительности не достигается.

Второй случай. Дно канала расположено так же, но оно менее проницаемо чем нижележащий грунт. Просачивающаяся вода не заполняет последний целиком, а в нем вместе с водой присутствует

воздух. Количество просачивающейся воды зависит от проницаемости поверхностной фильтрующей пленки и глубины воды в канале ( $l$ ). Если  $k$  — количество воды, просачивающейся через единицу поверхности при  $t = 1$ , то  $q = (b + 2b_1) kt$ .

Третий случай. Зеркало грунтовых вод поднимается после наполнения канала до зеркала в последнем. Обозначим:  $i_0$  — градиент грунтового потока до наполнения канала;  $i_1$  — то же после наполнения канала;  $l_1$  — средняя глубина зеркала грунтовых вод над подошвой его после наполнения канала, именно с той стороны, где имеется приток. Тогда  $q = kt_1 (i_1 - i_0)$ . Величины  $t_1$  и  $i_1$  колеблются в зависимости от геологического строения в очень широких пределах.

Большое значение имеет нарушение строения грунта, особенно при связных грунтах. Коэффициент фильтрации в его естественном (целинном) состоянии (с естественной структурой, с трубочками от корней растений, ходами землероев и пр.) иногда в 10 000 000 раз больше чем у этого же грунта, замешанного с 30—70% воды.

При постройке канала в глинах будущая смачиваемая поверхность переминается в процессе работы ногами рабочих, колесами и пр., и поэтому ее оприщиваемость снижается. Проницаемость ненарушенных грунтов поределяется на монолитах, защищенных парафинированием.<sup>1</sup>

На практике обычно можно ограничиться определением проницаемости грунтов с нарушенным строением (см. метод Казагранде, часть II, гл. 4). Ее определяют исходя из наблюдений над капиллярным поднятием по способу Казагранде. Грунт набивают в цилиндр  $40 \times 200$  мм, ставят его концом с медной сеткой на воду и наблюдают, через сколько времени влага поднимается на 2, 4, 6 и т. д. см.

Если высота  $x$ , время  $t$ , то делая  $\lg x^2$  абсциссами,  $\lg t$  — ординатами, получаем для каждого грунта некоторую прямую, точка пересечения которой с осью  $x$  является  $\lg m$ .

Проницаемость  $k = \frac{m^2}{A} \cdot \frac{e}{1+e}$ , где  $e$  — коэффициент пористости;

$A = 7,66 \cdot 10^4$ . При перемежающихся грунтах надо сделать большее число определений.

Для третьего случая нужен опытный бассейн и приток большой, т. к., как показал опыт Волго-Дона, при малом искажаются результаты.

#### ОТДЕЛ X

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ БУДУЩЕГО УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В БОРТАХ ВОДОХРАНИЛИЩА

§ 65. Когда отдельные промышленные предприятия или городское и сельское хозяйство в отдельных районах водохранилища непосредственно не затопляются, но могут подвергаться опасности в каком-либо отношении (нарушение условий устойчивости, заболачивание, подтопление водопроводной и канализационной сети и т. д.) в результате подпора подземных вод со стороны водохранилища, — необходимо выяснить будущий уровень подземных вод в бортах водохранилища в этих районах.

§ 66. Для этой цели в таких районах производится:

а. разведочные работы для точного построения гидрогеологических профилей;

б. наблюдения за колебаниями уровней грунтовых вод в течение гидрологического года для выяснения зависимости этих колебаний от поверхностных агентов и режима воды;

<sup>1</sup> Terzaghi. Sickerverluste aus Kanalen. Die Wasserwirtschaft. Wien 1930, 318—330.

в. определения количества выпадающих осадков коэффициента стока, величины испарения и т. д. для выяснения расхода грунтового потока;

г. опытные откачки из отдельных скважин и на опытных участках для определения коэффициента фильтрации пород; по данным откачек возможно также определить расход грунтового потока (см. формулы выше).

§ 67. Определение будущего уровня подземных вод в результате подпора со стороны будущего водохранилища производится по следующим формулам:

а) Проф. Н. Н. Павловского:

$$h_1 = \eta_1 h_0, \quad (62)$$

причем  $\eta$  получается из уравнения

$$\psi(\eta_1) = \eta_1 + \lg n (\eta - 1), \quad (63)$$

в то же время  $\psi(\eta_1)$  вычисляется по формуле:

$$\psi(\eta_1) = \psi(\eta_2) - \frac{\Delta h_{\text{дон}}}{h_0}, \quad (64)$$

где

$$\frac{\Delta h_{\text{дон}}}{h_0} = \frac{i l}{h_0}$$

$\psi(\eta_2)$  вычисляется по формуле:

$$\psi(\eta_2) = \eta_2 + \log n (\eta^2 - 1), \quad (65)$$

где

$$\eta_2 = \frac{h_2}{h_0} \text{ и } h_0 = h_{\text{ср}} \frac{i_{\text{пов}}}{i_{\text{дон}}}$$

В указанных формулах приняты следующие обозначения:

$h_2$  — разница абсолютных отметок зеркала будущего водохранилища и водоупорного его ложа;

$h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{скв}} - h_{\text{урез}}}{2}$ , где  $h_{\text{скв}}$  — мощность водоносного слоя в сква-

жине ближайшей к реке и  $h_{\text{урез}}$  — мощность водоносного слоя у уреза воды; между последующей (второй от реки) скважиной и ближайшей (первой)

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{скв}_2} - h_{\text{скв}_1}}{2} \quad \text{и т. д.}$$

$i_{\text{пов}}$  — уклон зеркала подземных вод, причем соответственно с  $h_{\text{ср}}$ : для уреза реки и скважины к ней ближайшей;

$i_{\text{пов}}$  равно частному от деления разности абсолютных отметок уровня воды в двух точках на расстоянии между ними;  $i$  и  $i_{\text{дон}}$  — уклон поверхности водонепроницаемого ложа, вычисляемый для разных точек аналогично с  $i_{\text{пов}}$ .

$\Delta h_{\text{дон}}$  — разность отметок водоупорного ложа между соответствующими (как и выше) точками;

$l$  — расстояние между ними;

$h_1$  — искомая высота столба воды над водоупорным ложем в породе после подпора (в каждой данной точке соответственно);

$h_0$  может быть вычислено из значений расхода и коэффициента фильтрации, а именно:

$$h_0 = \frac{k_0}{k},$$

при этом  $h_0 = \frac{q}{i}$ , а как и выше,  $i = \frac{\Delta h_{\text{дон}}}{l}$ .

В последнем уравнении обозначения следующие:

$q$  — расход потока,

$k$  — линейный коэффициент фильтрации водоносных пород.

При применении формулы проф. Н. Н. Павловского все расчеты следует вести начиная от уреза воды в реке к скважине ближайшей к реке; затем от этой скважины к следующей дальней и т. д.

б) А. А. Краснопольского:

$$h_1 = \sqrt{\frac{2Q}{\varphi k} l + h_2^2}, \quad (66)$$

где

$$Q = \varphi k \frac{H_1 + h}{2} \cdot \frac{H_1 - h}{l},$$

где  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $k$ ,  $l$  те же, что и в формуле Павловского;

$H_1$  — высота столба воды в данной скважине над водоупорным ложем;

$h$  — то же в реке;

$\varphi$  — коэффициент пористости пород (объемный);

$Q$  — расход фильтрации на единицу длины.

Формулы применимы в случаях, когда водоупорное ложе или горизонтально или имеет небольшой уклон.

в) Проф. Малишевского:

$$i_2 = i \frac{h_1}{h_2}, \quad (67)$$

где  $i_2$  — уклон грунтового потока после подпора,

$i_1$  — " " " " до " "

$h_2$  — высота столба воды в данной точке над водоупорным ложем после подпора,

$h_1$  — то же до подпора.

Все расчеты ведутся начиная от уреза реки как и при применении формулы Н. Н. Павловского, причем первый подсчет (от реки до первой скважины) производится по формуле:

$$h_2 = \frac{h_2 - h}{l} = i \cdot h, \quad (68)$$

где  $h_2$  — искомая высота столба воды в первой скважине после подпора;

$h_1$  — высота столба воды в первой скважине до подпора;

$h$  — высота столба воды в водохранилище на данном поперечнике после подпора (известна из задания),

$l$  — расстояние между первой скважиной и урезом водохранилища (определяется по карте);

$i_1$  — уклон грунтового потока между этими же точками до подпора (определяется наблюдениями);

$h_2$  — определенная из уравнения (68) как известная уже величина, войдет в уравнение для первой и второй скважины и т. д.

В случае применения указанных формул абсолютные отметки будущих уровней грунтовых вод (разные отметки водоупорного ложа в соответственных точках плюс будущий столб воды в этих точках над водоупорным ложем) наносятся на точную топографическую основу и затем обычным способом строятся гидронзогипсы будущего зеркала подземных вод.

Формула Малишевского применима при условии: 1) горизонтальности или весьма слабого уклона водоупорного ложа и 2) однород-

ности свойств пород в отношении водопроницаемости (равные или очень близкие коэффициенты фильтрации).

Примечание. Определение будущего уровня подземных вод в районах, указанных в § 65, часто является фактором, определяющим высоту подпора у плотины.

## ОТДЕЛ XI

### ОПЫТНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОМАЧИВАНИЯ

§ 68. Опыты по замочке котлованов выполняются следующим образом<sup>1</sup>.

1. Котлованы задаются на трассе канала, причем желательнее, чтобы отметки их дна отвечали проектным отметкам дна канала. Глубина и ширина котлованов равны поперечному сечению канала, длина—не менее ширины. Дно котлованов должно быть горизонтальным. При заложении нескольких котлованов на одном участке расстояние между ними принимается не менее 40 м. При рытье котлована отвалы располагаются только с двух сторон так, что короткие стороны котлована остаются свободными от отвалов.

2. После окончания земляных работ производится нивелировочная съемка участка с тем расчетом, чтобы нивелировка охватывала площадь, расширяющуюся не менее чем на 50 м в стороны от бровок котлована. Каждая из выемок должна быть пересечена не менее чем двумя створами реперов, расположенными не ближе чем в 40 м от бровок выемок. В частности, в результате нивелировки необходимо получить данные для точного определения емкости котлованов при различной степени наполнения. При условии, если в непосредственной близости к котловану топографически ниже располагается обрыв или склон, съемкой захватываются и последние.

3. Для учета уровня воды в каждом котловане устанавливается не менее двух реек, причем укреплены они должны быть не только в дне, но и в стенках котлована. Ноль реек должен быть увязан нивелировкой.

4. Разведочные шурфы, преследующие цели характеристики грунта в его естественном состоянии, задаются до начала опытов на расстоянии не менее 10 м от бровки выемок. В дальнейшем шурфы могут быть использованы для наблюдений за появлением и распространением в стенках видимой влажности.

5. Начиная с момента пуска воды в котлован ведется ее учет как водосливами, так и рейками на протяжении всего опыта. В частности, фиксируются количество воды и время, ушедшее на наполнение котлована до требуемой отметки. Поддержание воды в котловане на постоянном уровне регулируется оттоком излишка воды, также учитываемого водосливом.

6. Попутно наблюдается и капиллярное перемещение воды (видимым наглаз увлажнением грунта) в стенках котлована и в стороны от его бровок.

7. На протяжении всего опыта ведутся наблюдения над деформациями грунтов (осадка или карстовые явления) как в откосах и на дне выемки, так и в зоне, ее окаймляющей. Наблюдения эти ведутся путем повторной нивелировки по точкам, отвечающим предварительной нивелировке. Сроки нивелировки определяются скоростью явления деформаций. Осадка дна котлована во время его заполнения водой отмечается промерами с помощью специально сооружаемых мостков или плота. Сверх того все замеченные явления фиксируются

<sup>1</sup> Тр. Ср.-Аз. Н.-иссл. инст. прр. 1932, 5. Решетки, М. М.

в дневнике с точным указанием времени и сопровождаются зарисовками и в плане и профиле. При этих наблюдениях следует руководствоваться прилагаемыми ниже указаниями.

8. При наличии обрыва или склона вблизи опытного бассейна следует вести наблюдения и здесь (деформация грунта, появление воды и т. д.).

9. При осушении котлована необходимо наблюдать за сохранностью скважин, если они задаются в котловане.

10. Параллельно с наблюдениями на опытных котлованах под наблюдение берется и подводящая и отводящая сеть, питающая опытный участок.

§ 69. При изучении осадков в лессовидных грунтах надлежит отмечать:

а) распространение явлений осадок (непрерывное, прерывистое) по магистрали, распределителям, оросителям;

б) ширина полосы вдоль каналов, охваченной деформацией;

в) зависимость распространения и ширины деформирующейся зоны от общего характера рельефа и геологического строения;

г) симметрия и асимметрия в развитии осадок по отношению к каналу;

д) характер трещин, очерчивающих оседающие массивы; протяженность, ширина и глубина их; характер стенок; развитие трещин в целинном и насыпном грунте;

е) признаки размыва стенок трещин, образование шахт и галерей (см. карстовые явления);

ж) наклон поверхностей оседающих массивов (целинного и насыпного грунта), амплитуда смещения отдельных терас оседания;

з) характер деформации в местах прорывов каналов.

§ 70. Изучение карстовых явлений в лессе требует следующего:

а) дается описание элементов карстового рельефа (шахт, подземных галерей, слепых оврагов и т. д.), зависимость и расположение этих элементов по отношению к основному рельефу участка;

б) при описании шахт надлежит отмечать расстояние шахты от обрыва или склона, диаметр и глубину, характер стенок и дна шахты, признаки размыва и оседания грунта, наличие выводной галереи;

в) при описании галерей—соотношение ее с другими элементами, протяженность, форму и размеры поперечного сечения, очертание в плане, продольный профиль, признаки размыва по дну;

г) при описании карстовых оврагов—протяжение и очертание в плане, продольный и поперечный (в различных частях оврага) профили, характер склонов, наличие подземного и поверхностного размыва по склонам и в голове оврага, наличие и характер мостов, образуемых целинным грунтом, и характер выводного отверстия (галерей);

д) при описании выводных отверстий галерей и оврагов чрезвычайно существенно наличие или отсутствие признаков выноса размываемого грунта (плоских конусов выноса), которое следует отмечать.

§ 71. При описании деформаций в районе сооружений в местностях с лессовым покровом надлежит описывать и повреждения в различных частях сооружений.

При изучении деформаций необходимо установить связь между деформациями и норами землероев.

Описание следует сопровождать фотографированием и зарисовкой в плане и профиле типичных участков. Наиболее лучшим способом являются, конечно, инструментальная съемка и нивелировка типичных участков. Желательна повторная нивелировка. При составлении поперечных профилей нивелировка обязательно должна выходить за

пределы зоны возможных деформаций и опираться на репера, установленные в безусловно устойчивых местах.

Опросные сведения должны установить время первого пуска воды по каналу, время появления первых признаков деформаций и ход последних. Весьма интересны акты технических осмотров мест позреждений.

## ОТДЕЛ XII

### ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ (ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД)

§ 72. Опытные инженерно-геологические исследования технических свойств пород производятся под сооружения плотины и головного узла и имеют особо важное значение в районах распространения мягких и рыхлых пород, в особенности если последние отличаются большой пористостью и пылеватостью (лессовидные породы). Опыты производятся как в лабораторных, так и в полевых условиях.

§ 73. Опытные определения технических свойств пород в полевых условиях обычно заключаются в следующем:

а. Постановка опытов с нагрузками в шурфах (иногда в буровых скважинах) для определения временного сопротивления грунтов на сжатие и модуля упругости. Ввиду громоздкости и продолжительности этих опытов их число ограничивают минимумом, привязывая опыты лишь к наиболее опасным местам профиля плотины и к различным литологическим условиям; при этом весьма важно провести их как с породами в состоянии естественной влажности, так и искусственно-увлажненными. Необходимо также провести лабораторные исследования физико-механических свойств всех тех пород, которые испытываются в поле, с тем чтобы найти коэффициенты перехода от результатов полевых опытов к лабораторным и тем самым создать возможность широко развить лабораторное изучение физико-механических свойств пород для характеристики всей площади основания плотины и головных сооружений.

б. Определение возможного уплотнения пород, слабых как основания под сооружения, путем пробной забивки свай и шпунтов, что имеет также значение для определения возможной глубины забивки шпунтовых рядов при строительных котлованах и под основание плотины.

Примечание. Руководящие указания см. Н. Герсванов.

в. Если плотины и головные сооружения проектируются на скальном основании, полевые опыты не имеют разработанной методики и все опыты пока производятся в лабораторной обстановке, ограничиваясь определением на отдельных образцах временного сопротивления на сжатие, скольжение и разрыв.

Примечание. Для пород глинисто-сланцеватого типа желательно также определить модуль упругости, имея в виду, чтобы модуль упругости пород основания был значительно меньше модуля упругости материала кладки плотины во избежание нежелательных напряжений в ее теле.

г. Определение коэффициента сопротивления сдвигу.

д. Определение деформации сжатия грунтов.

### А. Полевые опыты по определению сопротивления сдвигу и коэффициента внутреннего трения

§ 74. В основе опытных работ по определению сопротивления сдвигу и коэффициента внутреннего трения грунта лежат следующие представления о физических и механических процессах, происходя-



щих в грунте при совместном на него действии вертикального и горизонтального усилия.

Сопротивление нарушения целостности грунта мыслится состоящим из трех слагающих:

1) сопротивления нарушению естественной сцементированности частиц грунта— $P_1$ ;

2) преодоления первоначального сцепления частиц и кажущейся связности— $P_2$ ,

3) преодоления сил внутреннего трения на поверхности сдвига— $P_3$ .

Следовательно, если  $P$ —полное сопротивление сдвигу,

то 
$$P = P_1 + P_2 + P_3.$$

Если площадь будет  $S$ .

то 
$$\frac{P}{S} = \frac{P_1}{S} + \frac{P_2}{S} + \frac{P_3}{S}$$

или 
$$p = p_1 + p_2 + p_3,$$

где  $p, p_1, p_2$  и  $p_3$  — сопротивления сдвигу, отнесенные к единице площади.

Сопротивление сил трения: 
$$P_3 = \frac{fQ}{S},$$

где  $Q$  — вертикальная нагрузка;

$f$  — коэффициент трения.

Если  $q = \frac{Q}{S}$  — нагрузка, приходящаяся на 1 см<sup>2</sup>,

то 
$$p = p_1 + p_2 + fq.$$

§ 75. Опыт производится в следующем порядке:

Образец нагружается некоторым вертикальным грузом  $q'$  кг/см<sup>2</sup>. При нем определяется сдвигающее усилие  $p'$ :

$$p' = p'_1 + p'_2 + fq'_1.$$

Затем сдвинутая часть возвращается на место и при той же вертикальной нагрузке  $q'$  определяется вторично сопротивление сдвигу <sup>1</sup>. Для него получается значение  $p_0'$ . Очевидно  $p_0' = p'_2 + fq'$ .

Решаем эти два уравнения относительно  $p'_1$ , т. е. определяем коэффициент сцементированности грунта.

На том же образце, возвратив сдвинутую часть в прежнее положение, делаем вертикальную нагрузку опять равной  $q'$  для восстановления кажущейся связности; потом уменьшаем ее до величины  $q''$  и производим новый сдвиг. Тогда  $p_0'' = p_2' + fq''$ .

Решая эти два уравнения относительно  $p_2'$  и  $f$ , получаем

$$f = \frac{p_0' - p_0''}{q' - q''};$$
$$p_2' = \frac{p_0' + p_0'' - f(q' - q'')}{2}.$$

Примечание. Предполагается, что кажущаяся связность в обоих случаях равна  $p_2'$ , что не вполне точно.

<sup>1</sup> Для восстановления кажущейся связности до повторения опыта надо выждать потребное для этого время.

§ 76. Опыт производится на монолитах, которые берутся из шахты и шурфа. Монолит берется в рамку-форму (рис. 19а), состоящую из нижней и верхней половинок. Площадь внутреннего просвета рамки  $800 \text{ см}^2$ , высота верхней и нижней части—по 20 см. Углы и борта должны быть хорошо окованы железом, делающим их вполне жесткими и хорошо сопротивляющимися боковому давлению (или натяжению). Нижняя часть должна иметь лапки или пазы, которыми ее можно было бы прикреплять на опытной площадке. Верхняя рама должна иметь прочную петлю для сцепления с динамометром.

Для измерения смещения верхней половинки по нижней на боковой стенке рамки должен быть сделан стрелчатый рычажный указатель, дающий возможность измерять смещение с точностью до  $0,1 \text{ мм}$  (рис. 19в).

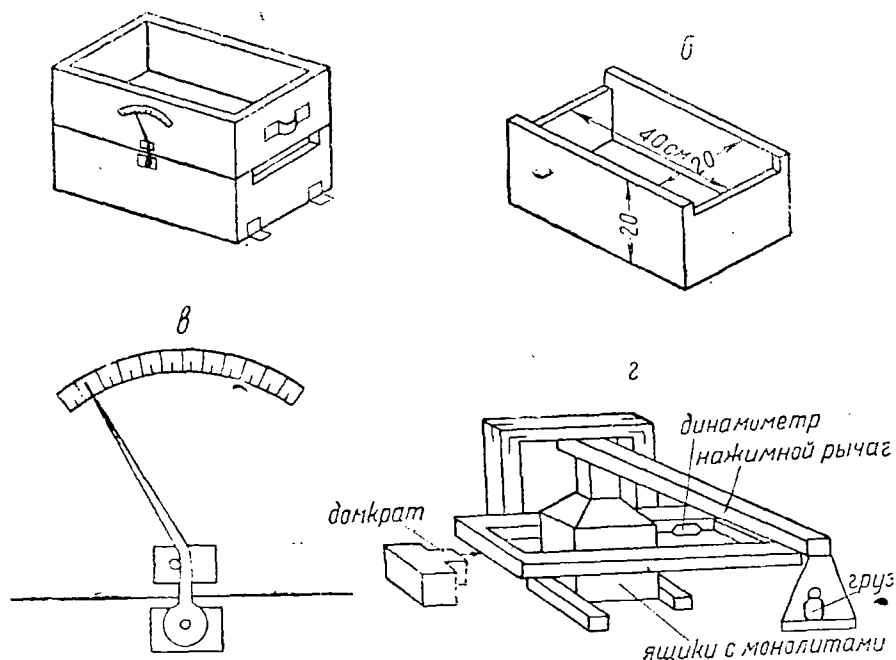


Рис. 19. Установка для полевых определений сдвигающих напряжений: а — ящики для монолитов в сборе; б — нижний ящик; в — стрелочный указатель; г—установка в сборе.

Чтобы измеритель смещения не испортился, когда монолит берется в забое шахты или шурфа, он должен быть сделан съемным. Устанавливаться он будет на рамку только на опытной установке. Если динамометр приспособлен для растяжения, то вся опытная установка должна быть соответствующим образом смонтирована (рис. 19 г.) Натяжение делается бутылочным домкратом с расчетом увеличивать тянущую силу на  $100 \text{ кг}$  через каждый час или  $1\frac{1}{2}$  часа (в зависимости от характера породы), увеличение напряжения производится до тех пор, пока величина его не достигнет размера, разрушающего связность грунта (произойдет сдвиг или скалывание в грунте). Это выразится в том, что смещение будет происходить не только, когда работает домкрат, но и за счет упругости пружины динамометра, который в это время начинает снижать свои показания. С таким напряжением вся установка выдерживается несколько часов (до суток). Усилие, которое было на динамометре в момент начала самостоятельного движения динамометра (начало падения показаний) счи-

тают срывающим или скалывающим (обозначим его через  $P$ ).

Если площадь скалывания образца  $S$ , то  $\frac{P}{S} = p$  есть скалывающее

напряжение (или коэффициент сдвига), преодолевающее сцепленность, связанность и сопротивление внутреннего трения, выражаемое в  $\text{кг/см}^2$  при вертикальной нагрузке  $Q$   $\text{кг/см}^2$ .

После этого, на той же установке продолжается опыт для определения величины  $p$  (см. выше) и коэффициента трения. Для этого на образец устанавливают другие давления. Давление берется отвечающее  $q = 1, 2, 3, 4, 5, 7$   $\text{кг/см}^2$ . С новой нагрузкой до возобновления опыта образец выдерживается несколько часов, а при жирных глинах — сутки или более. Результаты определения наносятся на диаграмму, у которой абсциссы — вертикальные нагрузки на  $1 \text{ см}^2$ , а ординаты — вычисленные для разных интервалов величины  $f$ . Теоретически должна получиться линия, параллельная оси абсцисс, но на самом деле этого не получается.

§ 77. Проф. А. Никольский дает такое описание постановки опытов на Верхнесви́рском строительстве, которому рекомендуется следовать.

Горизонтальное сечение образца должно быть не менее 650 *см*. Зазор между рамками делается не более 1 *см*; во избежание высыхания грунта он замазывается мягкой глиной.

Испытание начинается под нагрузкой 1 или 2  $\text{кг/см}^2$ , которая выдерживается от 6 час. до нескольких суток в зависимости от грунта: песчаные — меньше, глинистые — больше.

После этого, к верхней рамке прикладывается сдвигающая сила, равная 15% от нагрузки при мягких грунтах и 20% — при твердых, и наблюдаются при этом происходящие деформации сдвига с точностью 0,1 *мм* через 1, 1½, 2, 3, а затем через 5 час. до их затухания. При этом деформация в 0,1 *мм* в течение какого-либо из означенных промежутков времени считается затуханием. По наступлении затухания прекращают горизонтальное напряжение и отмечают величину обратного сдвига (упругую деформацию). После того снова прикладывается сдвигающая сила, увеличенная на 2½% от вертикальной нагрузки и снова наблюдается деформация описанным приемом до затухания и после него — упругая деформация.

Так повторяется до тех пор, пока начнется непрерывающийся сдвиг верхней рамки; в этот момент подкручивание натяжного винта домкрата прекращается и прибор останавливается в таком положении 3 час. Отмечается конечное показание динамометра, и этот цикл опытов считается законченным. Затем, верхняя половина образца отодвигается (при предварительном, конечно, снятии вертикальной нагрузки) в начальное положение, снова прикладывается вертикальная нагрузка, и над тем же образцом проводится второй цикл опыта.

Второй цикл проводится при давлении в 2  $\text{кг/см}^2$ , причем первое приложенное горизонтальное усилие должно быть на 5% от вертикальной нагрузки менее, нежели последняя сила предыдущего опыта, давшая затухающую деформацию.

Например: если непрерывный сдвиг в первом цикле начался при сдвигающей силе, соответствующей 37½% от вертикальной нагрузки, то во втором цикле надо начинать сразу со сдвигающей силы, составляющей 30% от вертикальной нагрузки.

Дальнейшее течение опыта такое же, как и при первом цикле сдвига. Далее, над тем же образцом производится опыт сдвига при нагрузке 3  $\text{кг/см}^2$  и 4  $\text{кг/см}^2$ .

§ 78. Результаты наблюдений, кроме табличной записи, выражаются в диаграммах зависимости слагающего усилия от давления.

Порода каждого пласта, принимавшего участие в опыте, должна быть детально исследована в лаборатории. Должны быть определены:

- 1) подробная петрографическая характеристика;
- 2) естественная влажность;
- 3) гранулометрический состав;
- 4) содержание карбонатов;
- 5) содержание сульфатов;
- 6) плотность.

Кроме монолита, на котором производится опыт для указанных лабораторных исследований, должен быть взят и передан в лабораторию монолит объемом около  $350 \text{ см}^3$  в укупорке, гарантирующей от высыханий.

## Б. Испытание сопротивления грунта вертикальной нагрузке

§ 79. Осадка подошвы основания сооружения может быть представлена в виде двух частей  $aa_1a_1$ —осадка, происходящая в результате сжатия грунта, и  $a_1a_1 a_2a_2$ —осадка, вследствие выпирания грунта из-под подошвы фундамента (рис. 20).

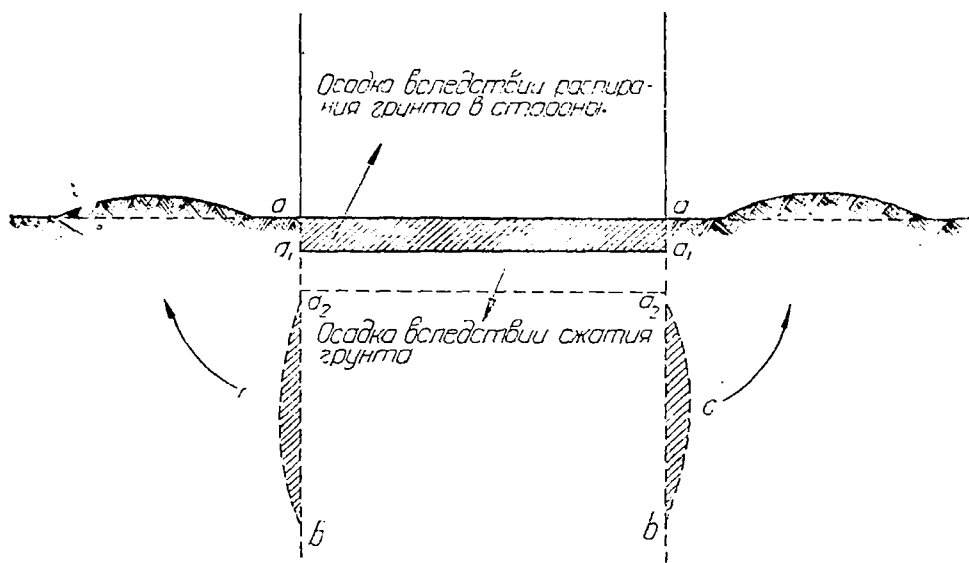


Рис. 20.

Зависимость между степенью сжатия породы и влажностью ее изучается на приборе-прессе по принципу, предложенному проф. К. Терцаги. Следовательно, производя изучение сжимаемости грунта этим прибором, мы осветим вопрос о величине той части осадки грунта под основанием плотины, которая является следствием сжимаемости грунта. В результате опыта мы получим:

а) величину коэффициента фильтрации, которая определяет скорость удаления воды из сжимаемой породы, и

б) влажность, какую будет иметь порода, когда закончится сжатие при данной (или запроектированной) нагрузке на единицу поверхности подошвы.

Определяя состояние влажности пород до начала сжатия и зная влажность, которую она должна сохранить по окончании сжатия, мы можем узнать то количество воды, которое должно выделиться из породы, находящейся под подошвой фундамента. Это количество воды должно профильтроваться через слой сжимающейся под фундаментом породы. Существует ряд формул, по которым вычисляется глубина этого слоя. В однородном глинистом грунте на глубине, равной 2,25 ширины фундамента, давление составляет  $\frac{1}{4}$  давления подошвы фундамента.

Зная скорость фильтрации и толщину слоя, можно рассчитать время, в которое кончается осадка вследствие сжимаемости грунта. Расчеты показывают, что осадка длится очень долго и вполне заканчивается в некоторых случаях в течение нескольких лет и даже десятков лет, если мы имеем дело с основанием плотины шириной в несколько десятков метров и порода под плотиной является жирной глиной.

Эта часть осадки при опытных определениях сжимаемости пород под нагрузкой, производимых в поле, имеет значение в песчаных породах. В глинах же, вследствие их чрезвычайно малой водопроницаемости, в течение времени опыта предельное сопротивление определить нельзя. Но скорость возрастания нагрузки должна быть такой, чтобы установилось соответствие между давлением и влажностью породы. При слишком быстром возрастании нагрузки в породе вода будет находиться под избыточным давлением и будет стремиться оттекать (фильтроваться при больших градиентах), создавая гидродинамическое давление и производя вырывание частиц, приводящее к его разрушению. При соответствующе медленном возрастании нагрузки такого вырывания не будет.

Картина полностью меняется, если под основанием будет не однородный слой глины, а перемежаемость слоев глины с песками или другими водопроницаемыми породами. В этом случае скорость осадки значительно увеличивается.

Вторая часть осадки зависит от легкости, с которой частицы породы способны перегруппироваться, т. е. в конечном счете, от существующей породе связности и коэффициента внутреннего трения; об определении их мы уже говорили.

§ 80. Итак, величина осадки зависит:

- 1) от внутреннего трения,
- 2) скорости удаления воды.

Пески имеют большой коэффициент внутреннего трения, большой коэффициент фильтрации. Это приводит к тому, что вода очень скоро может удалиться из-под сжимаемой под подошвой фундамента породы и боковое выпирание породы будет затруднено.

Напротив, у глины коэффициент внутреннего трения мал, а скорость удаления воды. Поэтому для песков ширина подошвы основания не влияет на скорость и величину осадки, в глинах же вследствие крайней медленности удаления воды решающее значение имеют выпирание и перегруппировка частиц, зависящие от коэффициента внутреннего трения и, конечно, от пути прохождения перегруппирующимися частицами, т. е. от ширины подошвы основания.

Все эти соображения относятся к случаю применения предельных нагрузок.

§ 81. В результате опытов и теоретических исследований можно сформулировать следующие основные положения, которыми должна определяться подготовка опытов для определения допустимых нагрузок на грунт:

1) В чистом песке предельная нагрузка увеличивается в прямой зависимости от размера загруженной площадки, т. е. чем больше на-

грузенная площадка, тем больше нагрузка на единицу площади, которую надо придать площадке, чтобы преодолеть сопротивляемость грунта. При умеренных нагрузках, т. е. таких, при которых осадки еще почти прямо пропорциональны давлению, осадки при одинаковых нагрузках на единицу площади от размера площадки не зависят.

2) При вполне однородных связных глинах предельная нагрузка не зависит от величины нагружаемой площадки, и осадки, вызываемые нагрузкой данного размера на единицу поверхности, увеличиваются в прямой зависимости от величины поперечника нагружаемой площадки, поскольку сопротивлением внутреннего трения, вызываемого собственным весом, можно пренебречь по сравнению со связностью пород.

3) Характер чередования пластов с большой и малой водопроницаемостью может для условий устойчивости оснований иметь значительно большее значение чем свойство отдельных пластов, так как сжимаемость глинистых пород будет зависеть от скоростей удаления

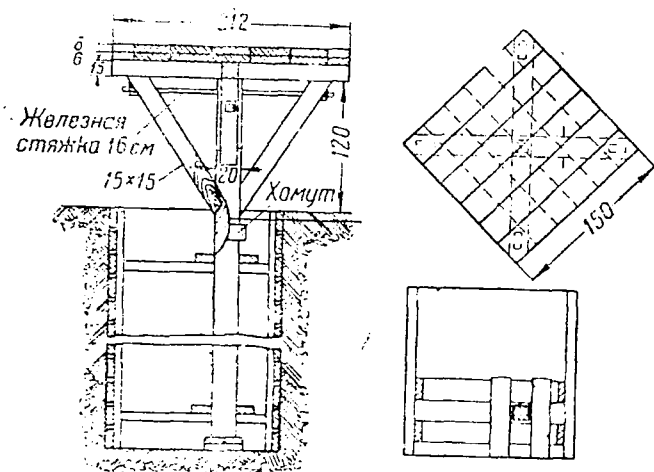


Рис. 21. Установка для полевых испытаний грунтов под действием вертикальной нагрузки.

выжимаемой из них воды, определяемых коэффициентом водопроницаемости и длиной пути фильтрации воды. При переслаивании глин слоями водонепроницаемых пород, время, потребное на удаление воды из глины в активном слое, т. е. на сжатие глины, будет во много раз меньше чем при однородном слое глины.

Эти три положения определяют методы, которыми можно пользоваться при постановке опытов по исследованию сопротивления грунта вертикальной нагрузке. Основным выводом из них является необходимость до начала опытов оценить свойства пород и их взаимное расположение в зоне, подвергающейся сжатию под основанием сооружения, или, в данном случае, под нагружаемой площадкой.

Вследствие указанной перемежаемости пород разного физического сложения, а именно чередования водопроницаемых и непроницаемых пород, характер осадки может быть разнообразен. Поэтому места для заложения опытов должны быть выбраны на основе изучения существующих в районе предполагаемого строительства комплексов литологических образований. На выбранном месте должна быть пройдена зондировочная скважина.

Опыты должны дать:

а) предельное сопротивление грунтов (их комплексов);

б) характеристику развития и затухания осадки.

§ 82. Обычно в поле ставятся опыты с нагрузками в шурфах (рис. 21). Опыты ведутся путем передачи давления на грунт посредством металлического или деревянного штампа (обычные размеры  $20 \times 20$  см;  $30 \times 30$  см;  $40 \times 40$  см; реже —  $60 \times 60$  см). Штамп изготовляется из чугунной или железной плиты или из 4—5 слоев накрест сбитых хорошо профугованных досок, обитых железом. На верхних краях штампа набиваются планки, образующие гнездо, в которое устанавливается деревянный столб так, чтобы центр его тяжести проходил через центр штампа. Длина столба должна быть больше глубины шурфа на 0,5—0,7 м. Над устьем шурфа столб отделяется на квадрат  $20 \times 20$  см, на который при помощи 4 подкосов опирается крестовина, скрепленная с ними болтами и скобами. На последней должна быть настлана из досок нагрузочная платформа. Столб устанавливается и удерживается в вертикальном положении при помощи направляющих крестовин.

Для опытных нагрузок применяется технически возможный по местным условиям балласт (рельсы, металлические чушки, бетонные кубы, камень, песок и т. д.).

§ 83. Сначала, последовательно производится определение предельного сопротивления грунта при 3 площадках меньшего размера, например,  $20 \times 20$  см и  $30 \times 30$  или  $40 \times 40$  см. Расстояние между центрами площадок должно быть равно 4—5 диаметрам. Изучение хода осадки грунта проводится следующим путем.

Нагрузка на площадку увеличивается не чаще чем через каждый час: в песках—на  $1$  кг/см<sup>2</sup>, в глинистых породах—на  $0,5$  кг/см<sup>2</sup>.

Так как сжатие должно сопровождаться удалением воды из сжимающихся пор, возрастание нагрузки при породах с малым коэффициентом фильтрации (глинистые грунты) должно быть достаточно медленным. Иначе создавшееся избыточное гидродинамическое давление воды в порах вызовет катастрофическое разрушение грунта (вырывание из-под штампа) при нагрузках значительно более низких чем при нормальном удалении (выжмании) воды из пор. И опыт наш в результате был бы испорчен.

§ 84. Замеры осадок должны производиться каждые 15 мин. с точностью до  $1$  мм<sup>1</sup> (желательно до  $0,1$  мм, для чего должен быть сконструирован особый измеритель). Отсчеты производятся по всем 4 углам нагрузочной площадки. Указатели прикрепляются непосредственно к столбу (а не к нагрузочной площадке). Прибавление нагрузки продолжается до достижения целого числа кг на  $1$  см<sup>2</sup>, близкого к обычно допустимой нагрузке для данной породы, например— $2$  кг/см<sup>2</sup>.

По достижении такой величины нагрузки, дальнейшее прибавление груза временно прекращается, а наблюдение над величиной осадки продолжается до ее затухания. Отсчеты вначале делаются через 0,5, 0,75, 1, 3, 5, 12 час. и далее через каждые сутки.

Осадки считаются затухшими, если суточная осадка будет не более  $0,5$  мм. После наступления затухания увеличение нагрузки возобновляется тем же порядком до достижения следующей намеченной величины допускаемой нагрузки, например 3 или  $4$  кг/см<sup>2</sup>, при которой опять наблюдают процесс затухания осадки.

<sup>1</sup> Если на конец стрелки, скользящей по миллиметровой шкале, вставить швейную иглу, то точность отсчета можно довести до  $0,5$  мм. Шкалу делают из миллиметровой бумажки или миллиметровой линейки.

Для определения величины упругой деформации грунта периодически надо производить разгрузку прибора, причем ведется наблюдение над подъемом штампа (столба и указателя).

При некоторой величине загрузки затухания осадки уже происходить не будет. Это укажет на то, что предельное сопротивление грунта достигнуто, грунт разрушен и сопротивление связности и внутреннего трения преодолено.

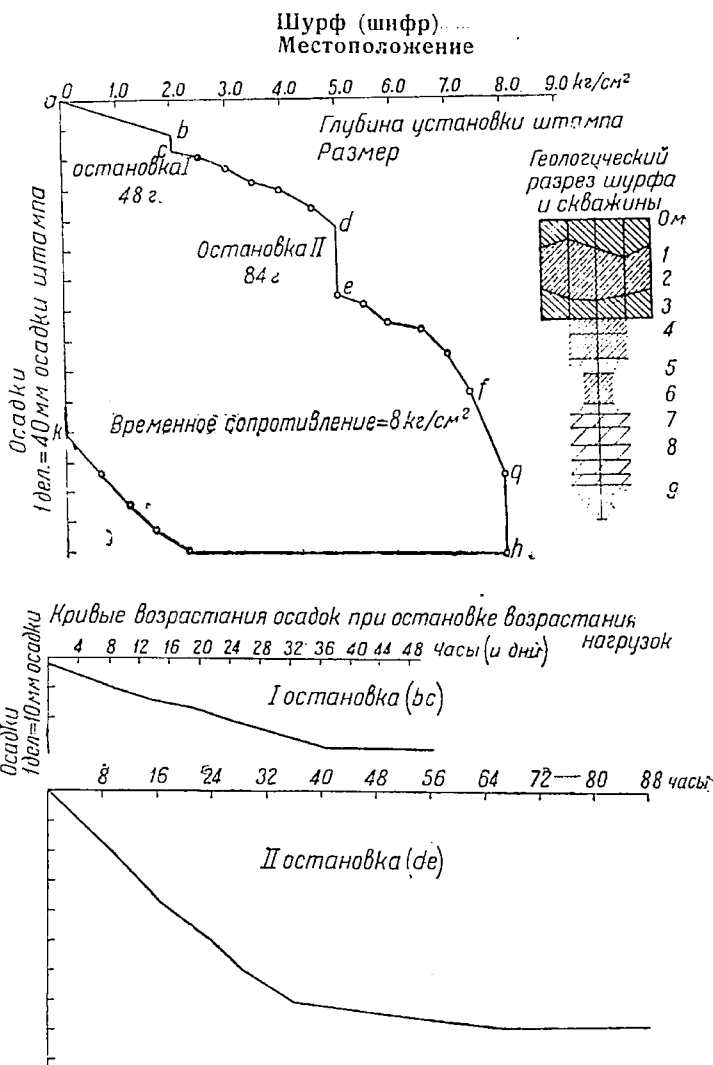


Рис. 22. Диаграммы к испытаниям грунта под действием вертикальной нагрузки.

§ 85. До начала опыта из-под площадки должен быть взят образец породы для определения состояния ее естественной влажности и пластичности и др. определений по полному или сокращенному комплексу лабораторных исследований (см. гл. 4, § 2). По окончании опыта образцы должны быть опять взяты из-под середины и у края штампа. Сопоставление этих данных с кривой зависимости влажности от сжатия породы на прессе К. Терцаги позволяет судить а) происходило ли сжатие за счет вытеснения воды или происходило сжатие незаполненных водой пустот в породе (трещины, крупные, некапиллярные и пр.),



б) достигало ли сжатие предельного значения.

Как вывод из этого сопоставления, является ответ, сможет ли порода, находящаяся в сжатом состоянии под основанием сооружения, принять в себя еще воду или же отдавать ее, хотя бы очень медленно, в течение очень длительного срока, что, при долговременных сооружениях, является не безразличным.

§ 86. По окончании испытания на сжатие груз снимается постепенно, причем наблюдается упругое последствие. После полной разгрузки установка не снимается в течение суток для оценки полного упругого последствия (если разрушение грунта было достигнуто).

§ 87. Результаты опытов изображаются на диаграммах двух типов:

1) кривая изменения осадок при увеличении нагрузки и при разгрузках;

2) кривая затухания осадки при остановках возрастания нагрузок (рис. 22).

Примечание. Совмещать эти два вида кривых в одной не следует, т. к. это затрудняет их изучение.

Кривые осадок строятся откладыванием: по оси абсцисс вправо—величин нагрузки в кг, приходящихся на  $1 \text{ см}^2$ , а по оси ординат вниз от начала—величин осадок. Выбор масштабов должен быть сделан так, чтобы достаточно четко были видны все изменения в ходе осадок. Можно рекомендовать для оси абсцисс (нагрузки) при слабых породах  $1 \text{ кг/см}^2$  нагрузки, выражать 40 мм абсциссы, при плотных, хорошо сопротивляющихся породах  $1 \text{ кг/см}^2$  нагрузки—20 мм абсциссы; для оси ординат (осадки) 1 мм осадка, —1 см ординаты.

Кривые затухания осадок строятся по координатам величины осадки, откладываемой по ординатам вниз, и времени, протекшему от начала остановки возрастания нагрузки до моментов наблюдения величин соответствующих осадок. Масштаб для первых—1 мм осадки равен 1—2 см ординаты, и 1 час. равен от 0,5 до 1 см абсцисс.

Каждому участку кривой осадок при постоянной нагрузке (вертикальный участок кривой,) должна соответствовать кривая затухания осадок.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ОТДЕЛ I

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

В инженерно-геологической лаборатории должны быть произведены работы по определению следующих свойств грунтов:

1. Гранулометрического (или механического) и минералогического состава пород.

2. Физических свойств пород: удельный вес твердой фазы, объемный вес, пористость, связанность, коэффициент внутреннего трения, угол естественного откоса, водопроницаемость, влагоемкость, водопоглощение и водоотдача, водоустойчивость (размокание), капиллярное поднятие, пластичность, естественная влажность, зависимость влажности от давления и др.

Образцы пород, извлекаемые из разведывательных выработок (скважин, шурфов, штолен и шахт) и собираемые при съемках из обнажений, подвергаются определению их свойств. Чтобы дать характеристику пород для технических целей, необходимо использовать очень большое число образцов, собранных на большой территории, из слоя большой мощности; вследствие этого определение каждого образца не может быть сделано с исчерпывающей степенью подробности. Полная, всесторонняя характеристика пород дается лишь для части образцов, отбираемых по признаку их типичности и важности на месте залегания (для целей проектирования). Для этих образцов производится определение полного комплекса свойств, характеризующих породы как петрографическую разность и как грунт.

Некоторая большая чем предшествующая часть образцов подвергается сокращенному комплексу исследований, являющемуся частью полного.

Для еще большего числа образцов производятся петрографическая характеристика и определение физико-технических свойств по краткому комплексу.

Наконец, все образцы подвергаются подробному макроскопическому (или визуальному) петрографическому описанию. В целях проверки для известного процента образцов производится проверка лабораторными методами количественных определений важнейших петрографических показателей, как-то: гранулометрического состава с определением частиц  $< 0,01$  мм, карбонатности, вернее, содержания  $CO_2$ , засоленности (сульфатной и хлоридной).

Количество образцов, подвергаемых по верочному определению, зависит от частных условий: общего числа образцов, их однородности и ответственности работ, колеблясь в пределах от 5 до 20%. Назначение образцов производится так: часть намеченного количе-

ства назначается в порядке номеров (например каждый десятый) или через 4—5 м, остальное количество набирается по выбору как требующее проверки или особенно выделяющееся.

Краткий комплекс состоит в производстве тех же поверочных определений и кроме того в определении

1) для глинистых грунтов:

а) гранулометрического состава с отделением частиц  $< 0,005$ ,

б) пластичности,

в) естественной влажности,

г) размокания на образцах с нарушенной структурой и на монолитах.

2) для песков:

а) гранулометрического состава с отделением частиц  $< 0,01$  мм,

б) объемного веса в насыпном волюменометре и расчета пористости по удельному весу выбираемому по минералогическому составу песка,

в) коэффициента фильтрации в трубке Каменского.

Число образцов для краткого комплексного определения исчисляется в пределах от 5 до 10%.

Сокращенный комплекс, кроме всех вышеперечисленных, охватывает определения:

а) полной и капиллярной влагоемкости,

б) силы капиллярного поднятия,

в) угла естественного откоса,

г) удельного веса твердых составляющих,

д) коэффициента фильтрации.

Кроме того для глинистых грунтов:

е) объемного веса и пористости,

ж) относительной связности.

Наконец, полный комплекс включает в себя, кроме всех выше указанных определений, сложные определения, требующие применения приборов, снабжение которыми полевых лабораторий или даже стационарных встречает затруднения, а именно:

а) зависимость влажности от давления и коэффициент фильтрации для глин (по принципу К. Терцаги),

б) коэффициент сопротивления сдвигу и коэффициент внутреннего трения,

в) максимальная молекулярная влагоемкость.

Гранулометрический анализ при этом производится с отделением частиц с диаметром меньше 0,002 мм, а в некоторых случаях и меньше 0,001 мм.

Полевые определения сопротивления сдвигу, сопротивления давлению и угла естественного откоса производятся в тех точках и на тех типах пород, которые по условиям их залегания будут соответствовать проектируемой схеме расположения сооружений.

На основании совокупности всех произведенных определений все породы района исследований разбиваются на инженерно-геологические типы. В основу кладется стратиграфическое, литологическое и фациальное разделение имеющихся пород и условия их современного состояния и положения (относительно уровня грунтовых вод, глубины залегания, зоны поверхностного разрушения и т. п.).

Для каждого инженерно-геологического типа пород выводится его средняя характеристика по отдельным признакам: петрографическому (гранулометрическому, химическому составу) и отдельным физико-техническим свойствам.

При наличии большого числа инженерно-геологических типов пород, выделенных для данного района, удобно дать им упрощенную но-

менклатуру, например в виде римских цифр: V—тип ср.-юрские песчанистые глины, находящиеся под водоносными подморенными песками; VI—та же порода, но перекрытая мореной, и т. д.

## А. Гранулометрический анализ пород

Данные о составе пород дают возможность:

а) разделить все мелкие, рыхлые и зернистые породы на типы, основываясь не на макроскопическом, а аналитическом определении соотношения количества зерен разных величин, слагающих породу, и их формы;

б) определить на этом же основании строительную ценность породы;

в) приблизительно подсчитать водопроницаемость (коэффициент фильтрации) пород, по ряду далее приведенных формул;

г) путем сравнения данных гранулометрического анализа пород, относящихся к одному инженерно-геологическому типу, для которых произведено было опытное (полевое или лабораторное) определение коэффициента фильтрации и др. свойств, с данными гранулометрического анализа пород, для которых такого определения не производилось, — определить для последних пород коэффициент фильтрации, учитывая при этом пористость пород (метод аналогий);

д) по данным о возможных скоростях фильтрации под плотину и в обход ее определить возможность механической суфозии пород в нижнем бьефе;

е) наконец, наметить пути изучения фракций под биноклем или микроскопом, решить вопрос о генезисе пород.

Гранулометрический анализ делится на следующие виды:

1) ситовой анализ для разделения частиц с диаметром больше 0,25 мм;

2) отмучивание по методу Сабанина или методу Рутковского для разделения частиц с диаметром от 0,25 до 0,01 мм;

3) метод взятия концентрационных проб (ципечный метод Робинсона) для разделения частиц с диаметром от 0,05 до 0,001 мм;

4) ультрамеханический анализ для разделения частиц с диаметром меньше 0,001 мм.

### 1. Ситовой анализ

Порядок работы состоит в следующем:

а) навеску породы в воздушно-сухом состоянии 100—1000 г (в зависимости от крупности зерна) помещают в фарфоровую чашку, заливают водой и нагревают на водяной бане, постоянно помешивая в течение 2 часов;

б) сито с отверстиями в 0,5 мм вставляют во вторую чашку и переносят на него породу из первой чашки;

в) заливают породу водой и растирают ее на сите стеклянной палочкой с резиновым наконечником или резиновым пестиком.

г) породу из второй чашки пропускают через сито в 0,25 мм и оставшуюся на сите фракцию просушивают и взвешивают, а часть прошедшую через сито, собирают для дальнейшего разделения на фракции с диаметром меньше 0,25 мм;

д) породу, оставшуюся на сите 0,5 мм, сушат и разделяют на фракции: 0,5—1; 1—2; 2—5; 5—10; 10—20; 20—40; больше 40 мм, взвешивая каждую получающуюся фракцию.

Для отделения частиц с диаметром в 2 мм и меньше применяют проволочные сита; при большем диаметре — из продырявленной жести.

Прибор проф. Сабанина (рис. 23) состоит в главной своей части из двух стеклянных сосудов, большего и меньшего объема. Большой обычно имеет высоту 160—180 мм и внутренний диаметр около 55 мм. Со дна сосуда на стенке нанесены деления через 20 мм. Для установки сосуда вертикально он помещается на подставку с микрометрическими винтами. В стакан устанавливается сифон особой формы для отвода жидкости и стеклянная палочка с резиновым наконечником в виде лопаточки для взмучивания. Навеска породы (3,5—4 г) берется в воздушно-сухом состоянии. Весь анализ ведется с той водой, которая будет омыwać грунт или фильтроваться через него при работе проектируемого сооружения.

Дистиллированная вода употребляется в том случае, когда анализ производится для определения полной дисперсности частиц породы и не будет использоваться для подсчетов коэффициента фильтрации.

Порядок работ следующий:

Отделение частиц меньше 0,01 мм

1. Взмутить подлежащую анализу породу в большой фарфоровой чашке (1-й) и оставить в покое на 20 сек., после чего слив несевшие частицы в меньшую чашку (2-ю).

2. Через 50 сек. мутную жидкость из малой чашки (2-й) сливают в установленный сосуд (3-й) прибора Сабанина и доливают водой до уровня 40 мм (сифон должен быть установлен до уровня 20 мм).

3. Взмутить тщательно жидкость в сосуде (3-м) и оставить в покое на 100 сек., после чего сифоном слить слой жидкости с 40 до 20 мм в большой стакан вместимостью 2—3 л (4-й).

Скорость падения частиц меньше 0,01 мм в воде 0,2 мм/сек, поэтому с водой сливаются частицы меньше 0,01 мм или равноценные им гидравлически (падающие в воде с той же скоростью).

4. Продолжать подобное сливание из фарфоровой чашки (3-й и 2-й) с предварительным каждый раз растиранием остающейся в чашках (1-й и 2-й) породы, отмучивание и сливание через сифон до тех пор, пока через указанные промежутки будет получаться в чашках и стакане (между отметками 40 и 20 мм) совершенно чистая прозрачная жидкость без взвешенных в ней частиц породы.

5. С целью проверки установить сифон на 60 мм, слить в сосуд (3-й) содержимое чашек (1-й и 2-й) с водой и наполнить сосуд до отметки 120 мм. Взмутить воду лопаточкой и оставить в покое на 5 мин.

Если по истечении 5 мин. верхняя часть жидкости (с 60 до 120 мм) осветлится, анализ можно считать законченным, — в противном случае он должен продолжаться.

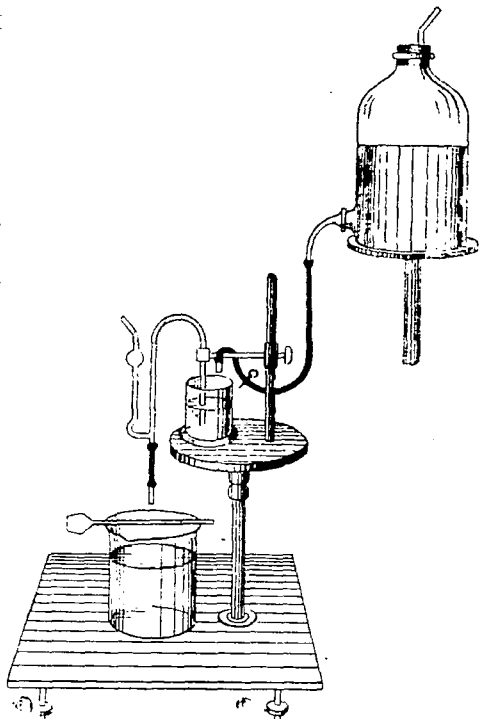


Рис. 23. Установка для механического анализа по методу проф. А. Сабанина.

При отмучивании пород, содержащих значительное количество растворимых в воде солей кальция (карбонатных или сульфатных), частицы с диаметром меньше 0,01 мм частью коагулируют. Вследствие этого за 100 сек. часть из них успеет опуститься ниже отметки 20 мм, т. е. будет недобор мелких частиц. Поэтому если желают знать истинную полную дисперсность частиц, производят перед отмучиванием отмывание кальциевых солей слабым раствором соляной кислоты. Методику этой операции см. в указываемых ниже пособиях.

#### Отделение частиц от 0,05 до 0,01 мм

6. Долить в большой сосуд (3) Сабаннина воду до отметки 120 мм и взмутить лопаточкой. По прошествии 30 сек. слить жидкость сифоном до отметки 60 мм, собирая ее в особый большой сосуд (5). За время в 30 сек. частицы с диаметром от 0,05 до 0,01 мм, падающие со скоростью 2,0 мм/сек, пройдут как раз 60 мм и выше уровня сливания частиц с диаметром больше 0,05 мм не будет.

7. Повторять указанное в п. 6 отмучивание до полного осветления верхнего слоя жидкости. В слитой жидкости будет фракция 0,05 — 0,01, фракция 0,05 — 0,25 будет на дне.

#### Отделение частиц 0,25 — 0,05 мм

8. Оставшуюся породу из сосуда (3) перенести в фарфоровую чашку (6).

9. Для количественного определения механического состава предварительно отмученная порода из станков переносится во взвешенные чашки (каждая фракция в отдельную чашку).

Вода выпаривается досуха, после чего необходимо чашки подержать открытыми на воздухе и взвесить. Таким путем получают веса фракции:

а) от 0,025 до 0,05 мм

б) „ 0,05 „ 0,01 мм

и меньше 0,01 мм как разницу между весом всего образца и суммы фракции 0,25 — 0,01 мм.

В дальнейшем вес фракции необходимо выразить в процентах от веса образца по обычной формуле:

$$\frac{\text{вес фракции} \times 100}{\text{вес образца}}$$

### 3. Расчленение частиц по методу Робинсона

Наиболее удобный набор для анализа по методу Робинсона (рис. 24) состоит из пипетки для 20 см<sup>3</sup>, фикционного прибора для плавного опускания пипетки, цилиндра в 500 или 1000 см<sup>3</sup>, аспиратора или резиновой груши и резиновых трубок, соединяющих аспиратор с пипеткой и сливной банкой. Метод Робинсона состоит в том, что после взбалтывания оставляют жидкость в цилиндрах отстаиваться и через определенные промежутки времени отбирают с определенных же глубин при помощи пипетки пробы для установления в них содержания взвешенных частиц.

#### Расчленение частиц меньше 0,25 мм

1. Фильтрат, прошедший через сито с отверстиями 0,25 мм, сливают в стеклянный прибор до метки 1 л. Если фильтрата больше 1 л, вода выпаривается.

2. Пипетка емкостью 20 см<sup>3</sup> устанавливается, и отбор проб производится:

для частиц 0,05 мм через 2 мин. при погружении пипетки на 200 мм;

для частиц 0,01 мм через 20 мин. при погружении пипетки на 103 мм

3. Пробы высушиваются и взвешиваются, как указано выше при работе с прибором Сабанина.

4. Вычисляется полный вес фракции по формуле:

$$x = \frac{a \cdot 1000 \text{ см}^3}{20 \text{ см}^3},$$

где  $a$  — вес пробы;  $x$  — полный вес фракции.

5. Вычисляется процентное отношение фракции по вышеуказанному способу.

Расчленение частиц  
меньше 0,01 мм

1. Жидкость, оставшаяся в сосуде от анализа (по Сабанину или по Робинзону) и содержащую фракции меньше 0,01 мм, промеряют мерным цилиндром и сливают в пятилитровую бутылку.

2. Обмывают мерный цилиндр и сосуд дистиллированной водой и доливают бутылку, доводя объем жидкости до 1 л.

3. Взбалтывают бутылку в течение одной минуты и сливают в двух или однолитровый стакан при бора, после чего взмучивают жидкость в стакане лопаточкой.

4. Пробы суспензии с глубины 10 см берутся:

для частиц меньше 0,01 мм через 8,5<sup>1</sup> мин.;

для частиц меньше 0,005 мм через 6 час.;

для частиц меньше 0,002 мм через 8 час.;

для частиц меньше 0,001 мм через 24 час.

Пробы разных фракций берутся в одном и том же стакане последовательно, начиная с более крупной (0,01), причем при обычных технических анализах для каждой пробы после взятия фракции 0,005 взмучивания можно не повторять.

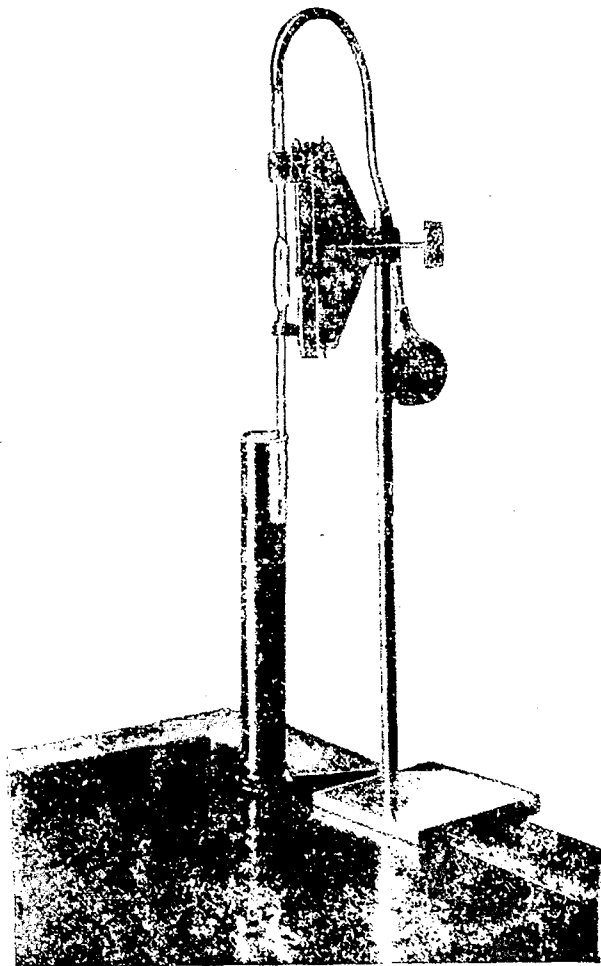


Рис. 24. Прибор для взятия проб механического анализа по Робинзону.

<sup>1</sup> Удобнее пробу для определения фракции 0,01 мм брать с глубины 20 см через 17 мин.; в этом случае действие токов в воде успеет прекратиться, и аналитик имеет больше времени для подготовки к взятию пробы.

5. Пробы высушиваются и взбалтываются, как указано выше при описании работы с прибором Сабанина.

6. Для определения полного веса фракции полученный вес нужно умножить на отношение объема цилиндра к объему пипетки (при цилиндре 1000 см<sup>3</sup> и пипетке 20 см<sup>3</sup>).

$$\frac{1000}{20} = 50 \text{ и т. д.}$$

7. Процент содержания фракции выясняется вышеуказанным способом.

#### 4. Ультрамеханический анализ

1. Из 200 г грунта получить при помощи вышеописанного метода Сабанина фракцию 0,001 мм.

2. Перенести (слить сифоном) полученную фракцию в большую стеклянную цилиндрическую чашку, долив ее дистиллированной водой до высоты столба в 80 мм.

3. Размутить и оставить на 72 час., после чего слить сифоном неосаждающуюся часть и собрать фракцию осевшую (1-я фракция).

4. Неосевшую фракцию перенести снова в чашку, довести до уровня в 80 мм, замутить и оставить на 7 дней, после чего слить неосевшую и собрать осевшую фракцию (2-я фракция).

5. Точно так же определить фракции, осаждающиеся в течение 14 и 21 дня.

6. Определить фракцию неосаждающуюся в течение 21 дня путем взвешивания с предварительным выпариванием.

7. Вычислить размеры соответствующих частиц по формуле Стокса:

$$r = \frac{v}{3,58 \cdot 10^4}$$

где  $r$  — радиус частицы в см;  $v$  — скорость падения см/сек.

Подробнее методика ультрамеханического анализа изложена у Домрачевой Е. А. „Физикомеханический и химический анализ почв“. 1931, стр. 21.

## Б. Обработка данных гранулометрического анализа

### 1. Классификация грунтов по механическому составу

Как уже указывалось выше, данные механического анализа, имеют большое значение не только для строителей, но и для вычисления коэффициента фильтрации. Коэффициенты фильтрации „К“, вычисленные на основании механического анализа, не могут служить для дальнейших подсчетов расходов воды, но для работы и заключения по методу аналогий они дают достаточный материал, намного облегчающий задачу изыскателя в условиях недостатка буровых и гидрогеологических работ. Так как при механическом анализе работу производят с грунтом в воздушно-сухом состоянии, то в случае необходимости можно сделать пересчет на сухое вещество грунта в весовом выражении.

Разделение пород и их составляющих на группы на основании механического анализа может быть произведено по следующей таблице.



Диаметр частиц в мм	Название составляющих пород	Диаметр частиц в мм	Название составляющих пород
20,0 — 10,0	Галька мелкая	0,5 — 0,25	Среднезернистый песок
10,0 — 5,0	Гравий крупный	0,25 — 0,10	Мелкозернистый песок
5,0 — 2,0	" мелкий	0,10 — 0,05	Очень мелкий песок
2,0 — 1,0	Очень крупный песок	0,05 — 0,01	Песчаная пыль
1,0 — 0,5	Крупный песок	0,01 — 0,005	Глина ил.
		меньше 0,005	
		0,002 — 0,0005	Грубый колонный ил
		< 0,0005	Токий "

Номенклатура глинисто-песчанистых пород по двух-трех членной формуле (по содержанию в них частиц 0,05 мм в диаметре) может быть представлена или в виде табл. 10 по 10 группам пород или по табл. 11 по десятичной группировке, предложенной инж. У. В. Берковичем.

Т а б л и ц а 10

Классификация грунтов по механическому составу (по проф. И. В. Попову)

Группа	Наименование для современных и четвертичных отложений	Наименование для дочетвертичных отложений	Содержание частиц $d < 0,01$ мм в %
1	Песок чистый	Песок чистый	менее 5
2	Песок	Песок	от 5 до 20
3	Супесь легкая	Песок слегка глинистый	20—30
4	Супесь тяжелая	Песок глинистый	30—40
5	Суглинок легкий	Песок очень глинистый	40—50
6	Суглинок тяжелый	Глина очень песчаная	50—60
7	Глина песчаная	Глина песчаная	60—70
8	Глина слегка песчаная	Глина слегка песчаная	70—80
9	Глина	Глина	80—90
10	Глина жирная	Глина жирная	90—100

Номенклатура пород по степени карбонатности и доломитизации дана в конце этой главы.

## 2. Определение эффективного диаметра и коэффициента однородности

Предварительно определим графически так называемый эффективный диаметр ( $d$  эф.) или  $d_{10}$ , соответствующий диаметру сетки, через который проходят 10% образца, и диаметр, соответствующий диаметру сетки, через который проходят 60% породы, —  $d_{60}$ .

Примечание. Определение  $d_{10}$  и  $d_{60}$  не обязательно производить ситовым способом. В зависимости от характера породы применяется отмучивание по Сабанину или Робинзону.

Отношение этих диаметров характеризует для породы коэффициент однородности:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Результаты гранулометрического состава грунтов следует изображать в виде так называемых „логарифмических кривых состава“. Эти кривые строятся в следующих координатах (рис. 25).

Ординаты — процентное содержание фракций. Каждая ордината изображает содержание в породе зерен диаметра  $d$ , отвечающего соответствующей абсциссе этой точки и всех зерен меньшего диаметра.

## Десятичная двух-трехчленная классификация гранулометрического состава песчано-глинистых пород

(предложена инж. С. Б. Берковичем)

Шифр группы	Наименования для четвертичных образований	% частиц < 0,05 мм	Шифр группы	Наименования для дочетвертичных образований	% частиц < 0,05 мм	Примечание.
1а и б	Песок кр/з и ср/з крупнозернист. и среднезернист. 1—0,5                      0,5—0,25		1а и б	Песок чистый кр/з и ср/з		Для трехчленной классификации при преобладании пылеватых частиц (0,05 — 0,005) над песчаными добавляется термин „пылеватый“: а) преобладают частицы 0,05 — 0,01 — грубо пылеватые б) преобладают частицы 0,01 — 0,05 — тонко пылеватые
1в	Песок р/з разнозернистый	0 — 10	1в	Песок чистый р/з	0 — 10	
1г и д	Песок м/з и т/з мелкозернист. и тонкозернист. 0,25—0,1                      0,1—0,05		1г	Песок чистый м/з и т/з		
2	Песок слегка глинистый	10 — 20	II	Песок слабо глинистый	10 — 20	
3	Супесь легкая	20 — 30	III	Песок средне глинистый	20 — 30	
4	Супесь средняя	30 — 40	IV	Песок весьма глинистый	30 — 40	
5	Супесь тяжелая	40 — 50	V	Песок очень глинистый	40 — 50	
6	Суглинок легкий	50 — 60	VI	Глина очень песчаная	50 — 60	
7	Суглинок средний	60 — 70	VIИ	Глина весьма песчаная	60 — 70	
8	Суглинок тяжелый	70 — 80	VIИИ	Глина средне песчаная	70 — 80	
9	Глина песчанистая	80 — 90	IX	Глина слабо песчаная	80 — 90	
10	Глина	90 — 100	X	Глина жирная	90 — 100	

Абсциссы — графическое в некотором масштабе изображение величины

$$\frac{\ln d}{\ln 2} = x.$$

В этом случае зависимость между величиной абсциссы  $x$  и отвечающей ей величиной диаметра зерен связывается уравнением  $d = 2^{-x}$ . Увеличение абсциссы на 1 будет отвечать удвоению диаметра зерен. Действительно:

$$d = 2^{-x}; \quad d_1 = 2^{-(x+1)}, \text{ поэтому}$$

$$\frac{d}{d_1} = \frac{2^{-x}}{2^{-(x+1)}} = 2.$$

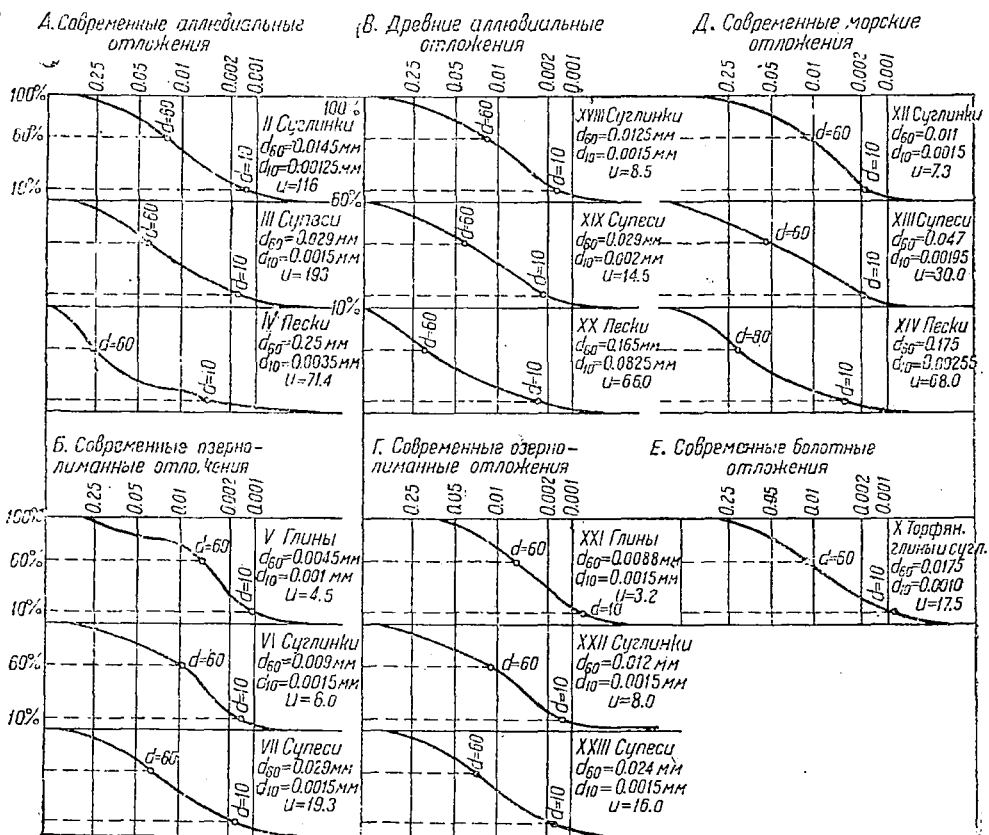


Рис. 25. Кривые гранулометрического состава пород, приведенные по инженерно-геологическим типам их.

Вычисление абсцисс производится по формуле:

$$x = \frac{\ln d}{\ln 2} = 1.441; \quad \ln d = -1.441 \lg d \cdot \ln 10.$$

Кривые состава приходится использовать для определения коэффициента равнозернистости или однородности:  $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ . Определение значения для  $d_{60}$  и  $d_{10}$  производится графически, для чего на кривой состава проводятся прямые, параллельные оси абсцисс с ординатами,

твоечающими 60 и 10%. Абсциссы точек встречи их с кривыми состава дают, соответственно, значения для  $\frac{\ln d_{60}}{\ln 2}$  и  $\frac{\ln d_{10}}{\ln 2}$ .

Для перехода от этих величин к значениям  $d_{60}$  и  $d_{10}$  удобно пользоваться номограммой, построенной для величин  $d$  и  $\frac{\ln d}{\ln 2}$  для составляющих грунта от 0,1 мм и меньше (рис. 26).

Координатную сетку для построения кривых состава можно делать по расчету.

Номограмма дана в  $1/4$  величины как образец. Номограмма в натуральную величину печатается Гидроэлектропроектом особо.

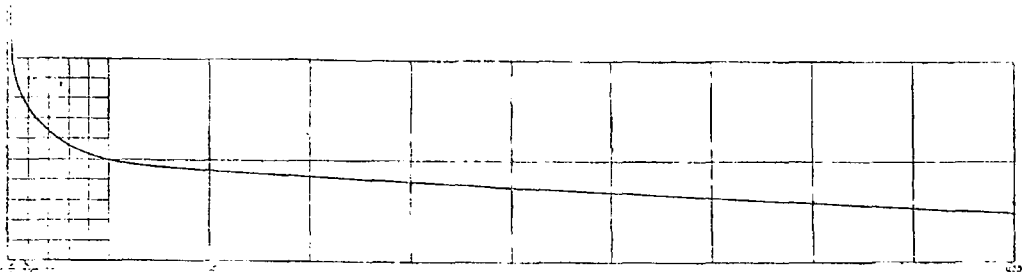


Рис. 26. Номограмма для определения  $d_{10}$  и  $d_{60}$ .

## 2. Вычисление коэффициента фильтрации на основании механического состава

а. Формула Хазена—применима для пород с коэффициентом однородности  $< 5,0$  и состоящих из частиц от 0,1 до 3,0 мм:

$$K \text{ см/сек.} = Cd_{10}^2 \cdot (0,7 + 0,03 T^0),$$

причем эффективный диаметр выражается в миллиметрах, где  $K$  — коэффициент фильтрации;

$C$  — выбирается от 700 до 1000 для чистых песков и 500—700 для глинистых;

$T^0$  — температура воды по Цельсию.

б. Формула Слехтера при

$$I = 1,00 \text{ (градцент)},$$

$$K = 496 M d_m^1 \tau_1$$

где  $d_m$  — средний диаметр зерен, выраженный в миллиметрах;

$M$  — коэффициент, зависящий от пористости,  $\tau_1$  — поправки на температуру  $= 1 + 0,0337 T$ , где  $T$  — температура по Цельсию

Для нахождения значения  $M$  приводится следующая таблица зависимости от пористости ( $p$ ) в пределах последней от 26 до 47%.

$p$	$M$	$p$	$M$	$p$	$M$
0,26	0,1187	0,34	0,2878	0,42	0,5789
0,27	0,1350	0,35	0,3163	0,43	0,6267
0,28	0,1517	0,36	0,3473	0,44	0,6776
0,29	0,1694	0,37	0,3803	0,45	0,7295
0,30	0,1905	0,38	0,4154	0,46	0,7838
0,31	0,2122	0,39	0,4524	0,47	0,8455
0,32	0,2356	0,40	0,4922	—	—
0,33	0,2601	0,41	0,5339	—	—

Формула Сликхтера применима для пород с большим коэффициентом неоднородности. Пределы применимости в зависимости от величины  $d_m$  Сликхтер указывает от 0,01 до 5,0 мм. Последний предел следует считать несколько высоким.

в) Формула Крюгера<sup>1</sup>

$$K_{18} = 1,44 \cdot 10^6 \frac{P}{\Theta^2},$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации выраженный в м/сутки;

$P$  — пористость грунта

$\Theta$  — суммарная поверхность всех частиц, заключенных в 1 см<sup>3</sup> грунта, выраженная в см<sup>2</sup>.

Если  $d_n$  — средний диаметр зерен одной фракции,

$n_n$  — число частиц этой фракции;

$g_n$  — доля участия данной фракции в составе грунта;  
то поверхность одной фракции будет:

$$\Theta_n = \pi d_n^2 n_n = 6(1-P) \frac{g_n}{d_n}$$

После подстановки значений для каждой фракции формула Крюгера примет вид:

$$K = 40\,000 \frac{P}{(1-P)^2} \cdot \frac{1}{\sum \left( \frac{g_n}{d_n} \right)^2} \text{ м/сутки}$$

$\frac{d_n}{g_n} = d_g$  называется „действующим диаметром Крюгера“. Вставив это выражение в формулу Крюгера, получаем:

$$K = 40\,000 \frac{P}{(P-1)^2} d_g^2$$

Далее, следует пользоваться прилагаемыми номограммами — рис. 27-а и 27-б. Величины  $d_g$  различных фракций и различного содержания их в породе даны в правой части номограммы Крюгера. Здесь, по оси абсцисс, отложено процентное содержание фракций. Из начала координат проведен пучок прямых для средних величин каждой фракции, а) восстанавливая перпендикуляр из точки, отвечающей процентному содержанию фракции, б) продолжаем его до прямой, отвечающей этой фракции и в) по прямой, параллельной оси абсцисс, переходим на ось ординат. Графическая величина ординаты выра-

жает величину  $\frac{g}{d} = \frac{1}{d_g}$  для данной фракции для ее содержания в породе.

Такое определение производится для всех фракций и получающиеся значения суммируются графически. Полученная суммарная длина откладывается по оси ординат.

Далее следует пользоваться левой частью номограммы.

Из полученной на оси ординаты точки проводится прямая, параллельная оси абсцисс, до встречи с одной из кривых, имеющихся в левой части номограммы, именно той, которая соответствует пористости породы (величины пористости обозначены на кривых). Абсциссы, отвечающие точкам встречи с кривой, дают значения для  $\sqrt{K}$ .

<sup>1</sup> См. Биндеман, Н. Способ графического определения коэффициента фильтрации по формуле Крюгера при  $T=1,00$  и  $T=18^\circ\text{C}$

Номограмма дана в  $\frac{1}{4}$  натуральной величины.

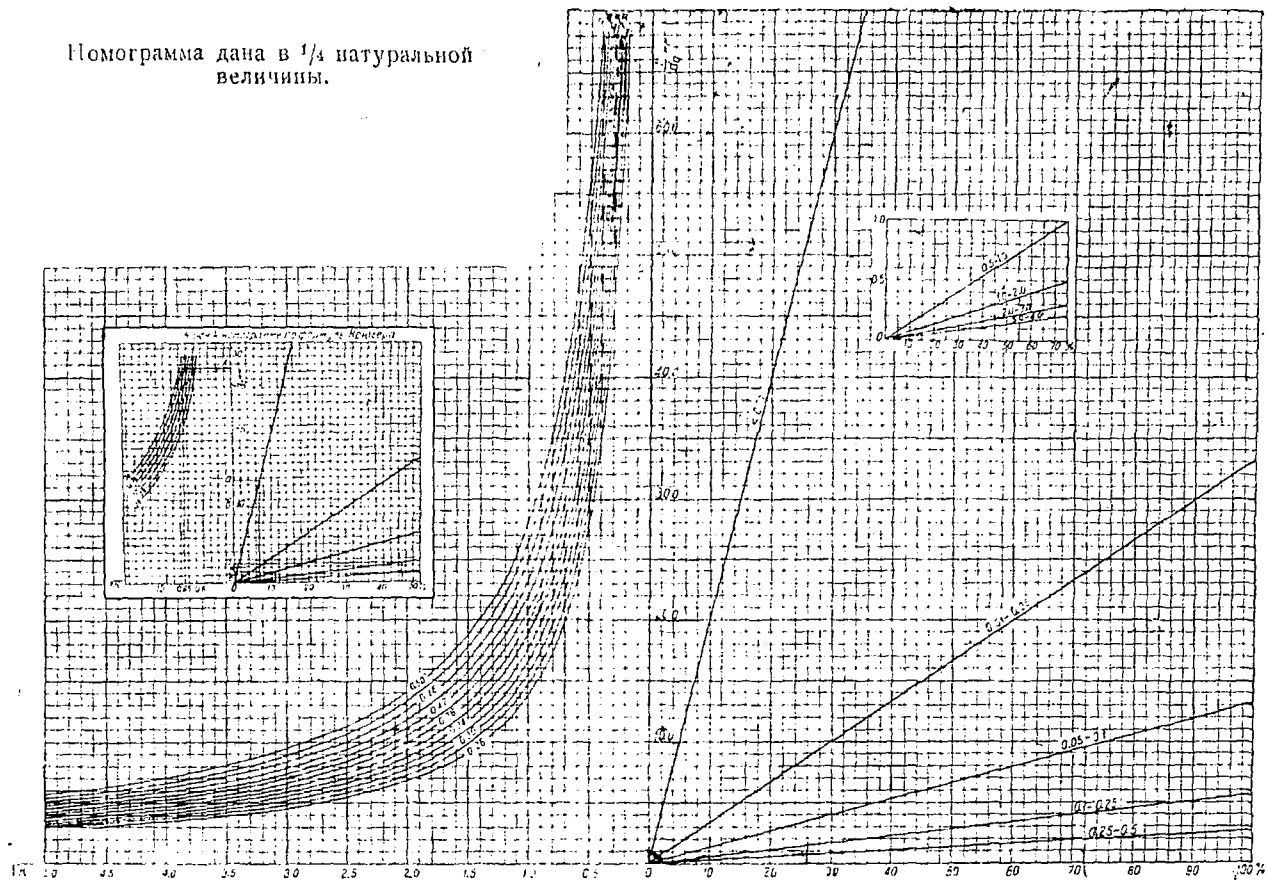


Рис. 27а. Номограмма для определения  $K_0$  по формуле Крюгера (по Н. Биндеману).

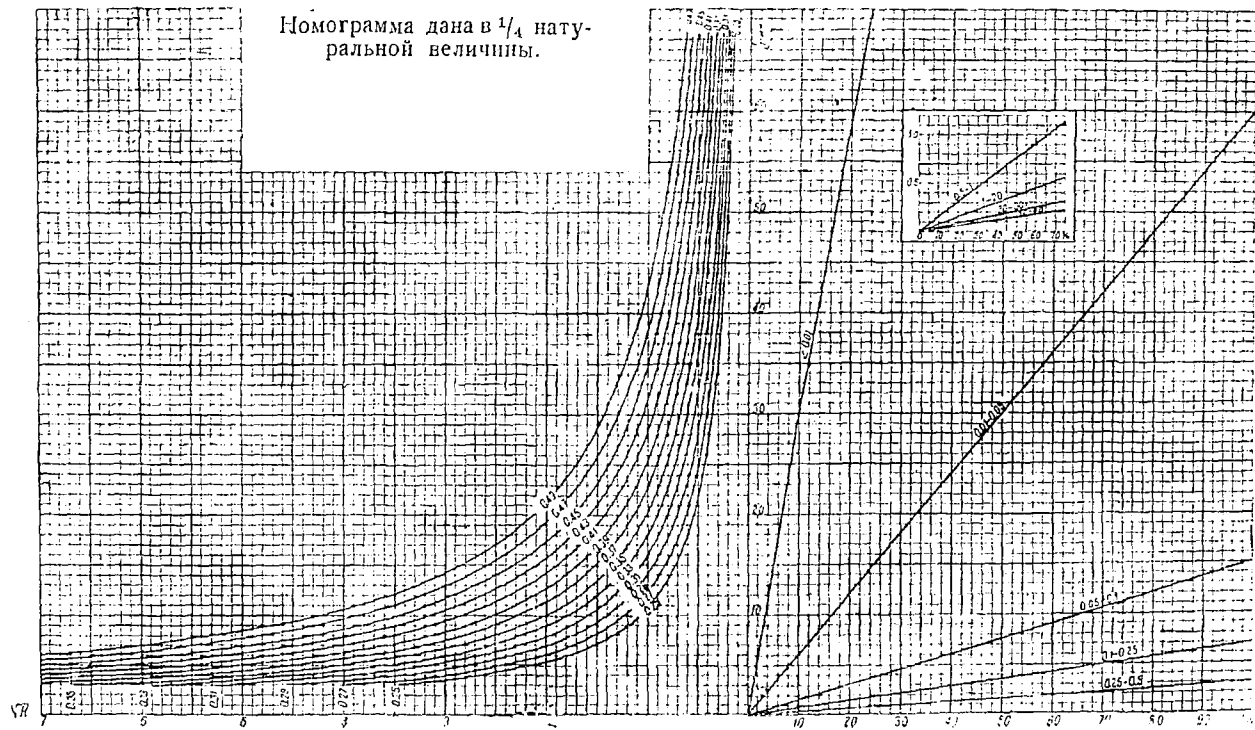


Рис. 276. Номограмма для определения  $K\phi$  по формуле Козени (по Н. Биндеману).

Возведя эту величину в квадрат, получаем коэффициент фильтрации в *м/сутки* при температуре 18° С.

Аналитический расчет по формуле Крюгера удобно делать, пользуясь нижеследующей таблицей:

	<i>d</i> мм	$\delta$	$b=\delta(10\rho)$	<i>r</i>	$g = \frac{b}{2}$	<i>l</i>	$m = grl$
Границы фракции см	Средний диаметр фракции			Объем одной части, в см <sup>3</sup>	Число частиц	Поверхность одной частицы, в см <sup>2</sup>	Поверхность всех частиц фракции, в см <sup>2</sup>
0,2—0,1	0,15			1,77·10 <sup>-3</sup>		7,07·10 <sup>-2</sup>	
0,01—0,05	0,075			2,21·10 <sup>-4</sup>		0,77·10 <sup>-2</sup>	
0,05—0,025	0,037			2,6·10 <sup>-5</sup>		1,32·10 <sup>-3</sup>	
0,025—0,005	0,015			1,77·10 <sup>-6</sup>		7,07·10 <sup>-4</sup>	
0,005—0,001	0,003			1,41·10 <sup>-3</sup>		2,83·10 <sup>-5</sup>	
0,001—0,000	0,0005			6,54·10 <sup>-11</sup>		7,85·10 <sup>-7</sup>	
$\theta = \sum m$							

г) Формула Козени.

Эта формула, переработанная А. Замариным, имеет вид:

$$K_0 = 4000 \cdot \frac{p^3}{(1-p)^2} \cdot d_k^2,$$

где  $K_0$  — коэффициент фильтрации при 0° С;

$d_k$  — действующий диаметр Козени в мм.

Для расчета пользуются прилагаемыми номограммами (рис. 276). Построение этих номограмм и пользование ими вполне аналогичны описанному выше для формулы Крюгера.

Казагранде дает определение водопроницаемости грунта (с нарушенным строением), исходя из наблюдений за скоростью капиллярного поднятия. Для этого грунт набивается в цилиндр 40 × 200 мм, конец затягивается медной сеткой. Этим концом цилиндр ставят на воду и наблюдают время, за которое влага поднимется на 2, 4, 6 и т. д. см. Если высота поднятия *x*, время *t*, то  $x^2 = mt$ , откуда  $\lg m = \lg x^2 - \lg t$ . Беря  $\lg x^2$  абсциссами, а  $\lg t$  — ординатами, получаем для каждого грунта некоторую прямую, точка пересечения которой с осью абсцисс будет  $\lg m$ . Отсюда определяем *m*. Коэффициент водопроницаемости:

$$K = \frac{m^2}{A} \cdot \frac{e}{1-e},$$

где *e* — коэффициент пористости;

*A* — 7, 66 · 10<sup>4</sup>.

## В. Физические свойства пород

Для определения физических свойств пород во всех случаях предпочтительна, а иногда обязательна работа с образцами с ненарушенной структурой (монолитами), причем образец следует брать средний по составу из большой массы породы.

### 1. Удельный вес

Удельный вес и описанный ниже объемный вес определяются для дальнейшей работы по вычислению пористости породы. Порядок работы следующий:



1. Пикнометр объемом до 100 см<sup>3</sup> наполнить до черты дистиллированной водой.

2. Вытереть снаружи и взвесить на точных весах.

3. Высушенный при 105° С образец в количестве около 10 г взвесить на весах, облить дистиллированной водой и кипятить в фарфоровой чашечке до удаления из породы поглощенного ею воздуха.

4. Вылить из пикнометра воду, перенести в него приготовленный, как указано в п. 3, образец и долить дистиллированной водой точно до черты.

5. Взвесить пикнометр с водой и породой и вычислить удельный вес по формуле:

$$d = \frac{B}{A + B - C},$$

где  $d$  — удельный вес;

$B$  — вес породы;

$A$  — вес пикнометра с водой;

$C$  — вес пикнометра с водой и породой.

Формы записей наблюдений (табл. 12).

Таблица 12

Форма журнала для определения удельного веса

№ образца (шифр)	Число про- изв. опре- делений	Вес образца		Постоян- ный вес	Вес пик- нометра с водой	Вес пик- нометра с водой и поро- дой	Удельн. вес	Примеч- ание
		I взве- шивание	II взве- шивание					

Лаборант

Зав. лабораторией

Размер: ОСТ А5 148 × 210 мм.

## 2. Объемный вес

а) Для связанных грунтов

1. Образцу придают по возможности правильную форму и взвешивают на точных весах в том состоянии влажности, для которого желают определить пористость и объемный вес.

2. Подвешивают образец на платиновую или медную проволоку сечением 0,1 мм и погружают его в расплавленный парафин, вынимают и взвешивают.

Примечание. Парафин не должен быть очень сильно нагрет, а чтобы порода его не вытеснялась при температуре его плавления 50 — 55°, удобная температура его нагрева при парафинировании в 60°.

3. Погружают образец в воду.

4. Взвешивают образец в воде и тогда  $A - B = C$ ,

где  $A$  — вес запарафинированного образца;

$B$  —

$C$  — вес вытесненной воды.

5. Подсчитывают по формуле:

$$\alpha_p = f_p \cdot d_p,$$

где  $f_p$  — вес парафина;

$\alpha_p$  — объем парафина;  
 $\alpha_p$  — удельный вес парафина.

6. По формуле  $\frac{F}{C - \alpha_p}$  вычисляют объемный вес,

где  $F$  — вес чистого образца породы (форму записей наблюдений см. табл. 13).

Таблица 13

Форма журнала для определения объемного веса с парафинированием образцов

№ образца (шифр)	I взвешивание	II взвешивание	III взвешивание	IV взвешивание	V взвешивание	Постоянный вес	Вес парафинированного образца	Вес парафинированного образца в воде	Вес вытесненной воды	Вес парафина	Уд. вес парафина	Объем парафина	Объемный вес	Примечание

Лаборант  
 Зав. лабораторией

Размер: ГОСТ А5 148 × 210 мм

б) Для сыпучих грунтов

1. Высушенный при 105° С грунт взвешивается в большой фарфоровой чашке.

2. Высыпают небольшими порциями во взвешенный измерительный цилиндр, одновременно постукивая резиновым молоточком для уплотнения грунта до постоянного объема.

3. Производят взвешивание цилиндра с грунтом.

4. Вычисляют объемный вес по формуле:

$$D = \frac{C - A}{B},$$

где  $A$  — вес цилиндра;  $B$  — вес воды в объеме взятого грунта;  $C$  — вес цилиндра с грунтом (форму журнала см. табл. 14).

Таблица 14

Форма журнала при определении объемного веса песков

№ по пор.	№ образца (шифр)	Число мес.	I взвешивание	II взвешивание	III взвешивание	Постоянный вес	Вес цилиндра	Вес цилиндра с грунтом	Объемный вес

Лаборант  
 Зав. лабораторией

Размер: ГОСТ А 5 148 × 210 мм.

Примечание. Это определение имеет условный характер, так как относится к некоторому искусственному состоянию грунта.

Объемный вес песка можно определить при помощи пикнометра (мерной колбы) емкостью в 100 см<sup>3</sup>. Колбу постепенно насыпают песком, утряхивая его легкими ударами колбы о толстый слой сука на или резины. Этим путем дойти можно до определенной плотности. Но эта плотность не всегда отвечает плотности песка в естественном залегании. Поэтому получаемые величины имеют условное значение.

### 3. Пористость

Под пористостью понимают отношение объема пор к объему всей породы. Определение пористости имеет большое значение для вычисления объемного коэффициента фильтрации при лабораторных его определениях в приборах Тима—Каменского, Тима—Форхгеймера и т. д. при полевых определениях, а также для вычисления действительных и предельных скоростей движения грунтового потока.

Вычисление производится по формуле:

$$P = 100 \left( 1 - \frac{dc}{\gamma} \right).$$

где  $P$  — пористость в процентах;

$\gamma$  — удельный вес твердой фазы;

$dc$  — объемный вес высушенного образца.

В последнее время распространяется более удобное выражение пористости в виде отношения объема пор к объему твердой фазы, называемого приведенной пористостью или коэффициентом пористости. Удобство этой формулы для пористости заключается в том, что она выражается в частях от некоторого постоянного объема — объема твердой фазы, в то время как при выражении ее в виде части всего объема породы мы имеем отношение двух переменных величин, так как при изменении пористости, например при высыхании или уплотнении породы, меняется и объем породы.

При тех же обозначениях расчет коэффициента пористости ( $e$ ) производится так.

Если в 1 см<sup>3</sup> грунта часть объема  $A$  занята твердыми частицами, а  $B$  — пустотами, то  $e = \frac{B}{A}$ . Вместе с тем,  $A + B = 1$ . Решая эти два уравнения получаем:

$$A = \frac{1}{1+e} \text{ и } B = \frac{e}{1+e}; \quad \frac{d}{\gamma} = A; \quad \frac{d}{\gamma} = \frac{1}{1+e}; \quad d = \frac{\gamma}{1+e}$$

$$e = \frac{\gamma - d}{d} \text{ или в } \% e = \frac{\gamma - d}{d} 100\%.$$

Соотношение между пористостью и коэффициентом пористости определяется равенством

$$d = \frac{e}{1+e}.$$

Для грунтов, обладающих связностью (глины), пористость можно определить так: вырезают правильный куб или прямой параллелепипед, определяют его объем, высушивают и взвешиванием определяют вес твердых составляющих в этом объеме. Этим путем, относя вес к единице объема, получают  $d$ . Определив  $\gamma$ , имеем все величины, нужные для расчета коэффициента пористости.

Наконец, пористость определяют измерением объема жидкости, которой заполнены поры почвы. Глинистые грунты при насыщении водой разбухают и выпираются из формы.

Последний метод состоит в том, что грунт насыщается и утрамбовывается до естественного состояния в большой цилиндр. Затем, снизу в грунт поступает из градуированного цилиндра вода (см. рис. 28) до тех пор, пока она не заполнит грунт и не появится на поверхности. Обеспечить вытеснение всего воздуха из пор породы, насыпанной в стакан, при насыщении ее водой, можно так: воду вливают через воронку с трубкой, проходящей через весь слой насыпанной в стакан породы, по которой наливаемая в породу вода будет подвигаться к самому дну стакана; при этом воздух сможет удаляться по

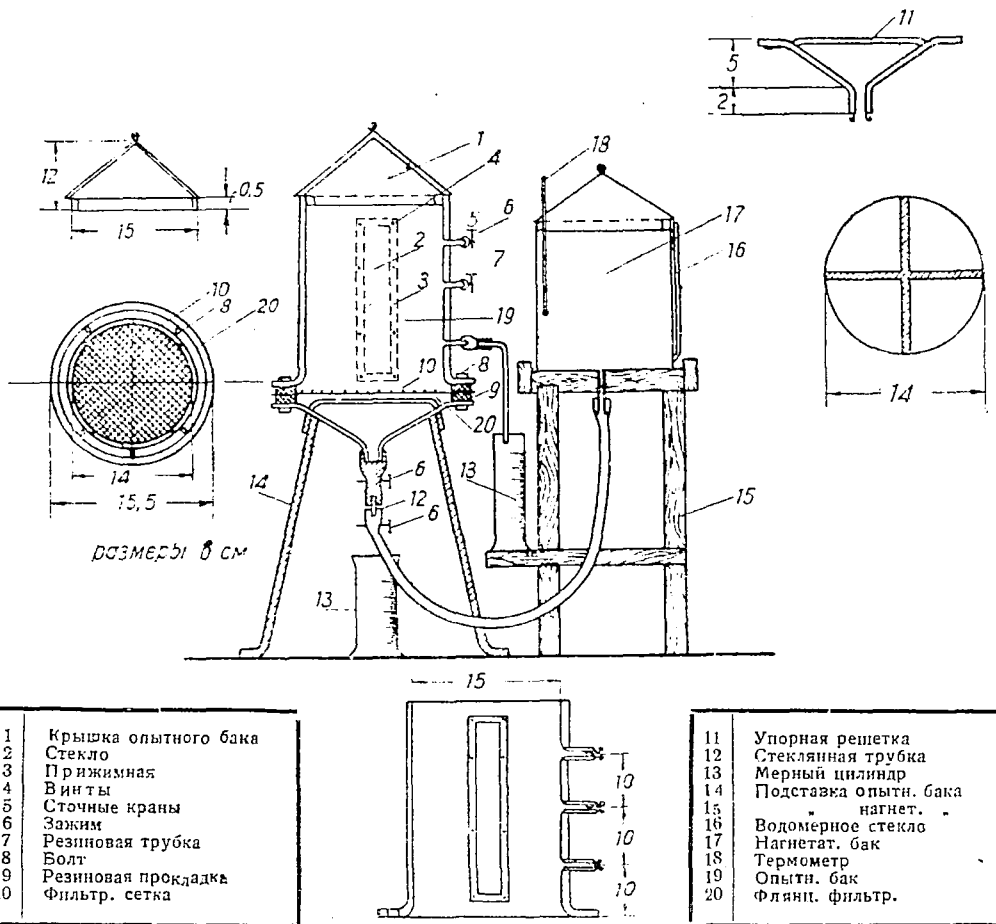


Рис. 28. Прибор для определения пористости грунтов.  
Применен на Днепрострое, Бобрискстрое и Вашкуре.

мере насыщения грунта через верхнюю, еще сухую часть породы. Приспособление для этого очень просто и состоит из платива, воронки, стеклянной трубки, прикрепленной при помощи резиновой трубки к нижнему концу воронки, и стакана, в который насыпается грунт. Трубка вставляется в стакан до насыщения грунта.

Частное от деления объема воды, ушедшей из цилиндра в грунт, на объем грунта при умножении на 100, даст величину пористости в процентах.

#### 4. Связность

Связность грунта может служить показателем состава и определяется несколькими методами.

По методу Аттерберга связность определяется той нагрузкой, которая необходима для раздавливания кубика почвы со стороной 20 мм, высушенного при температуре 100°C. Порядок работы таков:

1. Взять кубик размером  $2 \times 2 \times 2$  см, приготовленный из породы или вырезанный из монолита и высушенный при температуре 100°C до постоянного веса.

2. Поместить под доску с пластинкой размером  $2 \times 2$  см.

3. Постепенно увеличить нагрузки на доску до момента, пока кубик не раздавится.

На основании своих наблюдений Аттерберг разделяет породы на следующие группы:

Глинистые почвы, раздавливание при 31—60 кг;

Тяжелые суглинки раздавливание при 16—30 кг;

Легкие суглинки раздавливание при 8—15 кг;

Песчаные почвы раздавливание при 0—7 кг.

### 5. Водопроницаемость

Способность породы пропускать через себя воду, выражается так называемым коэффициентом фильтрации, определяемым в лаборатории приборами различных конструкций. В данной инструкции приводятся два прибора: Тима—Каменского и трубка Г. Н. Каменского и метод Казагранде.

Коэффициент фильтрации определяется на основании закона Дарси, дающего зависимость скорости протекания воды через породу от потери напора на единице пути:

$$V = K \cdot F \cdot I,$$

где  $V$  — скорость движения грунтового потока;

$I$  — пьезометрический уклон (потеря статического напора в начале и в конце пути фильтрации);

$K$  — коэффициент фильтрации.

Или по формуле:

$$Q = KIF,$$

где  $Q$  — расход потока;

$F$  — площадь сечения потока.

Если считать, что  $I$  равно 1,0 и  $F$  равно также 1,0 то получим:

$$V = K; \quad Q = K.$$

Из этих двух формул коэффициент фильтрации определяется так:

1. Скорость потока при уклоне  $I$  равна 1,00.

2. Расход потока через площадь  $F$  равен 1,00 при уклоне равном 1,00.

Работа с приборами Тима—Каменского по определению коэффициента разделяется на четыре цикла работ:

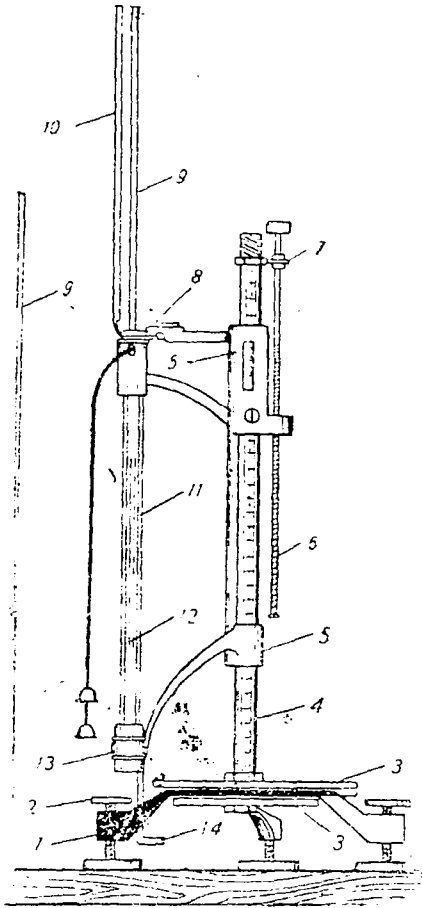
- а) взятие образца в поле;
- б) подготовка к производству опыта (закладка в прибор монолита, подготовка и заливка свежего образца);
- в) производство самого опыта;
- г) вычисления и подсчеты.

#### а) Взятие образца в поле

При взятии монолита роется шурф небольших размеров до нужной глубины. Участок в дне или стенке, предназначенный для взятия монолита в шурфе, окапывается кругом канавкой, накрывается специальным жестяным ящиком и подрезается снизу. Монолит должен

плотно входить в форму и достигать ее дна. Когда предстоит выбирать много монолитов, при нехватке жестяных ящичков, порода в поле обрезается до размеров, необходимых для закладки в прибор, обрачивается пергаментом или бумажной калькой и парафинируется или заливается варом слоем на 2—3 мм. В таком виде образцы хорошо выдерживают перевозку в ящичках, оклеенных внутри бумагой (если они хорошо, плотно в них уложены).

Чаще монолит берется вдавливанием обнаженного грунта в жестяной (луженый или парафинированный изнутри) цилиндр. Чтобы избе-



- |    |  |
|----|--|
| 1  | Тяжелая металлическая подставка с фигурным трехлопастным вырезом |
| 2  | Опорные уравнивательные винты                                    |
| 3  | Верхняя и нижняя опорные подвижные тарелки                       |
| 4  | Вертикальная стойка с миллиметровым делением                     |
| 5  | Муфты подвижного кронштейна                                      |
| 6  | Винт, перемещающий кронштейн                                     |
| 7  | Неподвижная опорная гайка винта                                  |
| 8  | Круговой уровень   |
| 9  | Стальная игла  |
| 10 | Шкала  |
| 11 | Стеклоянная трубка   |
| 12 | Медная трубка  |
| 13 | Опорная муфта для трубок   |
| 14 | Башмак, опирающийся на породу                                    |

Рис. 29. Прибор Н. Тихомирова и В. Борисова для определения плотности набивки песка в форму.

жать уплотнения грунта, он окапывается кругом по мере надвигания обоймы и подрезается снизу. Торцовые стороны закрываются кружком тонкой бумаги и заливаются воском, парафином или варом. Размер монолита: диаметр 10 см, высота 15 см, вообще с диаметром на 1—2 см больше диаметра прибора, чтобы после обрезки иметь его диаметр на 2 см меньше диаметра прибора.

Если образец глинистой породы с ненарушенной структурой взят при колонковом бурении, то для сохранения его в состоянии естественной влажности при не особо долгом хранении его можно применить следующий способ. Выбранный кусок керна обрачивается бумажной калькой и снаружи густо обмазывается воском, варом или парафином. Поверх слоя этой смазки он обрачивается еще одним слоем кальки. Торцы тщательно заливаются.

Если вследствие сыпучести и рыхлости породы взять образец-моноклит совершенно не представляется возможным, то удовлетворительная характеристика фильтрационных свойств, например песков, получается путем набивки песка в аппарат с проверкой и сравнением плотности набивки в аппарате с плотностью песка в его естественных условиях залегания при помощи прибора, предложенного Н. К. Тихомировым и Б. В. Борисовым (рис. 29) и действующего на принципе иглы Впке и шведского конуса для определения относительной связности пород. Прибор основан на принципе падающей с определенной высоты иглы, точно выверенной в отношении длины, толщины и веса.

Прибор сконструирован таким образом, что позволяет производить опробование в любых условиях с одной установкой благодаря свинчивающейся стойке и установке ее на скользящих площадках. Горизонтальное положение прибора достигается микрометрическими винтами по круглому уровню. В виду того что трудно добиться такой точности изготовления приборов, чтобы все они давали совершенно одинаковые отсчеты, необходимо, приняв за основной один из приборов, все остальные снабдить паспортами с поправочными коэффициентами. Порода, подлежащая набору для лаборатории, в ненарушенном состоянии в поле опробуется прибором в 10—20 местах на площади, где берется образец, причем на этикетке образца указывается средняя плотность (глубина погружения иглы), номер прибора, с какой высоты брошена игла и т. д.

Погружения, резко расходящиеся с остальными, во внимание при вычислении средней величины погружения не принимаются.

Прибор этот недавно предложен, и в продаже его не имеется. Изготовление его возможно в любой, хорошо работающей механической мастерской.

#### б) Определения фильтрационных свойств на видоизмененных приборах Тима

Прибор Тима претерпел значительное видоизменение в конструкции проф. Г. Н. Каменского. На рис. 30 прибор Тима—Каменского приведен с конструктивными изменениями, внесенными в него бригадой Камской инж.-геологической партией под руководством инж. Тихомирова. В последней конструкции он состоит из трех медных или железных оцинкованных или хорошо луженых цилиндров с флянцами. Внутренний цилиндр для удобства сконструирован разъемным.

При работе с монолитами моноклит осторожно выкладывается из ящичка на лист жести, обрезается ножом по форме куба или цилиндра по размеру внутреннего цилиндра (на 2 см в диаметре моноклит меньше чем диаметр цилиндра) и вставляется во внутренний цилиндр, причем сетка в цилиндре заменяется фильтровальной бумагой.

Осторожно по краям моноклит заливается расплавленным парафином в зазор между моноклитом и стенками цилиндра. Температура парафина—около 60°.

Фильтровальная бумага снова заменяется сеткой.

Внутренний цилиндр вставляется в прибор, система свинчивается, к прибору подводятся резиновые шланги от бака с водой и пьезометрических трубок.

При работе с сыпучей породой под сетку прибора подкладывается плотная бумага (бристольский картон).

В сетку сверху насыпается слой, равный двукратной глубине погружения иглы прибора по определению плотности залегания породы в естественных условиях (см. п. а).

Порода слегка утрамбовывается и проверяется прибором для определения плотности, установленным на верхний край прибора Тима.

Утрамбовка продолжается с постоянным контролем плотности укладки до получения погружений иглы, равных погружениям при соответствующих полевых определениях.

Послойно продолжается набивка до получения нужной высоты загрузки породы в приборе.

Удобной для пользования и более простой для изготовления является последняя, предложенная проф. Г. Н. Каменским конструкция прибора Тима (рис. 31). Прибор состоит из двух цилиндров; каждый

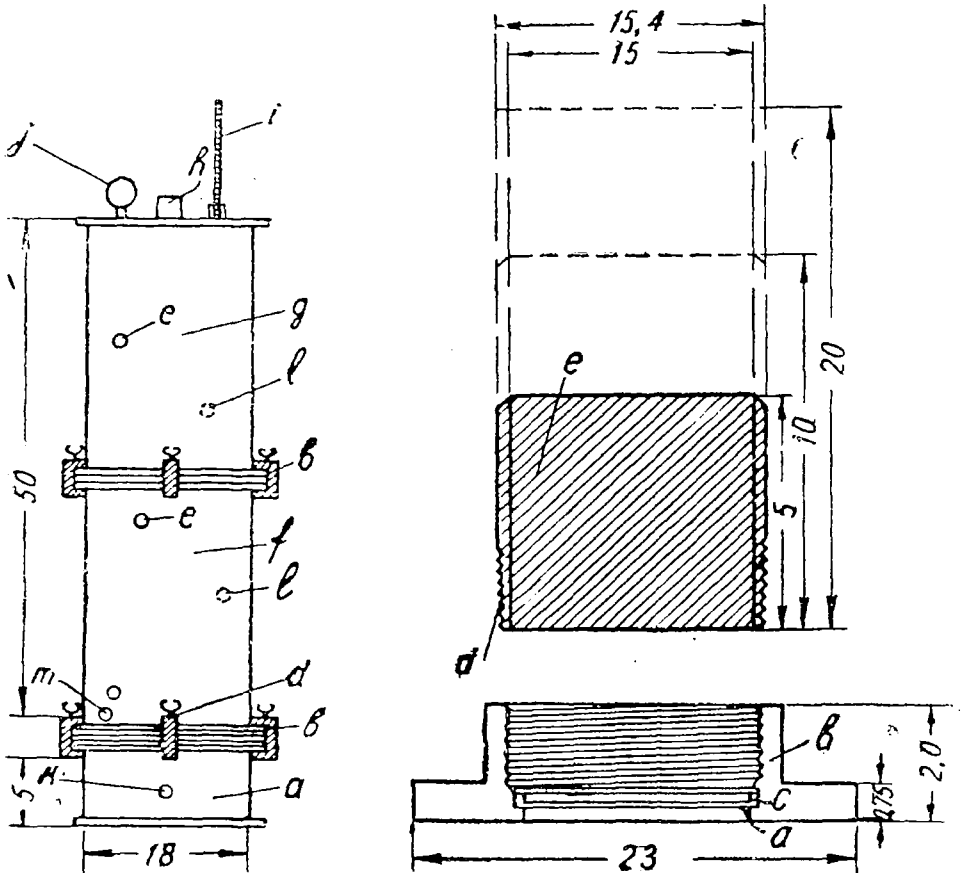


Рис. 30. Прибор Тима—Каменского для определения  $K_f$  (большой тип).

из них имеет припаянное дно и в стенках по четыре нипеля для присоединения пьезометров и водопроводных трубок. Диаметр цилиндров 12—14 см соответствует диаметрам монолитов в 10—12 см. Высота цилиндров—17,5 см. Изготавливаются они из листовой меди (1—2 мм) или тяжелых сортов белой жести.

В нижний цилиндр насыпается гравий и слегка утрамбовывается. Сверху насыпается песок, отделяющийся от гравия сеткой. На песок устанавливается монолит. Предварительно монолит обтачивается по форме цилиндра. Боковая поверхность покрывается парафином (60°C) или варом. Чтобы создать противодействие расширению образца при его набухании, верх слоя парафина или вара цилиндр туго обматывается марлевым бинтом и еще раз покрывается парафином или варом. Такую оболочку лучше делать из нескольких чередующихся слоев марли и изолирующего вещества.



Подготовленный таким способом монолит, как сказано, ставится в нижний цилиндр так, чтобы нижний край его приходился на уровне отвода к нижнему пьезометру. Зазор между монолитом и цилиндром (нормально около 1 см) заливается парафином, воском, варом или другим непроницаемым для воды веществом. После этого другой цилиндр подготавливается так же, как и первый, и в него вставляют монолит, повернув его концом с надетым на него первым цилиндром вверх. Зазор между монолитом и цилиндром заливается так же, как и в первом цилиндре. В зазор между нижним и верхним цилиндром, ставят деревянные подпорочки для поддержки верхнего цилиндра, чтобы он своим весом не ломал парафиновой заливки между цилиндрами, и заливают парафином.

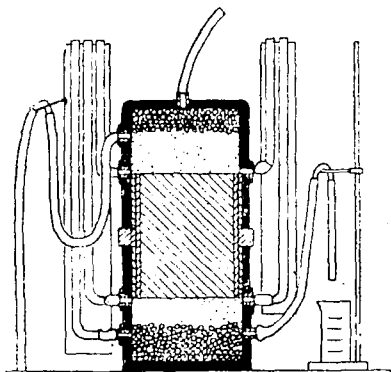


Рис. 31. Прибор Тима-Каменского для определения  $K_f$  (малый тип).

После присоединения к отводам пьезометров и водоподводящих трубок прибор готов к работе.

Производство опыта. Записи наблюдений ведутся в журнале по образцу, данному на табл. 15.

Таблица 15

Форма журнала для определения коэффициента фильтрации в приборе Тима—Каменского.

Образец № (цифр) тип породы—песок, суглинок и т. и. (монолитом или засыпкой)  
 Загруженном в прибор  
 Место и глубина взятия образца  
 Время взятия

Дата опыта	Время наблюдений			Промеж. время в сек.	Доб. за промеж. время в $cm^3$	Фильтр. площ. в $cm^2$	Длина пути $l$ фильтр. выс. обр. см	Показания пьезометра				Град. $\frac{h}{e} = i$	Вода $10^6 C$
	Час.	Мин.	Сек.					$h_1$ — верхн. цилиндр	$h_2$ $h_3$ в насып. цилиндр	$h_4$ в ниж. цилиндр	Потери на пути фильтр. $h = h_1 - h_4$		
19 VIII —33 г.	12	30	45										
	12	31	50	65	130	64	2)	30	—	15	15	0,75	15

Через нижний цилиндр в породу пропускается вода под давлением для удаления из породы воздуха, причем вначале воздушный кран остается открытым для свободного выхода воздуха из нижнего цилиндра.

Как только вода появится над верхней поверхностью породы, подача воды снизу прекращается.

Через верхний цилиндр в прибор подается вода, поддерживаемая на постоянном уровне или сточным краном ( $k$ ) в верхнем цилиндре или наблюдением за манометром при дополнительных давлениях.

Через установленные промежутки времени производится наблюдение по контрольным пьезометрам за появлением воды из сливного крана.

По появлении воды через назначенные промежутки времени производят замер (с секундомером) количества профильтровавшейся воды, записывая время, промежуток времени замера, количества воды и показания пьезометров.

Опыт можно считать при данном пьезометрическом давлении законченным по установлении постоянного секундного расхода.

Вычисления производятся по формуле Тима:

$$K_t = \frac{Ql}{F \cdot h},$$

где  $K_t$  — коэффициент фильтрации при температуре  $0^\circ$ ;

$Q$  — расход воды  $см^3/сек.$ ;

$l$  — высота породы;

$F$  — площадь сечения породы;

$h$  — разность показаний пьезометров.

Поправка на температуру вводится для перевода  $K_t$  на  $K_{10}$  (при  $10^\circ C$ ).

Поправка  $\tau = 0,7 + 0,03 t$ , где  $t$  — температура воды.

$$K_{10} = \frac{K_t}{\tau = 0,7 + 0,03 t}$$

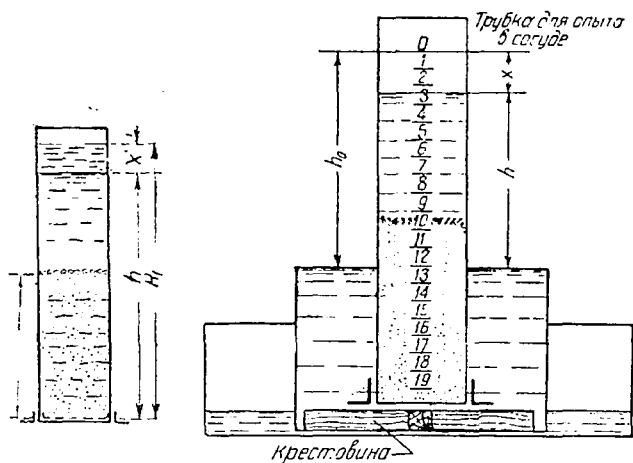


Рис. 32. „Трубка Каменского“ стеклянная.

Трубка Каменского. Для менее точных, но более скорых опытов в полевой обстановке можно применять предложенную проф. Г. Н. Каменским установку, получившую на практике название „трубки Каменского“ (рис. 32), применимую при определении коэффициента фильтрации для песков с нарушенной структурой.

Прибор этот предложен его автором в двух видах.

Стеклянная трубка диаметром 2—4 см и длиной около 23 см снизу закрывается сеткой (или, что хуже, марлей), прижимаемой кольцом. Так как кольцо должно служить и подставкой для трубки, оно должно быть тяжелым с широкой нижней закраиной (флянцем).

На трубке нанесены двадцать делений через 1 см, которые нумеруются начиная сверху, причем нижнее (20-е) деление должно быть на уровне нижнего среза трубки.

Для загрузки трубки устанавливаются в широкий стакан или банку высотой в 15—20 см, куда по мере наполнения трубки песком подливается вода, насыщающая песок в трубке. Песок постепенно засыпается сверху и при этом слегка уплотняется легкой дере-

вянной трамбовочкой. Высота столба песка 10 см. Если песок очень мелок, то на сетку предварительно насыпается слой крупного песка.

Воду в сосуде поддерживают на уровне подсыхаемого песка. По окончании засыпки песка доливают еще воды до уровня на 1—2 см выше уровня песка и насыпают слой гравия высотой 1—2 см. Такой способ загрузки прибора лучше других обеспечивает сравнимость результатов.

По окончании укладки песка и его промачивания трубку доливают водой доверху и тотчас выжимают из сосуда и ставят над чашкой или в широкую чашку на подставке так, чтобы фильтрующаяся через песок вода свободно оттекала, не создавая подпора.

Если фильтрационная способность породы очень велика, то лучше вести опыт при уменьшенном гидравлическом градиенте, для чего трубка ставится в сосуд с водой. Высота сосуда зависит от того,

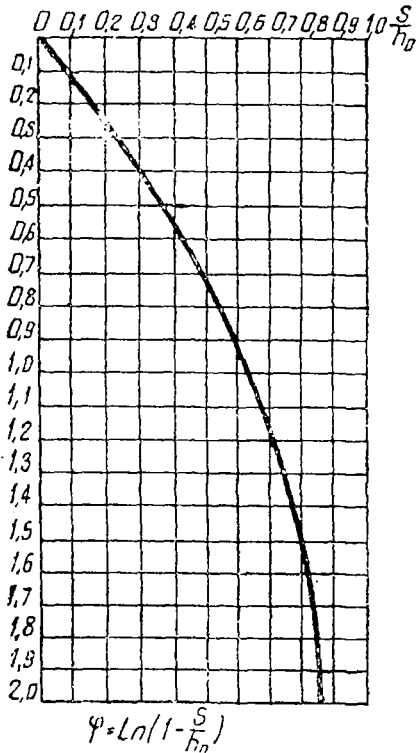


Рис. 33. Диаграмм. для определения  $K$  при помощи „трубки Каменского“.

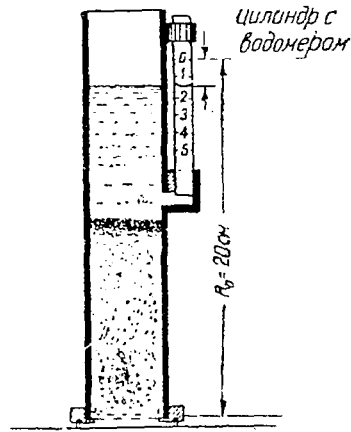


Рис. 34. Полевой прибор Г. Н. Каменского (трубка) для определения водопроницаемости песка.

насколько мы хотим уменьшить напор воды. Вода, проходящая через трубку, будет поступать в сосуд, и получающийся в нем избыток ее будет переливаться через край.

Опускание мениска в трубке наблюдают и в секундах отсчитывают моменты прохождения им деления 0,5 и т. д. При таких условиях постановки опыта мы имеем случай неустановившегося течения.

Для вычисления коэффициента фильтрации пользуются формулой:

$$K = \frac{l}{t} \varphi \left( \frac{S}{h_0} \right) = -\frac{l}{t} \ln \left( 1 - \frac{S}{h_0} \right) = -2,3 \frac{l}{t} \lg \left( 1 - \frac{S}{h_0} \right)$$

где  $l$  — высота столба воды;

$t$  — время, прошедшее с момента прохождения мениском расстояния между начальным и конечным делениями;

$h_0$  — первоначальная высота напора;  
 $S$  — отсчитываемое по шкале падения уровня в трубке.

$$\text{Выражение } \varphi\left(\frac{S}{h_0}\right) = -\ln\left(1 - \frac{S}{h_0}\right) = -2.3 \lg\left(1 - \frac{S}{h_0}\right)$$

берется по графику (см. рис. 33) или вычисляется по таблицам.

Вывод формулы и таблицы приведен в книге Каменского Г. Н. „Динамика подземных вод“ и т. д. на стр. 105—112.

Вместо описанной установки можно пользоваться металлической трубкой со стеклянной водомерной трубкой (рис. 34).

В этом случае для расчетов пользуются формулой:

$$k = -\frac{l}{t} \ln\left(1 - \frac{S}{h_0}\right) \left(1 + \frac{d^2}{D^2}\right)$$

где  $d$  — диаметр водомерной трубки;

$D$  — диаметр прибора.

Остальные значения те же, что и в предшествующем случае.

### 6. Критические скорости фильтрации

Вычисление имеет значение при определении возможных выносов частиц в нижний бьеф, допустимых, в связи с этими скоростях фильтрации.

Определение в лаборатории возможно производить двумя способами:

1. Графически, для чего при исследовании на водопроницаемую способность породы работу производят несколько раз, постепенно увеличивая напор и одновременно строя график, где по оси абсцисс наносят в масштабе напоры, по оси ординат — соответствующие скорости.

Главная кривая, начиная с какого-то градиента, резко изменится в сторону увеличения скоростей и тем самым укажет на практически допустимые скорости и напоры.

2. Наблюдениями за выносом частиц, для чего в приборе (рис. 30) изменяются напоры. Одновременно производятся наблюдения за выносом частиц из породы. Скорости, соответствующие выносу частиц, являются критическими скоростями фильтрации.

Нужно заметить, что указанными способами учитывается только резкое увеличение размыва. Между тем небольшой вынос очень мелких частиц может привести к постоянному разрушению породы в срок более длительный, чем длительность опыта (годы).

Для учета таких изменений требуется более точная методика, которая, не будучи пока проверена на опыте, рекомендована быть не может.

### 7. Определение естественной влажности

Определение естественной влажности породы служит для характеристики того состояния (степени размягченности), в котором порода находится в ее естественных условиях залегания. Естественная влажность выражается в весовых процентах от веса образца (влажность) или от веса его твердой фазы (приведенная влажность или коэффициент влажности). Последняя форма выражения за последнее время, приобретает большое распространение:

Порядок работы таков:

1. Образец породы из свежее обнаженного пласта отбирается в банку, заранее взвешенную, с притертой пробкой.

2. Производится взвешивание породы с банкой, после чего с открытой пробкой она ставится в сушильный шкаф с температурой 105°C и выдерживается там до постоянного веса, что устанавливается рядом взвешиваний.

3. Производится вычисление по формулам, приведенной влажности в % или коэффициента влажности:

$$W = \frac{B - C}{C - A} 100,$$

$$\text{влажность в \%} = \frac{B - C}{B - A} 100,$$

где  $A$  — вес банки без породы;

$B$  — вес банки с грунтом с естественной влажностью;

$C$  — вес банки с высушенным грунтом.

Соотношение между коэффициентами пористости ( $e$ ) и влажности ( $w$ ) определяются зависимостью

$$e = w \cdot \gamma,$$

где  $\gamma$  — удельный вес твердых составляющих грунта.

Соотношение между влажностью ( $w$ ) и коэффициентом влажности ( $w_1$ ) определяется зависимостью

$$w_1 = \frac{w}{1 + w}$$

Если образец при взятии его не может быть положен во взвешенный весовой стаканчик, как это указано выше, а берется в какой-либо другой сосуд во избежание конденсации испаряющейся из него влаги на стенках сосуда (банки) при возможных колебаниях температуры, банку надо целиком набить породой до самой пробки и залить последнюю парафином или воском. По доставке в лабораторию образец в нужном размере берется из середины банки. Из образцов-монолитов, доставляемых в лабораторию в обоямах, образец для определения естественной влажности берется путем вырезывания при помощи жестяной трубки диаметром 15—20 мм столбика породы на всю высоту монолита. Отверстие в монолите заливается парафином или воском.

Вырезанная часть породы может идти и на определение других свойств (удельный вес, пористость, размокаемость).

### 8. Капиллярные явления в грунтах

Капиллярные свойства пород приходится определять на образцах с ненарушенной и нарушенной структурой. Все это служит для оценки капиллярных явлений в устройствах из насыпных грунтов (например на валах). Так как капиллярные свойства грунтов зависят от плотности укладки грунта, опыты надо производить с образцами, набитыми в прибор также плотно, как будет лежать грунт в дамбе или другом устройстве.

Проверку плотности набивки можно производить прибором Н. К. Тихомирова и В. С. Борисова (см. рис. 29).

Определение капиллярных свойств грунтов при ненарушенной структуре важно для оценки величины зоны капиллярного смачивания.

пород в бортах водохранилища или на подтопляемых участках (например под фундаментами). Один из возможных приборов для определения капиллярного движения воды в грунтах с нарушенной структурой дан на рис. 35.

Порядок работы следующий:

Для определения скорости капиллярного поднятия в монолитных образцах глинистых пород могут быть использованы образцы, из которых вырезан столбик для определения естественной влажности. Для этого обе торцовые стороны монолита очищаются. Нижняя сторона обвязывается медной сеткой (в крайнем случае марлей) с положенными между породой и сеткой несколькими кружками фильтровальной бумаги. Приготовленный такой образец ставится в плоский сосуд с насыпанным на дно грубозернистым песком. Песок этот все время поддерживается во вполне насыщенном водой состоянии. Верхняя, торцовая сторона должна быть прикрыта крышечкой, чтобы предотвратить высыхание грунта в верхней части.

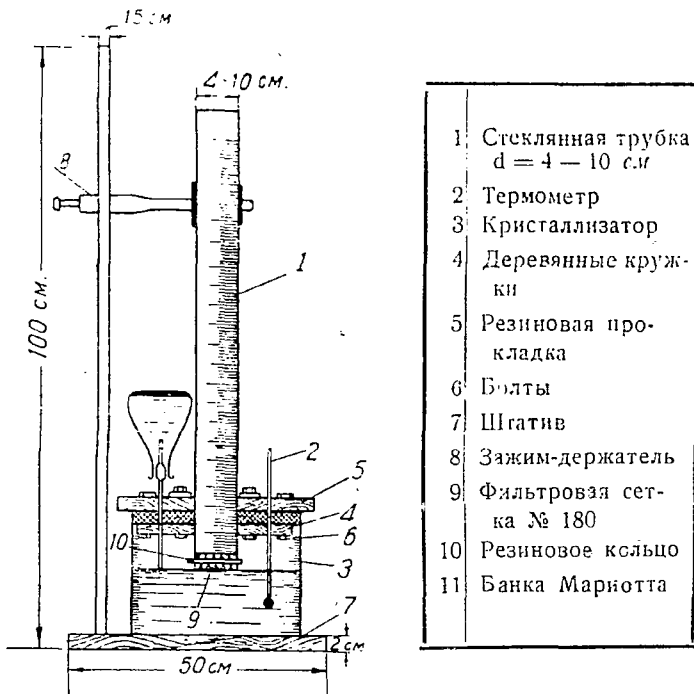


Рис. 35. Прибор для определения высоты капиллярного поднятия, конструкции Н. К. Тихомирова.

Высоту капиллярного поднятия в песчаных грунтах можно определить „методом отрыва“ при помощи капиллярметра. Для этого берется сосуд, в дно которого вделана идущая вниз вертикальная трубка. Эта трубка может заполняться водой, которая должна насыщать грунт, наполняющий сосуд (рис. 36). Трубка внизу соединена с пьезометром. Выпускная вода из трубки и пьезометра, под действием создают отрицательное давление. Когда величина этого отрицательного давления превзойдет по абсолютной величине силу капиллярного поднятия в грунте, положенном в сосуд, столб воды в трубке оторвется от грунта. Понижение уровня воды в пьезометре определит величину отрывающего давления или, значит, силу капиллярного поднятия.

„Метод отрыва“ можно применять и при глинистых грунтах. Но в этом случае ввиду необходимости создать для прорыва воздуха большое отрицательное давление приходится применять добавочное давление на образец сверху. Сила капиллярного давления в этом случае будет измеряться суммой приданного сверху давления и абсолютного значения отрицательного давления, создаваемого под образцом (см. Инструкцию по лабораторно-экспериментальным работам. Издание Гидротехгео. 1932. Вып. 4, или Каменский, Г. Н. „Основы динамики подземных вод“ 1933).

### 9. Влагоемкость

Капиллярная влагоемкость. Если взвесить образец до и после капиллярного промачивания, то его прибавок в весе, отнесенный к весу единицы объема, выраженный в процентах, дает капиллярную влагоемкость (надо при этом прибавить поправку на естественную влажность).

Концом насыщения следует считать прекращение прибавления веса образца, что устанавливается повторным взвешиванием.

Полная влагоемкость. После определения капиллярной влагоемкости этот же образец используется для определения полной влагоемкости, для чего он погружается в воду настолько, чтобы уровень воды вне обоймы приходился на уровне верхнего торца образца. Повторным взвешиванием, после появления воды на верхнем срезе образца, устанавливается заполнение водой всех пустот в породе. Разница между окончательным и первоначальным весом образца, отнесенная к весу единицы объема и выраженная в процентах, дает полную влагоемкость.

При наличии в породе крупных (некапиллярных) пустот, в которых вода не сможет удержаться, часть воды, поглощенной породой, будет вытекать, на что потребуется некоторое время. При высоте монолита около 15 см для этого достаточно 5 мин. Поэтому, вынув обойму с монолитом из воды, ставят ее на 5 мин. на сетку и дают воде стечь, после чего уже взвешивают.

**Примечание.** Следует иметь в виду, что образцы-монолиты из глинистых пород, взятые из глубины, где они были в сжатом состоянии на поверхности (при атмосферном давлении), при насыщении их водой, неизбежно будут набухать и выпираться из формы (обоймы). Это совершенно искажает результат опыта. Поэтому определение полной влагоемкости для глин указанным способом неосуществимо. В глинах, в зоне ниже границы капиллярного смачивания, все поры считаются заполненными водой. Поэтому для них пористость, естественная влажность и полная влагоемкость являются одними и теми же понятиями (если глина не мокротрещиновата).

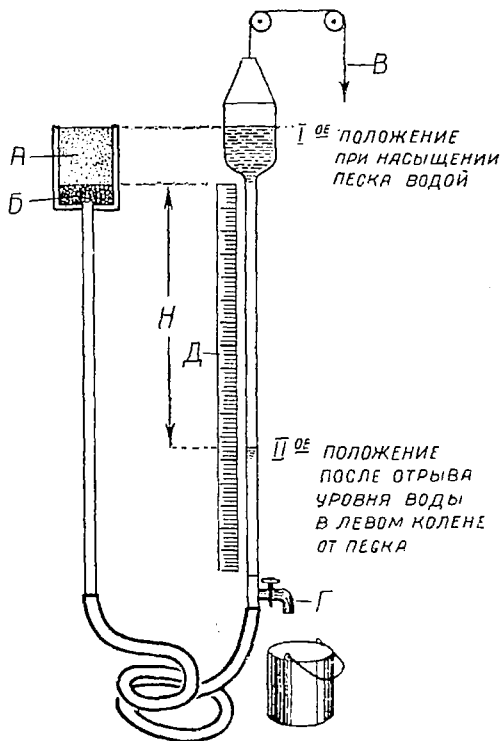


Рис. 36. Капилляриметр (по методу отрыва).

## 10. Пластичность

Определение пластичности в сопоставлении с естественной влажностью является важнейшей характеристикой физических свойств пород при определении их строительных качеств. Свойства эти приобретают также важное значение при изменении гидрогеологических условий в результате дополнительных гидростатических давлений (верхний и нижний бьефы плотины).

Для изучения свойств суглинков и глин проф. А. Аттерберг устанавливает следующие границы:

1. Верхняя граница текучести или коэффициент разжижения, — когда тесто из глины содержит так много воды, что течет почти как сливки (точка *A*).

2. Нижняя граница текучести (или верхняя граница пластичности или коэффициент текучести), когда два куска теста из глины, положенные в чашку, при сильном толчке чашки не сразу сливаются вместе (точка *B*).

3. Граница клейкости, при которой глина теряет липкость.

4. Граница раскатывания (или нижняя граница пластичности), когда тесто из глины перестает скатываться в проволоку диаметром в 3 мм (точка *C*).

Проф. Аттерберг предложил оценивать пластичность породы числом, выражающим количество воды (в весовых процентах), которое необходимо для перевода породы от границы раскатывания (точка *B*) к верхней границе текучести (точке *C*).

Пластичность (коэффициент или число пластичности) равна разности влажности при верхней границе текучести и границе раскатывания (т. е.  $B-C$ ).

5. Граница усадки—влажность при переходе в твердое состояние (точка *D*).

Указанные характерные состояния консистенций грунта определяются количеством воды, содержащейся в тесте. Это количество выражается по предложению А. Аттерберга отношением веса воды к весу абсолютно сухого вещества породы (приведенная влажность).

Каждое определение надо повторять дважды.

1. Определение верхней границы текучести. Коэффициент разжижения—граница перехода от жидкого к полужидкому состоянию. Породу, подлежащую изучению, растирают в ступке резиновым пестиком и просеивают через сито 0,25 мм, перекладывают породу из ступки в фарфоровую чашку и подливают осторожно воды, помешивая массу до состояния текучести. Если бороздка, сделанная в массе стеклянной палочкой, в течение полминуты почти заплывает, опыт можно считать законченным. После этого отделяют часть массы для определения количества воды в ней путем взвешивания до и после высушивания породы (см. определение влажности). Потеря в весе, отнесенная к весу абсолютно сухой породы, умноженная на 100, дает численное выражение верхней границы текучести.

2. Определение нижней границы текучести. Для определения коэффициента текучести или верхней границы пластичности в массу, оставшуюся от предыдущего опыта, постепенно добавляют просеянный порошок породы, хорошо размешивая никелированным шпателем, одновременно распределяя массу по дну чашки слоем в 4 см в диаметре и толщиной примерно в 1 см. Затем шпателем, имеющим форму ножа с толщиной лезвия 2 мм и углом заострения 60°, нарезают массу на две равные части, отодвигают их друг от друга на 0,2 см. Потом слегка ударяют по чашке снизу ладонью руки 10 раз, чтобы заставить части соединиться. Если при этом части лепешки в



нижнем крае разреза слабо соединяются (на высоту 1 мм от дна),— граница достигнута.

Для проверки, сошлись ли действительно обе части, их снова разделяют шпателем; если обе части расходятся по линии первоначального разреза, то влажность еще мала и следует еще добавить воды.

Часть массы взвешивается, высушивается в сушильном шкафу при 105°C и повторно взвешивается для определения потери в весе. Потеря в весе, отнесенная к весу твердых составляющих породы и умноженная на 100, даст численное выражение границы.

3. Нижняя граница пластичности. Граница раскатывания. Коэффициент перехода из пластичного состояния в полутвердое. Масса, замешанная из небольшого количества породы с водой до состояния густого теста, раскатывается ладонью руки на стеклянной пластинке или пергаментной бумаге (хотя это не так точно вследствие быстрой потери воды) в проволоку диаметром около 3 мм. Проволоку несколько раз снова соединяются (мнутся) и снова раскатываются до тех пор, пока порода не будет рассыпаться на мелкие кусочки при толщине в 3 мм. Необходимо следить за тем, чтобы при раскатывании проволоки вытягивались в длину, иначе легко перейти границы раскатывания. Раскатывание продолжается до тех пор, пока вследствие постепенного испарения воды из глины последняя будет становиться более сухой и при раскатывании крошиться. Наступление раскраивания считается концом опыта, и влажность, сохранившаяся в глине,—искомой. Кусочки собираются в весовой стаканчик и взвешиваются, затем высушиваются при 105°C до постоянного веса для определения содержания воды в породе. Вычисленный коэффициент влажности будет характеризовать нижний предел пластичности.

4. Граница клейкости определяется таким состоянием массы, когда она перестает прилипать к никелевому шпателю (вообще металлу). Для этого сухую, растертую в порошок и просеянную через сито 0,25 мм породу делят на две равные части. В одну часть приливают воду до состояния, когда масса прилипает к пальцам. К ней затем присыпают частями вторую часть порошкообразной породы при тщательном перемешивании до тех пор, пока никелевый шпатель при проведении им по поверхности массы начнет освобождаться от прилипающих к нему частиц породы.

Эта граница характеризуется содержанием воды в пробе, пересчитанной на коэффициент влажности.

5. Граница или предел усадки. Влажность при переходе в твердое состояние определяется следующим методом:

1) Глинистое вещество замешивается с водой до состояния несколько большей влажности чем нижняя граница пластичности.

2) Из массы формируется призма размерами 85 × 20 × 20 мм (приблизительно).

3) Призму высушивают на воздухе до изменения на поверхности окраски из темной в светлую и взвешивают.

4) Сушат в сушильном шкафу при температуре 105°C до постоянного веса и взвешивают (взвешивание необходимо производить быстро во избежание впитывания образцом влаги из воздуха).

5) Вычисляют границу по формуле:

$$R = \frac{A - B}{B} = 100,$$

где А — вес призмы до высушивания в шкафу;

В — вес призмы после высушивания в шкафу.

При классифицировании грунтов по степени пластичности рекомендуем следовать по подразделению их по шкале, предложенной проф. К. Терцаги.

Класс	Показатели пластичности в % от веса сухого вещества	Примечание
0	0	В. Котульским предложено для характеристики консистенции грунта давать показатель консистенции, понимая под ним отношение разности между естественной влажностью грунта и нижним пределом пластичности к числу пластичности. Это дает хороший показатель для сравнения состояний грунтов.
1	0—7	
2	7—14	
3	14—21	

и т. д. увеличивая для каждого следующего класса число пластичности на 7.

## 11. Размокание

Порядок работы:

1. Проба грунта растирается, просеивается через сито с отверстиями в 1 мм, замешивается с водой и перемешивается до состояния, когда грунт, оставаясь мягким, не прилипает к руке.

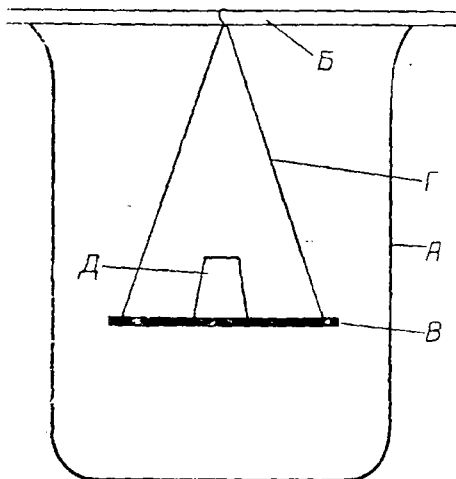


Рис. 37. Установка для определения срока размокания.

2. Приготовленная таким образом масса накладывается доверху в металлическую разъемную формочку, внутренняя полость которой имеет вид усеченного конуса, с диаметром нижнего отверстия 2,8 см, верхнего 1,6 см и высотой 3,0 см.

3. Сформованный грунт вынимается из формы и высушивается сперва в обычной температуре, а затем при температуре в 105°C.

4. Приготовленные таким образом образцы охлаждаются в эксикаторе и переносятся на сеточку с отверстиями в 1 см<sup>2</sup>, подвешенную за четыре угла ниточками к стеклянной (или другой) палочке, и опускаются в воду в большом стакане или кристаллизаторе так, чтобы

глубина погружения в воду верхнего края была 10 см (палочка опирается на края сосуда) (рис. 37).

5. Измеряется время от погружения образца в воду до момента, когда весь образец провалится через сетку.

Часто существенно важным бывает определить размокание на образце с ненарушенной структурой. Для этого образцы-конусы вырезаются из монолитов породы, придерживаясь указанных выше размеров.

В процессе размокания образца отмечают форму разваливания его кусочками, листочками, крупными кусками и т. д.

## Г. Механические свойства пород

### 1. Угол естественного откоса

Угол естественного откоса  $\alpha$  может быть определен как в сухом виде (естественная влажность), так и под водой.

Порядок работы с сухой породой.

1. В стеклянную прямоугольную банку размером  $10 \times 20 \times 30$  см, поставленную на ребро, насыпают грунт так, чтобы верхняя его поверхность была горизонтальна.

2. Опускают банку в нормальное положение.

3. Вычисляют угол при помощи измерения катетов или прозрачным транспортиром. В первом случае вычисление производится по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l},$$

где  $h$  — высота откоса;

$l$  — длина стороны дна банки;

угол  $\alpha$  находится по таблицам тангенсов.

Определение необходимо производить несколько раз (не менее четырех) и брать среднее значение угла. Этим методом можно работать лишь при песчаных грунтах.

Порядок работы под водой:

1. После засыпки породы в банку, поставленную на ребро, порода, покрывается листом бумаги, вырезанным по форме поверхности грунта в банке. Назначение бумаги — предохранить грунт от размывания водой при наливании ее.

2. Осторожно наливается в банку вода.

3. Банка медленно поворачивается, ставится на дно, и бумага вытягивается.

4. Через некоторый промежуток времени, для того чтобы грунт мог отстояться и вполне пропитаться водой, производят измерение угла откоса так же, как и в случае сухого грунта.

5. Оставляют банку на 10—12 час., после чего вторично измеряют угол.

Опыт необходимо производить не менее двух раз для одного образца

При выполнении многих из перечисленных выше определений могут быть использованы:

а. „Инструкция по лабораторно-экспериментальным работам“. „Инженерная гидрогеология“. Изд. Гидротехгео. Вып. 4, 1932.

б. Домрачева, Е. А. „Физико-механический и химический анализ почвы“, 1931.

в. Каменский, Г. Н. „Основы динамики подземных вод“. Часть 1.

г. Поляков, Н. В. „Основы мелноративного грунтоведения“.

д. Лукашев „Грунтоведение“.

## 2. Сопротивление сдвигу

Для определения сопротивления сдвигу на приборе типа проф. Пузыревского производится предварительное уплотнение и насыщение образца при рабочем давлении следующим образом:

1. Цилиндры первой части прибора наполняются породой насыпной или монолитной.

2. Закладываются предварительно закрытые пробками в заполненную водой ванну для насыщения их водой при рабочем давлении.

3. Нагружая рычаги, постепенно создают нагрузку в 100, 200, 500 п т. д.  $г/см^2$  поперечного сечения образца до достижения полного прекращения усадки при избранном давлении.

Величина нагрузки отвечает той, при которой желают произвести срезывание (рабочее давление).

В дальнейшем работа производится порядком, описанным ниже (с пункта „б“ § 23) для пород с ненарушенной структурой.

Опыт сдвига производится так:

1. При помощи специального тампона образец переталкивается из цилиндра для насыщения в цилиндр прибора, причем срыватель устанавливается предварительно таким образом, чтобы его вырез точно совпал с цилиндром.

2. Цилиндр закрывается пробкой.

3. Правый рычаг нагружают соответственно условиям нагрузки образца при его насыщении в  $г/см^2$ .

4. На левом рычаге создают нагрузку медленно повышая ее последовательно в 10, 20 50, 100 и т. д.  $г/см^2$  поверхности среза (сдвигающее усилие). Нагрузка может увеличиваться до получения практической (срывающей) нагрузки.

5. При работе с каждой нагрузкой величина деформации (сдвига) отсчитывается по циферблату.

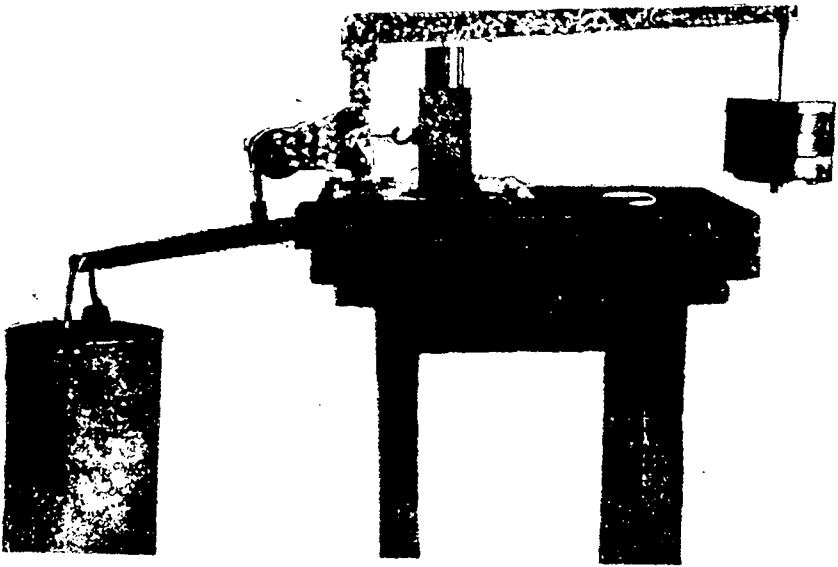


Рис. 38. Прибор Н. П. Пузыревского в конструкции Г. И. Степанова для лабораторных испытаний по сдаче.

6. На основании полученных данных строится график, в котором по оси абсцисс откладываются величины сдвигов, а по оси ординат— величины срывающего усилия.

7. Вычисление результатов опыта делается так, как это изложено для опытов в полевой обстановке) гл. 2, § 74 и 75).

8. Угол внутреннего трения вычисляется приравнивая значение коэффициента внутреннего трения тангенсу угла внутреннего трения:

$$\phi = \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $\phi$  — коэффициент внутреннего трения;  $\alpha$ —угол внутреннего трения.

Прибор в конструкции, предложенной Г. И. Степановым, измененной Инст. геологии и минералогии, дан на рис. 38.

Примечание. Методическая инструкция для производства этих испытаний разрабатывается. Пока можно руководствоваться описанием, данным проф. Н. П. Пузыревским в „Трудах I гидротехнического совещания“. 1923.

### 3. Определение сжимаемости и коэффициента фильтрации глинистых пород

#### Общие сведения

Основными качествами глинистых пород, определяемыми на приборе К. Терцаги, являются:

$C$  — коэффициент уплотнения,

$K$  — коэффициент фильтрации.

Так называемое „нормальное испытание породы на уплотнение ее“ основывается на следующем представлении о рыхлых породах (глины и песка разного состава).

Рыхлые породы в естественном состоянии являются сложными системами, состоящими из двух компонентов: твердых, составляющих, и воды (вернее раствора солей). Вода заполняет частично или полностью промежутки между твердыми частицами породы. Так как эти промежутки малы, то вода подчинена здесь тем же законами, каким она подчиняется в капиллярах. В первую очередь, существенно важно учесть силу поверхностного натяжения, которая связана с наличием менисков у наружных концов межчастичных промежутков (пор). Давление поверхностного натяжения на этих менисках во всех порах заставляет частицы прижиматься друг к другу, как бы связывая их, т. е. сообщая рыхлой породе связность, добавочную к той, которой она обладала благодаря силе сцепления между отдельными зернами (частицами породы). Если последнюю связность мы назовем истинной связностью породы, то связность, вызванную наличием капиллярного давления воды в порах породы, мы должны назвать кажущейся связностью.

Величина кажущейся связности породы зависит от ее водного состояния. Если кусок влажной породы поместить в воду, то кажущаяся связность исчезает, так как исчезает поверхность разграничения между водой в порах и воздухом, который, как сказано, заменил водой. Вместе с исчезновением менисков исчезает и капиллярное давление, прижимающее частицы друг к другу, а следовательно, и кажущаяся связность. Поэтому кусок глинистой породы, брошенный в воду, если порода не обладает достаточно истинной связностью, сравнительно быстро рассыпается.

В противоположность этому, если мы будем высушивать кусок влажной глинистой породы, то кажущаяся связность будет возрастать, так как по мере удаления воды частицы породы будут все более прижиматься друг к другу, межчастичные промежутки будут становиться все меньше и меньше, а вместе с тем будут возрастать капиллярное давление и кажущаяся связность. Предел возрастания настанет тогда, когда частицы породы будут непосредственно друг к другу прижиматься и дальнейшее сжатие (усадка) породы станет невозможной. Наступление этого состояния можно заметить по резкому посветлению цвета пород.

Удаление остающегося количества воды требует большого усилия, так как вода в тонких пленках, облегающих частицы породы, повидимому, находится в полутвердом состоянии.

Кроме высушивания породы воду из нее можно удалять механическим путем, например путем сжатия породы (вода будет вытесняться). Сопротивление породы сжатию зависит от сопротивления движению воды через поры, т. е. от фильтрации ее. Следовательно, между потребной силой сжатия, скоростью сжатия и фильтрационными свойствами породы существует зависимость.

Если глинистая порода находится под основанием сооружения, оказывающего на нее давление своим весом, то мы будем иметь

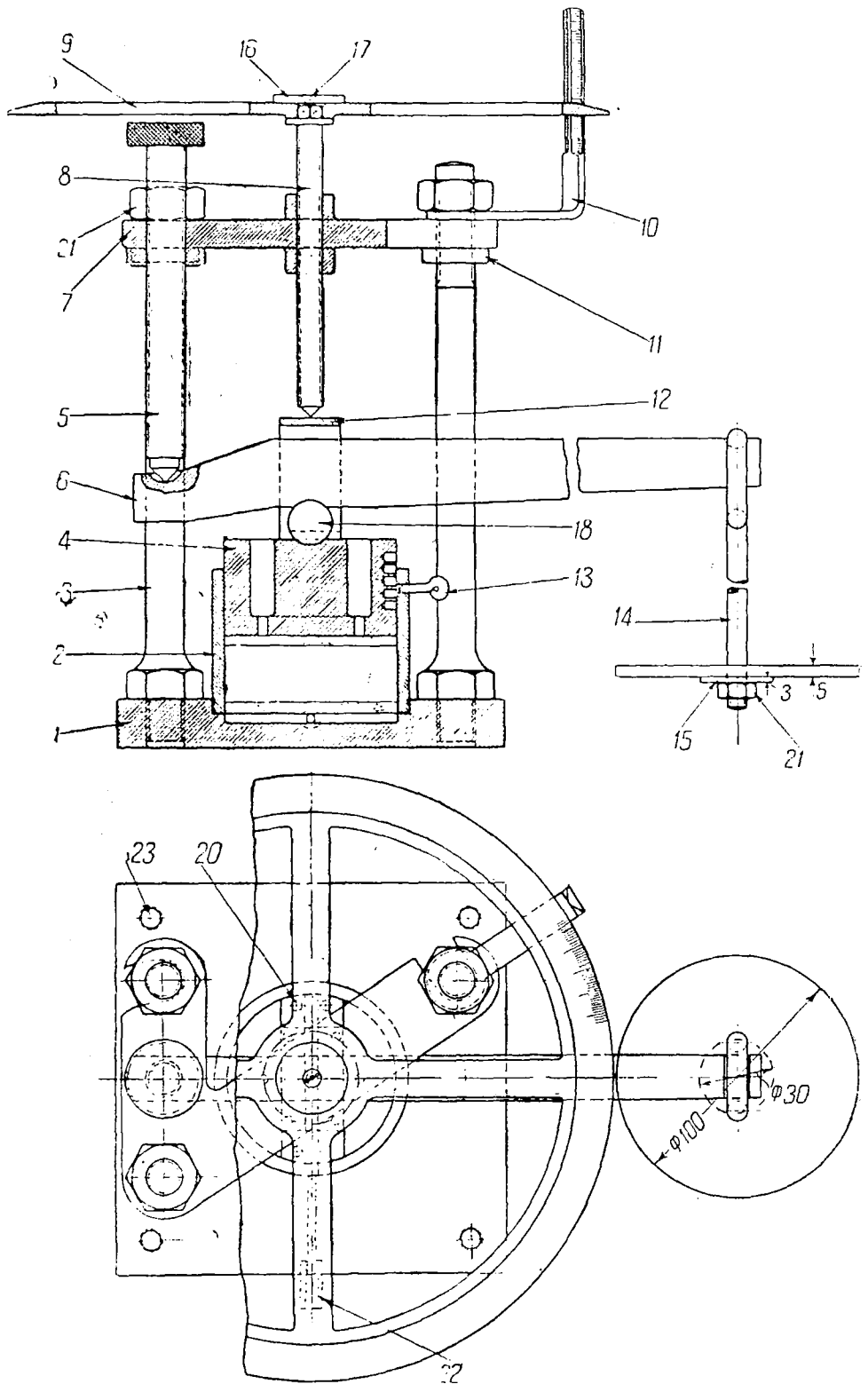


Рис. 39. Пресс для определения сжимаемости и коэффициента фильтрации глин по проф. К. Терцаги (конструкция проф. И. В. Попова).

Спецификация к рис. 39.

№ дет.	Наименование	Материал	Кол.	Вес 1 шт.	Общий вес
1	Станина	сталь 3	1		
2	Цилиндр	"	1		
3	Колонка	"	3		
4	Поршень	латунь	1	1 кг	1 кг
5	Упорный винт	сталь 3	1		
6	Рычаг	"	1	2,25	2,25
7	Опорная поперечина	"	1		
8	Микрометр. винт	"	1		
9	Диск с делениями	латунь	1		
10	Рейка с делениями	сталь 3	1		
11	Гайка	"	3		
12	Дужка	"	1	0,10	0,10
13	Штифт	"	2		
14	Подвеска для гирь	"	1		
15	Шайба	"	1		
16	Винт $d=3$ ; $l=12$	"	1		
17	" " " $D=30$ ; $d=4$ ; $\delta=3$	"	1		
18	Шарик ф. 18	сталь 7	1	0,025	0,025
19	Винт ф. 3- $l=8$	" 3	4		
20	Гайка к дет. 3	"	3		
21	Тубус 14	"	1		
22	Тубус	латунь	1		
23	Болты 1 40; ф. 10	сталь	4		

Гирь	Количество	Вес кг
I	2	0,307
II	4	2,00
III	3	8,00
подвеска, диск и гайка	1	0,480

явление, аналогичное только что описанным, а именно: под воздействием давления веса сооружения частицы породы будут приближаться друг к другу. Скорость этого процесса зависит от фильтрационных свойств породы и способности породы изменять свою первоначальную пористость.

Подвергая влажную породу сжатию, мы характеризуем: коэффициент сжимаемости, коэффициент уплотнения, коэффициент фильтрации.

Прибор проф. Терцаги для сжатия в конструкции проф. И. Н. Попова представляет собой пресс (рис. 39), которым образец породы можно подвергнуть сжатию в таких условиях, что выжимаемая из породы вода может легко удалиться через пористые поверхности торца поршня и дна формы.

Порода подвергается испытанию в состоянии заполнения между-частичных промежутков водой, причем образец может быть или монолитный или с нарушенной структурой.

Сжатия производятся при 4 ступенях нагрузки: 0,4, 0,8, 1,6 и 3,2 кг на см<sup>2</sup> или 0,5, 1,0, 2 и 4 кг на см<sup>2</sup>. Пресс снабжен микрометрическим прибором, позволяющим измерить вертикальную величину линейного сжатия (уменьшения) высоты образца с точностью до 1:1000 мм (рис. 39), (практически достаточна точность отсчета 0,02 и даже 0,05 мм.)

Под действием нагрузки порода сжимается вследствие выжимания воды. Скорость сжатия зависит от свойств породы и может продолжаться от 4 до 24 час. и более. Поэтому отношение между

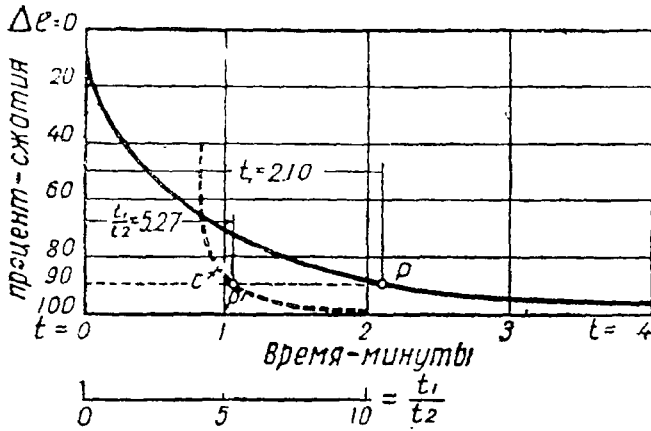


Рис. 40. Теоретическая кривая зависимости сжатия от времени (кривая уплотнения).

величиной сжатия и временем, потребным для достижения при данной нагрузке отвечающего ей сжатия, является характерным для каждого данного вида породы. Это соотношение удобно выражать в виде кривой уплотнения (рис. 40), абсциссы которой обозначают время, протекшее от начала сжатия, а ординаты — произошедшее к этому моменту сжатия,

выражающееся в уменьшении пористости породы, о котором мы будем говорить ниже.

Пористость породы мы будем оценивать „коэффициентом пористости“, понимая под этим отношение объема пор к объему твердых составляющих породы. Объем пор ввиду заполнения их в нашем образце водой будет отождествлен с объемом содержащейся в порах воды.

Для вычисления характерных для породы коэффициента уплотнения  $S$  и коэффициента фильтрации  $K$  служат следующие формулы (вывод их и доказательство производится очень сложным математическим путем, почему он здесь не приводится).

$$C = \frac{0,85 \cdot h_0^2}{t_1},$$

где  $h_0$  — высота<sup>1</sup> образца породы, когда объем  $e$  пор равен „0“; наз. приведенной высотой образца,

$t_1$  — время, истекшее до наступления такого сжатия  $\Delta e$ , для которого  $\frac{\Delta e}{2}$  наступило во время  $t_2$ , причем  $\frac{t_1}{t_2} = 5,27 (\cong 5,3)$

Величина  $t_1$  определяется графически. Для этого на том же чертеже, на котором строили кривую уплотнения в зависимости от времени, строят кривую, ординатами которой будут величины сжатия ( $\Delta e$ ), а абсциссами (в любом масштабе) частные  $\frac{t_1}{t_2}$  от деления времени,

<sup>1</sup> Если, как в описываемом здесь приборе, дренажные слои кладутся и сверху и снизу<sup>2</sup> образца, берется  $\frac{1}{2}$  высоты образца.



когда сжатие достигло величины  $(\Delta e)$ , на время  $t_2$  когда сжатие достигло величины  $\frac{\Delta e}{2}$ . Так как нам нужна не вся кривая, а лишь ее точка

$\frac{t_1}{t_2} = 5,27$ , то путем подбора мы подбираем такие значения для  $\frac{t_1}{t_2}$ ,

которые будут близки к этой величине. Обыкновенно достаточно найти три точки и провести через них отрезок согласной кривой. На этой

кривой отыскиваем точку  $\frac{t_1}{t_2} = 5,27$ , а потом, проведя горизонтальную

прямую на высоте ординаты, отвечающей сжатию  $\Delta e$ , до встречи с кривой уплотнения, вычерченной, как было сказано, в координатах  $\Delta e$  и  $t$ , находим абсциссу  $t_1$ . Абсцисса, отвечающая этой точке встречи, и будет искомая величина  $t_1$ , которую мы должны подставить в формулу для коэффициента уплотнения:

$$C = \frac{0,85 h_0^2}{t_1}$$

Коэффициент фильтрации  $K_1 = Ca$ , где  $C$  — известный нам коэффициент уплотнения, а  $a$  — коэффициент сжимаемости, выражающий изменение коэффициента пористости при увеличении сжимающего

усилия на 1з, т. е.  $a = \frac{\Delta e}{p_1} \frac{cm^2}{}$ .

Математический вывод формулы для зависимости между коэффициентами уплотнения, сжимаемости и фильтрации оказывается возможным только в том случае, если разницу между двумя уровнями воды считать равной половине высоты образца с вполне сжатыми порами  $h_0$ , а не половине действительной высоты (толщины) образца  $h$ , тогда  $h = h_0(1 + e)$ ,

где  $e$  — есть средний коэффициент пористости.

Коэффициент фильтрации  $K_1$ , отвечающий этой сокращенной толщине фильтрующего слоя, называется сокращенным или приведенным коэффициентом фильтрации. Так как, согласно закону Дарси, между коэффициентом фильтрации и гидравлическим градиентом при равных скоростях фильтрации существует обратная зависимость, то

$$K_1 : K = \frac{h_1}{h_1} : \frac{h_0}{h_1} = 1 : \frac{h_0}{h_0(1 + e)} = 1 : \frac{1}{1 + e} \text{ или}$$

$$K = \frac{K_1}{1 + e} = \frac{Ca}{1 + e}$$

Средний коэффициент пористости будет

$$e = \frac{e_0 + e_1}{2}$$

Так как

$$e_1 = e_0 - \Delta e_1, \text{ то } e = \frac{e_0 + e_0 - \Delta e_1}{2} = e_0 - \frac{\Delta e_1}{2}$$

Отсюда

$$K = \frac{K_1}{1 + e_0 + \frac{\Delta e_1}{2}} = \frac{Ca}{1 + e}$$

Подставляем  $C$  в формулу для  $K$ :

$$K_1 = \frac{0,85 h_0^2}{t_1 (1 + e)} \cdot \alpha = \frac{0,85 h_0^2}{t_1 \left(1 + e_0 + \frac{\Delta e_1}{2}\right)} \alpha$$

Если в величину коэффициента фильтрации, вычисленную этим способом, данным проф. К. Терцаги, внести поправку на движение грунтовых частиц, предложенную проф. Н. М. Герсевановым, то полученную величину  $K$  надо разделить на  $(1 + A)$ , где  $A$ —есть отрезок отсекаемый от оси ординат касательной, проведенной к кривой сжатия в точке, имеющей абсциссой данную нагрузку. Получаем исправленный коэффициент фильтрации  $K_0$ :

$$K_0 = \frac{0,85 h_0^2}{t_1 (1 + e)} \cdot \frac{\alpha}{1 + A}$$

### Процесс работы и расчета

Дно формы прибора заполняется совершенно чистым песком, предварительно промытым соляной кислотой и отмученным. Песок прикрывается медной сеткой и несколькими листами фильтровальной бумаги

Поверх подготовленного таким образом дна кладется образец породы в состоянии естественной структуры (монолит) или с нарушенной структурой. Как в том, так и в другом случае порода должна быть напитана водой в таком количестве, чтобы было обеспечено заполнение ею всех промежутков между частицами породы. Образец должен плотно входить в обойму. Если при зарядке прибора монолитным образцом между ним и стенками обоймы остаются промежутки, то они должны быть залиты каким-либо несжимаемым (практически) веществом, например: парафином, варом или т. п.

Остаток породы, по состоянию его влажности вполне идентичный той части, которая пошла на зарядку прибора, хорошо обеспечивается от высыхания, а еще лучше, немедленно передается в лабораторию для определения коэффициента влажности  $e_0$ .

Поверх слоя породы в обойме опять устилается фильтрующий слой из бумаги, сетки и чистого песка.

Вместо песчаных слоев лучше класть керамические пластинки с грубой пористостью.

Поверх верхнего фильтрующего слоя вставляется поршень с выводными отверстиями для воды, затем устанавливается рычаг давления, и прибор готов для опыта.

Самый опыт, как было сказано, состоит в сжатиях образца при 4 ступенях нагрузки на 1 *кг/см*.

0,4; 0,8; 1,6 и 3,2 *кг* или 0,5; 1; 2 и 4 *кг*.

**Примечание.** При подсчетах потребного груза, привешиваемого к рычагу давления, должен быть учтен вес поршня, так как он обычно бывает массивным и при низких ступенях ошибка может быть чувствительной.

Привесив первый груз, дающий вместе с весом поршня давление 0,4 *кг* на *см*<sup>2</sup>, подводят микрометрический винт измерителя до упора в интерференционный указатель контакта и делают отчет по шкале вертикальной линии и по лимбу прикрепленному к винту.

Самое наблюдение состоит в измерениях величины опускания поршня, следующего за сжимающимся образцом. Для этого через определенные промежутки времени подводят микрометрической винт

вплотную к указателю контакта. Так как винт имеет нарезку с шагом в 1 мм, т. е. один оборот лимба отвечает понижению поршня на 1 мм алимба разделен на 1000 частей, так как осадка поршня может измеряться с точностью до 1/1000 мм.

Опыт продолжается до тех пор, пока практически, в пределах восприимчивости прибора, осадка прекращается.

Результаты опыта выражаются в виде двух кривых.

На первой кривой кривая сжатия—дается зависимость коэффициента пористости породы от давления, под которым она находится. Так как мы меняем, т. е. повышаем

нагрузку 4 раза, то получаем 4 точки кривой сжатия. После окончания сжатия под действием последней нагрузки (3,2 кг) мы также постепенно уменьшаем нагрузку. Если при этом дать возможность породе насыщаться водой, то она будет расширяться. Затем расширение будет приостанавливаться. Коэффициент пористости на кривой расширения так же как и на кривой сжатия будет отвечать каждой нагрузке. Так как расширение породы будет меньше чем сжатие при тех же нагрузках, то кривая расширения расположится ниже кривой сжатия (рис. 41).

Вторая кривая—кривая уплотнения—строится, как указано на рис. 40. Абсциссами ее служат промежутки времени, прошедшие с момента увеличения нагрузки поршня; ординатами—величины сжатия, вычисленные в процентах от полного сжатия. Сжатие, которое практически видимые осадки прекращаются, составляет в среднем для различных глин 85% от полного сжатия, которое получилось бы при данной нагрузке по истечении бесконечно большого промежутка времени.

Так как при построении диаграммы берем неабсолютные величины изменения ее при данной нагрузке по истечении бесконечно большого промежутка времени, то вместо „изменения пористости“ мы для расчетов можем брать другие величины, изменение которых находится в линейной связи с изменением пористости. Такой переменной величиной будет осадка образца (или поршня), которую мы непосредственно измеряем на приборе. Поэтому

для расчета величины ординат нашей кривой мы будем поступать так.

Для ряда моментов времени записываются величины осадок. Полную осадку принимают за 100, а осадки в промежуточные моменты переводят в процентное выражение от этих 100%. Таким образом мы имеем и абсциссы и ординаты кривой уплотнения. Графическим путем, который изложен выше, определяем, пользуясь построенной диаграммой, нужную нам величину  $t_1$ .

При расчете основных классификационных величин  $C$  и  $K$  вычисления удобно располагать в виде таблицы 17.

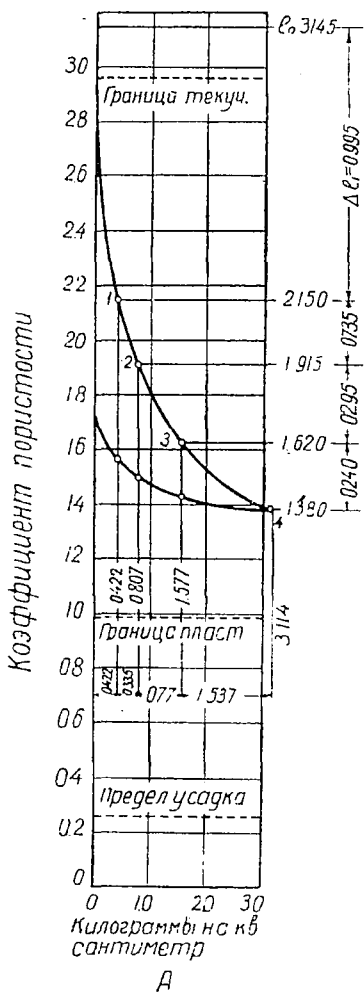


Рис. 41. Кривая зависимости сжатия от нагрузки (кривая сжимаемости).

Таблица 17

Этапы сжатия	I	II	III	IV
$p$				
$p_1$				
$e$				
$\Delta e_1$				
$t_1$				
$C = \frac{0,85 h_0^2}{t_1}$				
$\alpha = \frac{\Delta e_1}{e_1}$				
$K_1 = C\alpha$				
$K = \frac{K_1}{1+e}$				
$A$				
$K_0 = \frac{K}{1+A}$				

$p_0$  — рабочие нагрузки на приборе в  $г/см^2$  до начала каждого этапа сжатия  
 $p_1$  — увеличение нагрузки в  $г/см^2$  при переходе к следующему этапу сжатия  
 $p$  — рабочее давление в течение одного этапа сжатия  
 $e_0$  — коэффициент пористости в начале этапа сжатия  
 $e_1$  — коэффициент пористости в конце этапа сжатия

$e = \frac{e_0 + e_1}{2}$  — средний коэффициент пористости в течение одного этапа сжатия

$\Delta e_1$  — изменение коэффициента пористости в течение одного этапа сжатия

$h_0 = \frac{W}{(1+e)\gamma S}$  — приведенная высота образца

$t_1$  — время достижения сжатия  $\Delta e_1 = 0,9 \Delta e_{теор}$ .

$A$  — отрезок, отсекаемый от оси ординат касательной к кривой сжатия в точке, имеющей абсциссой  $p$  (вместо проведения касательной можно отрезок кривой данного этапа принять за прямую и продолжить ее до оси ординат)

$K_1$  — сокращенный или приведенный коэффициент фильтрации

$K$  — коэффициент фильтрации, вычисленный по К. Терзаги

$K_0$  — " " " " по Н. М. Герсеванову.

#### ОТДЕЛ II

### ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ И ВОД

Химические исследования должны быть поставлены в отношении вод и в отношении пород района. При химическом исследовании вод основные цели заключаются в выяснении:

а) генетических типов вод отдельных водоносных горизонтов, что позволяет значительно уточнять гидрогеологическую картину района;

б) агрессивности вод, что необходимо для решения вопроса о применении различных типов бетона при постройке сооружений, равно как и о предохранительных мероприятиях против влияния вод на бетон сооружений;

в) технических и питьевых свойств вод, что важно для решения соответствующих вопросов при развертывании строительства и будущей работы сооружений;

г) изменений степени концентрации и минерального состава вод по сезонам в течение полного гидрологического года или, по крайней мере, половины его, что важно при сравнительной характеристике водопроницаемости отдельных литологических горизонтов и кроме того часто позволяет ориентировочно судить о виде и равномерности путей фильтрации в них.

Результаты исследований по данному пункту обязательно сопоставляются с наблюдениями гидрометрическими, гидрогеологическими и метеорологическими, так как все эти наблюдения направлены к общей цели—разрешению вопросов о водопроницаемости пород, возможности подтопления и устойчивости береговых масс.

При химическом исследовании пород основные цели заключаются в выяснении;

а) генетической связи химического состава пород с типами вод;

б) возможности развития в них химической суффозии, что особенно важно для карстовых районов и может привести к выработке предохранительных мероприятий;

в) влияния изменения состава растворимых составляющих и поглощенных оснований на физико-технические свойства пород;

г) возможного влияния химического состава пород на химический состав вод после создания водохранилища и подпора грунтовых вод, что имеет большое значение при изучении вопроса о влиянии водохранилища на состояние и развитие промышленного, сельского и городского хозяйства прилегающих районов.

## А. Анализ воды

§ 29. Пробы воды для анализа отбираются, по возможности, во всех выходах подземных вод на земную поверхность, как естественных, так и искусственных (ключи, родники, источники, колодцы, копанцы, шурфы, скважины, дудки и т. п.). При чрезвычайном обилии и близком расположении выходов вод, заведомо относящихся к одному и тому же водоносному горизонту, пробы берутся не из всех выходов, а выборочно, сообразуясь с целями исследований, геологией и топографией местности.

Из открытых поверхностных водотоков (рек, ручьев) и естественных водоемов (озер, болот и т. п.) пробы воды берутся в меньшем количестве точек. Например: для водотоков в 2—4 местах—для основных и в 1—2 местах—для второстепенных, по возможности, связывая выборку проб с местами резкого различия в химическом составе коренных пород и их берегов.

Для разрешения вопроса об изменении степени концентрации и минерального состава вод по сезонам отбор производится периодически (от 1 до 3 раз в месяц) из одних и тех же выходов вод, причем для каждого водоносного горизонта количество изучаемых точек (выходов вод) должно быть не менее одной, и при возможности детализации исследования должно быть увеличено, по крайней мере, до 2—3.

§ 30. Посудой для набора пробы является стеклянная бутылка лучше всего белого стекла, вместимостью в 1 л, или узкогорлые склянки с притертой стеклянной пробкой.

Перед отправкой в поле посуда должна быть вымыта мыльной водой с песком и серной кислотой, после чего необходимо ее выполоскать водой, затем дистиллированной водой и тщательно закупорить чистой пробкой.

Пробки употребляются или каучковые, без талька, или корковые; последние перед употреблением должны быть тщательно прокипячены в дистиллированной воде.

Перед взятием пробы необходимо сполоснуть посуду набираемой водой 2—3 раза.

После того как посуда наполнена пробой воды так, чтобы осталось в ней не более 5 см воздуха, ее закупоривают пробкой и немедленно заливают пробку менделеевской замазкой, смесью канифоли и парафина, песком с варом; хорошо также на заливку (до затвердения) наложить к горлышку посуды тряпочку.

На тряпочке над пробкой пишется номер пробы, кроме того каждая посуда снабжается этикеткой с указанием времени и места взятия пробы, ее номера по полевой книжке, а также фильтрована ли проба или нет, и фамилии взявшего. Этикетка может быть или холщевой, и тогда она крепко привязывается к горлышку, или бумажной, тогда она наклеивается на склянку. Для сохранения написанного на наклеенной этикетке полезно склянку сверху по этикетке заливать тонким слоем колодия или парафина. Бумажную этикетку надписывать надо только графитовым карандашом.

Пересылка проб должна быть организована так, чтобы гарантировать сохранность посуды от поломки, а зимой кроме того от замерзания воды.

§ 31. Пробы набираются следующим образом:

а) из источников, в местах их выхода,—либо подставляя посуду непосредственно под струю воды, либо с помощью воронки с длинной каучковой трубкой, причем в случае небольших дебитов воронка ставится у выхода воды, а трубка укладывается по падению ручейка до горлышка посуды, которая ставится в ямку;

б) из поверхностных водотоков и естественных водоемов непосредственным погружением посуды; если же надо взять воду с определенной глубины,—к посуде привязывают груз и она легко закрывается пробкой с привязанным к ней шнуром; на нужной глубине пробка выдергивается и посуда наполняется;

в) из скважины и других выработок, перед выборкой пробы вода должна быть предварительно откачана, по крайней мере, в объеме, соответствующем объему столба воды в выработке; из выработки с большим диаметром проба выбирается как и из открытых естественных водоемов; из скважин—либо непосредственно при выбросе воды из насоса, либо при помощи простого приспособления в виде желонки с 2 шариковыми клапанами (вверху и внизу ее) и отверстием над верхним клапаном.

Желателен отбор пробы каждый раз в 2 посудины.

§ 32. При отборе пробы на месте выхода делается простейший анализ, а именно, должно быть произведено определение:

а) температуры воды с помощью рудникового или „ленивого“ термометра (ртутный шарик обернут у него войлоком, сукном или ватой);

б) прозрачности ее с помощью цилиндра Генера и шрифта Снеллена № 1;

в) запаха, лучше всего в воде, подогретой до 30—40°;

г) цвета, в стеклянном цилиндре с белым фоном, а при необходимости количественного определения — набором из раскрашенных стекол;

д) концентрации водородных ионов (рН) по Михаэлису (важно когда вода исследуется как агрессивная);

е) сероводорода — качественно при помощи реактивной бумажки, пропитанной уксуснокислым свинцом, или, в крайнем случае, по запаху; количественное определение производится, согласно „Инструкции для полевых химических лабораторий“. Изд. Геолкома. Ленинград, 1929, или др. обычных руководств; обычно необходимы только качественные определения;

ж) свободной углекислоты — качественная реакция на розоловую кислоту; в пробирку с 10 см<sup>3</sup> воды прибавляют 6 капель 0,2% раствора розоловой кислоты в 80° спирте; в присутствии свободной углекислоты появляется желтая окраска.

Примечание. Раствор розоловой кислоты должен быть нейтрализован баритовой водой до слабой розовой окраски. При обнаружении свободной СО<sub>2</sub> она определяется количественно.

з) азотистой кислоты — качественная реакция на реактив Грисса; в пробирку с 5 см<sup>3</sup> воды всыпают 0,01 г реактива Грисса (или 2—3 капли раствора его) и подогревают на спичке или свечке до 60—70° С; в случае присутствия азотистой кислоты через 2—6 мин. (или сразу) появится красное окрашивание.

Примечание. Реакция на азотистые соединения дает материал об источниках питания родника. Для буровых скважин при глубоком бурении наличие азотистых веществ кроме того в большом числе случаев будет свидетельствовать о загрязнении воды в скважине в процессе бурения или о недостаточном закрытии вод верхних горизонтов.

Все данные полевых определений записываются в книжку и при отправке проб воды в лабораторию сообщаются последней в особой ведомости.

§ 33. Анализ проб воды проводится трех родов: полевой, сокращенный и полный.

Полевой анализ делается на месте взятия пробы воды или в непосредственной близости от него. Для этого удобно иметь специально изготовляемые походные полевые лаборатории типа Цигри или при рекогносцировках по Н. П. Бутырину Гидротехгео).

При сокращенном анализе в лаборатории определяется количественно: Cl, SO<sub>4</sub>, Ca, Mg, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, сухой остаток и рН (колориметрически по Михаэлису), окисляемость и качественно: железо, азотная и азотистая кислоты и амоний.

При полном анализе определяются количественно: взвешенное, вещество, сухой остаток H, Fe<sup>II</sup>, Fe<sup>III</sup>, Al<sup>III</sup>, Ca, Mg, K, Na, CO<sub>2</sub>, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, рН (электрометрически) и качественно: азотная и азотистая кислоты и аммиак.

Сокращенный анализ должен быть произведен для большинства проб; в полный же анализ направляются лишь пробы, оказавшиеся существенно различными по данным сокращенного анализа, с тем чтобы каждый тип воды был опробован полным анализом в нескольких различных пробах (5—10).

Примечание. При исследовании воды для питья, производится также санитарно-бактериологический анализ, для чего пробы воды отбираются в бактериологически чистую особую посуду по особой инструкции и направляются в соответствующие лаборатории учреждений здравоохранения.

Методы анализа в лаборатории здесь не приводятся; по этому вопросу существует достаточное количество руководств, например: а) Г. Клют, „Исследование воды на месте“, Гос. и-т. изд., 1931; б) „Инструкция для полевой ханалигических лабораторий“. Изд. Геолко-

ма, Ленинград, 1929; в) Домрачева, „Физико-механический и химический анализ почв“; изд. Сельхозгиз. 1931 г) К. Гедройц, „Химический анализ почв, 1932; д) П. Н. Палей, „Руководство по анализу полезных ископаемых“, ч. 3 „Анализ вод.“ изд. Гл. геол.-разв. упр., 1930; е) В. В. Ложкин, „Полевой химический анализ вод“.

Результаты анализа должны быть перечислены в эквивалентную

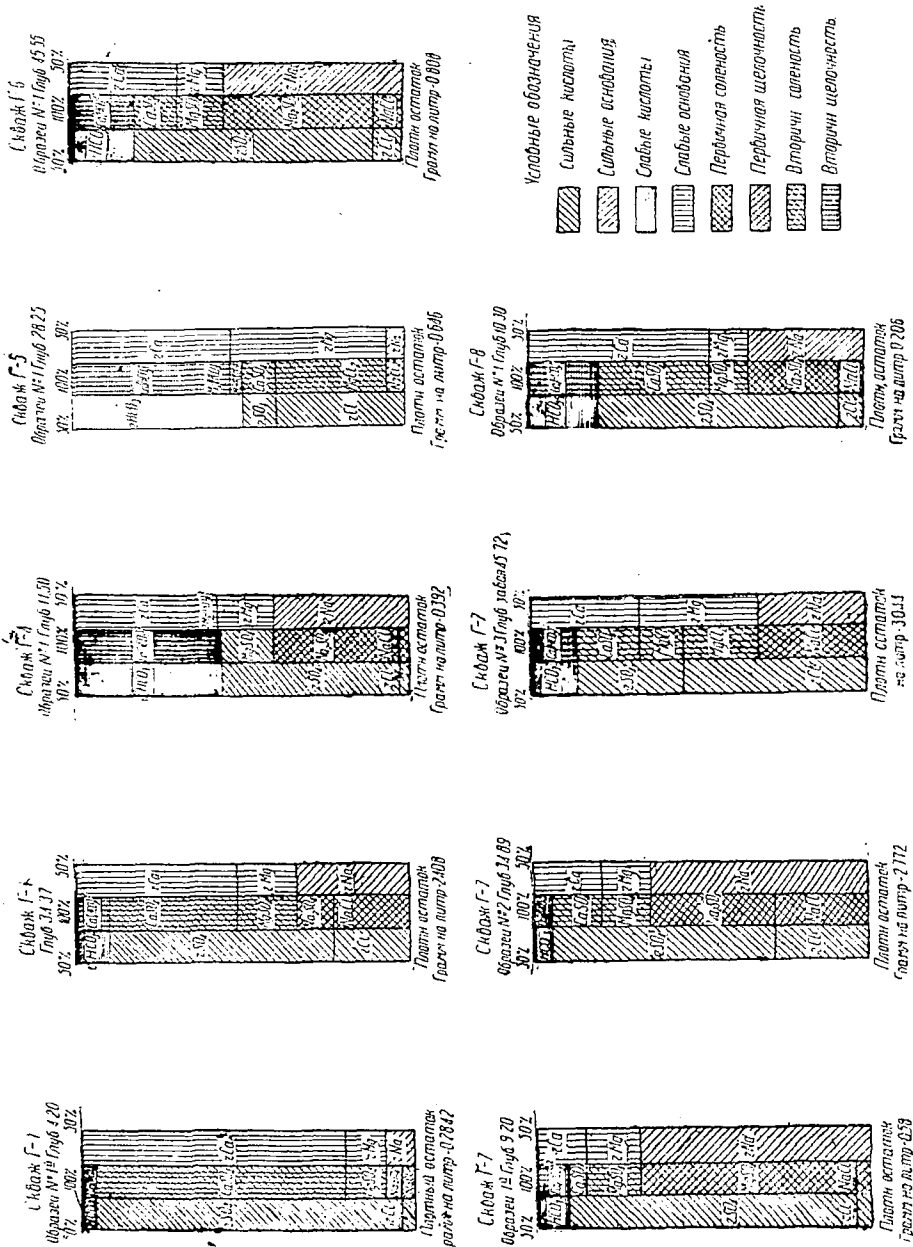


Рис. 42. Диаграмма солевого состава вод по методу Пальмера в скважинах Гремячевского створа на Болге.

форму и изображены графически по методу Пальмера. Подробнее см.: 1) Н. Н. Славянов, „Эквивалентная форма выражения анализов воды и ее применение“, Гл. геол.-раз. упр., Л. М., 1932; 2) П. Н. Бутырин и Ф. Ф. Лаптев, „Таблицы для пересчета анализов вод в эквивалентную форму“, изд. Гидротехгеонинститута, вып. 14, 1933. Образец графического изображения и условные обозначения при вычерчивании даны на рис. 42.



Пересчет производится путем помножения результатов определения содержания ионов в воде, вычисленных в мг на л, на множители, которые даны в нижеприведенной таблице.

Следует иметь в виду, что при полном анализе сумма мг-эквивалентов катионов должна равняться сумме мг-эквивалентов анионов.

Это позволяет пересчитать на проценты содержание в мг-эквивалентах, когда мы имеем результаты сокращенного анализа, т. е. когда определение щелочей не производилось. Для этого содержание катионов принимается за 50%. Количество щелочей определяется по разности и сумма анионов в мг-экв. тоже пересчитывается на 50%.

### Пересчетные множители

для перевода в мг-эквиваленты содержания в воде ионов, полученного в результате химического анализа в мг/л

Анионы	Множитель	Логарифм его	Катионы	Множитель	Логарифм его
Натрий Na <sup>+</sup>	0,0435	$\bar{2},63849$	Хлор Cl <sup>-</sup>	0,0282	$\bar{2},45026$
Калий K <sup>+</sup>	0,0256	$\bar{2},40773$	Нитрат NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,0161	$\bar{2},20755$
Кальций Ca <sup>++</sup>	0,0499	$\bar{2},69821$	Метаборат BO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,0233	$\bar{2},36754$
Магний Mg <sup>++</sup>	0,0822	$\bar{2},91507$	Гидрокарбонат HCO <sub>3</sub>	0,0164	$\bar{2},21460$
Водород H <sup>+</sup>	0,9921	$\bar{1},99654$	Сульфат SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	0,0208	$\bar{2},31844$
Железо Fe <sup>++</sup>	0,0358	$\bar{2},55418$	Карбонат CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	0,0333	$\bar{2},52288$
Железо Fe <sup>+++</sup>	0,0537	$\bar{2},72997$	Сульфид S <sup>==</sup>	0,0624	$\bar{2},74993$

В зависимости от относительной величины различных групп составных частей все естественные воды легко разделяются Пальмером на пять классов.

Обозначим:

- Эквиваленты анионов сильных кислот через  $S$
- Эквиваленты катионов щелочных металлов  $A$
- Эквиваленты катионов щелочно-земельных через  $E$ .

Характеристика классов следующая:

I класс. Эквиваленты анионов сильных кислот меньше эквивалентов катионов щелочных металлов.

$$S < A.$$

II класс. Эквиваленты анионов сильных кислот равны эквивалентам катионов щелочных металлов.

$$S = A.$$

III класс. Эквиваленты анионов сильных кислот больше эквивалентов катионов щелочных металлов, но меньше суммы эквивалентов катионов щелочных и щелочно-земельных металлов.

$$S > A.$$

$$S < A + E.$$

IV класс. Эквиваленты анионов сильных кислот равны сумме эквивалентов катионов щелочных и щелочно-земельных металлов.

$$S = A + E.$$

V класс. Эквиваленты анионов сильных кислот больше суммы эквивалентов щелочных и щелочно-земельных металлов

$$S > A + E.$$

§ 34. Согласно указанному в этой инструкции порядку, большинство определений свойств пород и вод желательнее производить в лаборатории, организуемой на месте работ. Для вод в полевой лаборатории можно производить сокращенные анализы, при которых, как указано, производится определение:

Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, Ca, Mg, pH.

Все эти определения легко наладить в полевой лаборатории, если применять следующие методы, дающие вполне удовлетворительные результаты.

Хлор — определяется по Мору (титрованием азотнокислым серебром в присутствии хромовокислого калия). См. любое руководство по объемному анализу.

Серная кислота — а) осажденном виде сернокислого бензида по Рашигу см. К. Гедройц, „Химический анализ почв“ или „Кольтгоф, „Объемный анализ“; б) осажденном виде сернокислого бария, отфильтровыванием через взвешенный фильтр, высушиванием и взвешиванием; точность вполне удовлетворительная, если хорошо отмыть сернокислый барий от других солей; применять сжигание фильтра и прокаливание в полевой лаборатории, где приходится пользоваться примусами, затруднительно, почему результаты получаются хуже чем при взвешивании без прокаливания.

Бикарбонатный ион (HCO<sub>3</sub>) — обычным способом: титрованием децинормальной соляной кислотой в присутствии метилоранжа.

Карбонатный ион — тем же способом.

Свободная угольная кислота — титрованием децинормальным раствором едкого натра с фенолофталином. См. Г. Клют, „Исследование вод на месте“ и др.

Кальций — осаждение в виде щавелекислого кальция отфильтровывается, растворяется на фильтре слабой серной кислотой и в растворе титрованием хамелеоном определяется содержание щавелевой кислоты, пересчитываемое на связанный ею кальций. См. Домрачева. „Физ.-мех. и химический анализ почв“ и др.

Магний — осаждением в виде фосфорно-аммониево-магниевого соли. Осадок после промывания на фильтре амиаком до удаления хлоридов растворяют в титрованном растворе соляной кислоты с отфильтровыванием избытка ее едкой щелочью в присутствии метилоранжа.

Концентрация водородных ионов — определяется колориметрически по Михаэлису.

Натрий и калий определяются по разности.

§ 35. Если исследуется агрессивность воды, необходимо определить содержание в ней всех солей, причем в этом случае для различных солей точность требуется различная, а именно:

а. Окисляемость должна быть определена точно, только при исключительно больших ее выражениях.

б. Амиак, азотистая и азотная кислота не требуют точного определения, если присутствуют в воде как следы.

в. Активная реакция воды (концентрация ионов водорода) должна быть определена достаточно точно; обычно достаточно при сокращенных анализах применение индикаторных жидкостей, по Михаэлису; при полных анализах лучше определять электрометрически.

г. Связанная углекислота также нуждается в точном определении, при этом следует применять метод Люнге: 100 см<sup>3</sup> воды протитровать 0,1N соляной кислотой, перед титрованием в воду прибавляется две капли метилоранжа.

д. Свободная углекислота также должна быть определена точно, лучше всего по Тилльмансу: 200 см<sup>3</sup>, воды помещают в колбу на 250 см<sup>3</sup>, горло которой снабжено расширением в виде шарика; колба закрывается стеклянной припаянной или каучуковой пробкой. К воде прибавляют 1 см<sup>3</sup> раствора фенолфталеина, содержащего 0,375 г веществ в 1 л и титруют 0,1 едким натром закрывая пробкой и перебалтывая до слабого, но ясно заметного розового окрашивания не исчезающего 5 мин. Такая окраска при указанной концентрации фенолфталеина как раз соответствует рН = 8,4, т. е. переходу всей свободной кислоты в бикарбонат. Пять минут выжидают при титровании для того, чтобы установилось равновесие  $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Почти вся угольная кислота находится в растворе в виде  $\text{CO}_2$ , между тем как с едким натром реагирует только  $\text{H}_2\text{CO}_3^*$ .

Примечание. Значения, полученные для рН, связанной и свободной углекислоты, проверяются по формуле.

$$\frac{[\text{H}^+]}{[\text{CO}_2]} \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = 3,10^7.$$

В случае значительного отклонения константы от формулы следует определить содержание в воде органических кислот.

е. Связанные нелетучие органические (гуминовые) кислоты определяются так: 100 см<sup>3</sup> воды титруются с метилоранжем по Люнге. Затем нейтрализованная жидкость кипятится для удаления свободной углекислоты; после охлаждения, одной — двумя каплями 0,1 N щелочи достигается желтая окраска метилоранжа, после чего прибавляется фенолфталеин, и вода титруется 0,1 N щелочью до слабого красного окрашивания. Если в воде содержатся гуминовые кислоты, то они оттитровываются.

При отсутствии гуминовых кислот следует испытать воду на содержание летучих органических кислот. Для этого определенный объем воды перегоняется в присутствии серной кислоты и отгон (около  $\frac{3}{4}$  взятого количества) титруется едким натром.

ж. Для получения характеристики вредности воды вычисляется агрессивная часть ионов водорода по формуле проф. Н. Е. Орлова:

$$[\text{H}^+]_{\text{агр}} = [\text{H}^+] - 18,47 \cdot 10^{-10} \cdot a^2,$$

где  $a$  — концентрация  $\text{HCO}_3^-$  ионов в миллимолях.

В более удобном для практических расчетов виде эта же формула имеет вид:

$$[\text{H}^+]_{\text{агр}} = 3,10^{-7} \frac{b - 6,157 \cdot 10^{-3} \cdot a^3}{a}$$

где  $a$  — концентрация бикарбоната в см<sup>3</sup> раствора 0,1N HCl, требуемого для титрования 100 см<sup>3</sup> раствора бикарбоната с метилоранжем;  $a = 1000 [\text{HCO}_3^-]$ ;

$b$  — концентрация свободной углекислоты, в см<sup>3</sup> раствора 0,1N NaCl, требуемого для титрования 100 см<sup>3</sup> раствора ее с фенолфталеином;  $b = 1000 [\text{H}_2\text{CO}_3]$ .

Если в водном растворе присутствует магний, формула приобретает следующий вид:

$$[\text{H}^+]_{\text{агр}} = 3 \cdot 10^{-7} \frac{b - 6,157 \cdot 10^{-3} (a + c)}{a - c}$$

\* См. „Агрессивность естеств. вод“ под ред. И. Е. Орлова, ОНТИ, 1932. Здесь же подробный разбор этого вопроса.

где все обозначения те же, а  $c$  — часть концентрации бикарбонатных ионов, отвечающая находящимся в растворе ионам магния.

Для сравнения агрессивности вод удобно ввести в практику отрицательный десятичный логарифм величины  $(H)_{agr}$ , обозначая его  $P_{agr}$  и называя „показателем агрессивности воды“ (по Орлову);  $P_{agr}$  показывает агрессивное действие какой части H-ионов остается некомпенсированным.

Если в воде присутствует большое количество органических веществ или электролитов, агрессивность воды определяется прямым опытом по Гейеру. Испытуемая вода наливается в реактивную склянку, куда прибавляется 3—5 г хорошо промытого и просеянного порошка мрамора. Вода доливается до горлышка склянки и закрывается корковой пробкой. После этого склянка с водой взбалтывается несколько часов руками или на встряхивательной машине. При этом наступает равновесие между свободной и связанной углекислотой в склянке. Без машинного встряхивания равновесия можно достичь, оставив склянку стоять не менее чем на неделю, время от времени взбалтывая ее вручную. Когда равновесие достигнуто, определяют равновесную концентрацию  $(H^+)$  и  $(HCO_3^-)$ -ионов и вычисляют  $(H)_{agr}$  по формуле:

$$(H)_{agr} = (H^+) - (H)_{равн.} \left( \frac{a}{a_{равн.}} \right)^2,$$

где  $(H)$  и  $a$  — первоначальная концентрация ионов водорода и бикарбоната;  $(H)_{равн.}$  и  $(a)_{равн.}$  — соответствующие концентрации после наступления равновесия.

Т. к. в присутствии бикарбоната кальция  $\frac{[H^+]_{равн.}}{a^2_{равн.}} = 18,47 \cdot 10^{-10}$

то мы получаем формулу приведенную нами ранее.

Агрессивная вода характеризуется тем, что в соприкосновении с порошком мрамора получается значительное падение концентрации водородных ионов <sup>1</sup>.

§ 36. На основании данных лабораторного анализа должны быть разрешены следующие вопросы:

а) действие воды на погруженный в нее вполне затвердевший бетон, известь которого уже превратилась на поверхности в углекислый кальций <sup>1</sup>;

б) действие воды на бетон на уровне воды и в зоне колебания переменного уровня ее.

Первый вопрос решается соотношением между связанной и свободной углекислотой и ионами водорода. Должно быть учтено и присутствие иных ионов, увеличивающих „ионную насыщенность“ раствора ( $\mu$ ) и тем самым — агрессивное действие ионов водорода и свободной углекислоты.

„Ионная насыщенность“ вычисляется по формуле:

$$\mu = \frac{Z_a^2(a) + Z_b^2(b) + Z_c^2(c) + \dots}{2},$$

где  $a, b, c$  и т. д. — количество различных ионов, выраженное в миллимолях (в тысячных частях нормального раствора);  $Z_a, Z_b, Z_c$  и т. д. — соответствующая им валентность.

Обычно  $\mu$  не превышает 0,02; в случае же, если  $\mu$  достигает 0,1, значительно повышается действие свободной углекислоты и ионов водорода.

<sup>1</sup> См. предыдущую сноску на стр. 213.

Сульфаты, не являясь вредными в прямом смысле, увеличивают агрессивное действие воды, так как влияют на увеличение  $\rho$ . Избыток ионов кальция, увеличивая пересыщение раствора карбонатом, делает невозможным извлечение кальция из раствора.

Если  $\rho$  очень мало (очень мягкая вода), вода также опасна для бетона, так как ионы водорода, присутствующие в ней, будут растворять в бетоне карбонат кальция.

При решении второго вопроса значение растворенных солей изменяется. Здесь сульфаты (гипс) являются одной из вредных солей, так как при колебаниях уровня воды в зоне переменного ее уровня и при ее высыхании гипс будет кристаллизоваться в порах бетона и в результате производить вспучивание и крошение бетона.

Если бетон содержит алюминий, в порах его будет кристаллизоваться двойная сернокислая соль Са и Al, так называемая „цементная бацилла“, наиболее вредная для бетона.

При большой минерализации вод возможна кристаллизация в порах бетона и других солей: в этом случае необходим или более плотный бетон, или достаточно предохраняющая обработка его поверхности.

## Б. Анализ пород

Химический анализ пород бывает двух видов: валовой или по отдельным составляющим породам. Валовой анализ при инженерно-геологических изысканиях применяется редко. Чаще требуется определить содержание вредных составляющих, главным образом легко растворимых, или тех, количество которых будет характеризовать тип породы а также поглощенных оснований.

К вредным составляющим относятся легко растворимые соединения, вынос которых вызывает разрыхление породы или образование пустот, или которые при переходе в раствор будут разрушать строительные материалы, или, наконец, такие, которые при химическом разрушении дают продукты, разрушающие строительные материалы и вмещающие их соседние породы.

Обычно для пород определяют: нерастворимый остаток, потерю от прокаливания, гигроскопическую воду, Са, Mg, серную кислоту, хлор, пирит. В иных случаях объем анализа может быть сужен или расширен в зависимости от типа породы и вопроса, подлежащего выяснению.

Метод анализа может быть взят из соответствующих руководств и здесь не приводится.

При определении способности пород к выщелачиванию можно поставить и прямые опыты над скоростями выщелачивания, учитывая при этом минеральный состав породы и выщелачивающей жидкости (воды), С, вес куска породы, подвергаемого опыту (до и после него), количество воды (скорость струи), форму и величину поверхностей выщелачивания и, наконец, время опыта. Тип установки для опыта: стеклянные цилиндры с подвешенными внутри кусочками испытуемой породы и постоянным равномерным питанием водой сверху, откуда вода падает свободной струей. Может быть применен и иной тип. Кроме весового определения скорости выщелачивания необходимо произвести математическое вычисление их с учетом также и констант воды  $pH$  и  $P_{agr}$ . При пересчете на фактические (или приближающиеся к ним) эффекты выщелачивания, результаты опытов должны быть соответственно приняты во внимание, но с учетом фактических скоростей фильтрации вод в породах, а также и непостоянства констант  $pH$  и  $P_{agr}$  для подземных вод.

Руководством для анализа грунтов может служить К. Гедройц, „Химический анализ почв“, изд. 2-е, 1932

§ 38. Массовые количественные проверки карбонатности можно производить при помощи кальциметра. Принцип его работы основан на учете объема углекислоты, выделяющейся при действии соляной кислоты на породу. Установка для опыта состоит из следующих частей (рис. 43):

а) широкогорлая банка емкостью около  $250 \text{ см}^3$  с пробкой, имеющей два отверстия;

б) в одно из отверстий пробки вставлена воронка с краном или обычная стеклянная трубка, соединенная с воронкой отрезком резиновой трубки, с зажимом;

в) в другое отверстие вставлена стеклянная трубка с резиновой трубкой;

г) U-образная трубка, каждое колено которой имеет емкость около  $100 - 150 \text{ см}^3$ ; между коленами установлена миллиметровая шкала с делениями, отсчитываемыми сверху;

д) одно из колен (диаметром  $3 - 4 \text{ см}$ ) имеет сверху пробку с вставленной стеклянной трубкой, на которую надета резиновая трубка, идущая от пробки широкогорлой банки; на этом колене имеется шкала для измерения емкости в куб. см.

е) другое колено внизу имеет отросток с краном или резиновой трубкой с зажимом.

Вверху этого колена удобно иметь расширение (воронку). В этом случае колено может быть узкого диаметра (около  $1 \text{ см}$ ).

Рис. 43. Кальциметр конструкции проф. И. В. Попова.

Примечания: 1. U-образную трубку можно делать составной из трубок широких и узких, воронки, пробок, резиновых трубок и зажимов.

2. В настоящее время кальциметры выпущены в продажу Гослаборснабжением.

Работа с кальциметром производится следующим образом.

В банку кладется навеска породы в растертом виде и закрывается пробкой. Оба колена U-образной трубки предварительно заполняются насыщенным раствором поваренной соли. Затем через воронку, освободив на время зажим, в банку впускают отмеренный объем ( $5 - 10 - 20 \text{ см}^3$  в зависимости от потребности) соляной кислоты и взбалтывают. Выделяющийся при реакции углекислый газ по резиновой трубке поступает в широкое колено U-образной трубки и упругостью своей вытесняет из нее налитый раствор. В другом колене жидкость поднимается. Чтобы объем углекислоты привести к атмосферному давлению, через освобожденный зажим или край выпускают избыток жидкости до выравнивания уровней в обоих коленах. Произведя по шкале отсчет положения мениска в широком колене и умножив полученное число на цену деления (объем трубки, отвечающий одному делению), получают объем выделившейся углекислоты. Следует внести (вычесть) поправку на вытесненный из банки воздух вследствие приливания в нее некоторого объема жидкости (кислоты). Полученное число умножается на вес  $1 \text{ см}^3$  углекислоты при давлении  $760 \text{ мм}$ , и делается пересчет полученного количества на карбонат кальция. При желании иметь большую точность можно вносить поправку на температуру, атмосферное давление и содержание магния.

Расчет содержания  $\text{CaCO}_3$  в образце может быть сделан следующим путем:

Обозначим  $a$  — объем одного деления кальциметра (газометрической на трубки); он определяется путем наливания определенного объема воды в газометрическую трубку,

$b$  — объем в  $\text{см}^3$  прилитой кислоты;

$n$  — число делений, на которое опустился мениск.

Так как 1  $\text{см}^3$   $\text{CO}_2$  весит 0,0019769 г, то вес  $\text{CaCO}_3$  во взятом образце будет в граммах:

$$\frac{0,0019769 \cdot a \cdot (n - b) \cdot 100 \text{ г}}{44} \text{ или } 0,449 a \frac{(n - b)}{n}$$

в процентах от веса породы  $m$

Применяется следующая номенклатура глинисто-карбонатных пород (мергелистых) по К. Редлиху.

Известняк содержит углекислого кальция больше 90%	
Известняк мергелистый	от 90 до 75%
Мергель	" 75 " 40%
Мергель глинистый	" 40 " 12%
Глина мергелистая	" 12 " 2%
Глина	меньше 2%

Примечание. Углекислый магний пересчитывается на углекислый кальций

По степени доломитизации карбонатные породы именуется так:

Известняки содержат углекислого магния < 3%, $\text{CaMgCO}_3$ < 20%	
Доломитизированные известняки $\text{MgCO}_3$ > 23% $\text{CaMgCO}_3$ 20—70%	
Доломиты $\text{MgCO}_3$ > 43% $\text{CaMgCO}_3$ > 70%	
Магнезит	$\text{MgCO}_3$ 85—100%
Магнезитовые известняки	$\text{MgCO}_3$ 43—85%
Известковистые доломиты	$\text{MgCO}_3$ 23—43%

## ГЛАВА V

### КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

§ 1. В основу камеральной обработки должны лечь все те разультативные материалы, которые будут получены изысканиями, перечисленными в предыдущих главах. Вид и значение этих материалов перечислены там же.

В результате камеральной обработки должен быть составлен подробный отчет, четко отвечающий на все вопросы, предлагаемые инженерно-геологическим изысканиям и перечисленные в части 1.

§ 2. Следует заметить, что темпы изысканий и составления отчетов, требуемые строительством, всегда очень значительны и поэтому серьезная камеральная обработка материалов и составление отчета без запозданий возможны лишь при условии обязательной камеральной обработки большей части материалов непосредственно в поле. Это вместе с тем имеет и очень большое значение для правильного развертывания инженерно-геологических работ в поле и в лаборатории, так как дает возможность критически сравнительно оценивать материалы на месте работ и проверять их еще в процессе полевой работы и в случае необходимости без особых затрат времени и средств произвести повторные и дополнительные наблюдения.

§ 3. Процессы и методы обработки материалов указаны в соответствующих главах настоящей инструкции. Здесь остается лишь перечислить важнейшие составные части отчета о работах.

Отчет должен состоять из текстовой части, таблиц и графических приложений.

§ 4. Текстовая часть отчета должна заключать следующие главы:

1. Программное задание.
2. Орография и гидрография района.
3. Обзор архивных и литературных материалов по району.
4. Геология района с разделами:
  - а) литология и стратиграфия;
  - б) тектоника;
  - в) гидрогеология.

Отдельными главами даются подробные отчеты о постановке опытных работ.

5. Физико-технические свойства пород.
6. Водопроницаемость пород.
7. Инженерно-геологический разбор исследованного участка с точки зрения разрабатываемого проекта.
8. Выводы.
9. Опытные инженерно-геологические изыскания, гидрологических свойств пород (результаты и выводы) с разделом на полевые и лабораторные.
10. Опытные инженерно-геологические изыскания технических свойств пород (результаты и выводы) с теми же разделами.



11. Химические исследования вод и пород района (результаты и выводы) с разделами:

- а) генетические типы вод (эта часть должна быть использована и в главе гидрогеологии);
- б) агрессивность и питьевые свойства вод.

Примечание. В случаях легко выщелачивающихся (карстующихся) пород в отчет необходимо ввести соответствующий раздел.

12. Естественные строительные материалы.

Содержание трех глав используется при составлении глав 1—8.

§ 5. К отчету должны быть приложены все те таблицы, на которые имеются ссылки в тексте отчета, как то:

1. Описание разведочных выработок и сводных разрезов.
2. Сводные ведомости результатов опытных откачек, нагнетаний и др. гидрогеологических работ как на отдельных скважинах, так и на опытных участках.
3. Сводные ведомости результатов опытов по определению технических свойств пород.
4. Сводные ведомости результатов всех лабораторных инженерно-геологических исследований,
5. То же химических исследований
6. Ведомости подсчета запасов строительных материалов,
7. Расчетные ведомости потерь воды на фильтрацию.
8. Расчеты водоотлива из котлованов.
9. Сводные расчетные таблицы, демонстрирующие качественную и количественную стороны необходимых гидротехнических, предохранительных мероприятий (зон съема, шпунтов, длину шпунтовой стенки и т. д.).

§ 6. Также должны быть приложены все те графические и расчетные материалы, на которые ссылается отчет, и во всяком случае:

1. Геологическая карта района сооружений.
2. Геологическая карта водохранилища и водораздельных пространств.
3. Литологическая, гидрогеологическая и инженерно-геологическая карта района сооружений.
4. Литологическая, гидрогеологическая и инженерно-геологическая карта водохранилищ и водораздельных пространств.
5. Карта и профили коэффициентов фильтрации района сооружений.
6. Карта и профили коэффициентов фильтрации водохранилища.
7. Карта в масштабе карт пп. 3 и 4 (не менее) с показанием расположения всех разведочных и опытных выработок в районах разведок с точной нумерацией всех выработок.

Примечания: 1. Некоторые из этих карт можно совместить, если это не мешает их ясности.

2. Главные разведочные выработки, на которые ссылаются в тексте, со своей нумерацией обязательно наносятся на соответствующие карты.

9. Инженерно-геологический и гидрогеологический профиль по оси плотины (рис. 44).

10. Профиль сохранности пород по оси плотины (рис. 45).

11. Гидрогеологические профили по поперечникам параллельным оси плотины, в нижнем и верхнем бьефе.

12. Профили сохранности пород по этим же поперечникам.

13. Гидрогеологические профили через наиболее опасные места водохранилища.

14. Колонки и разрезы в отдельности всех разведочных выработок в определенном масштабе.

15. Гидрогеологические профили и планы отдельных опытных участков с графическим нанесением результатов опытов.

16. Графики полевого и лабораторного изучения гидрологических и технических свойств пород.

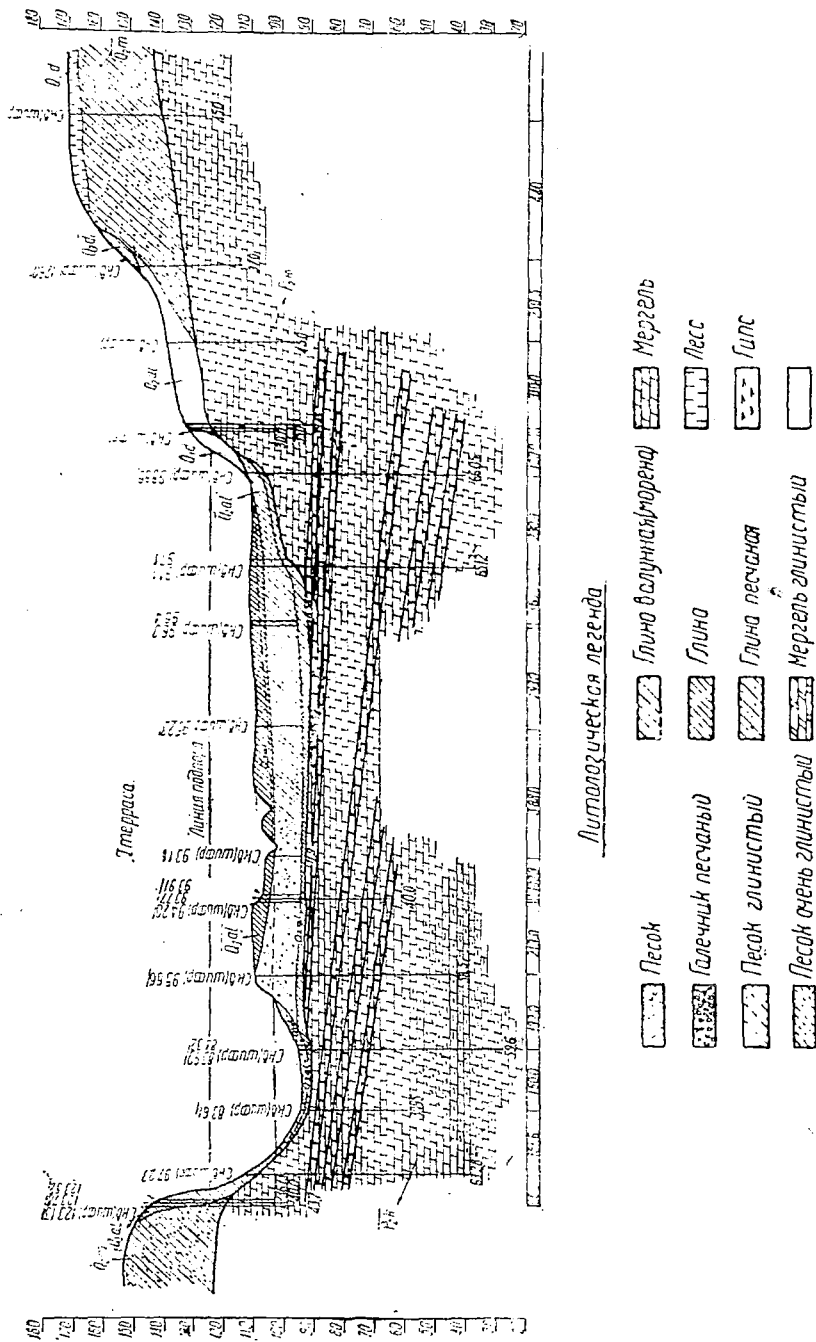


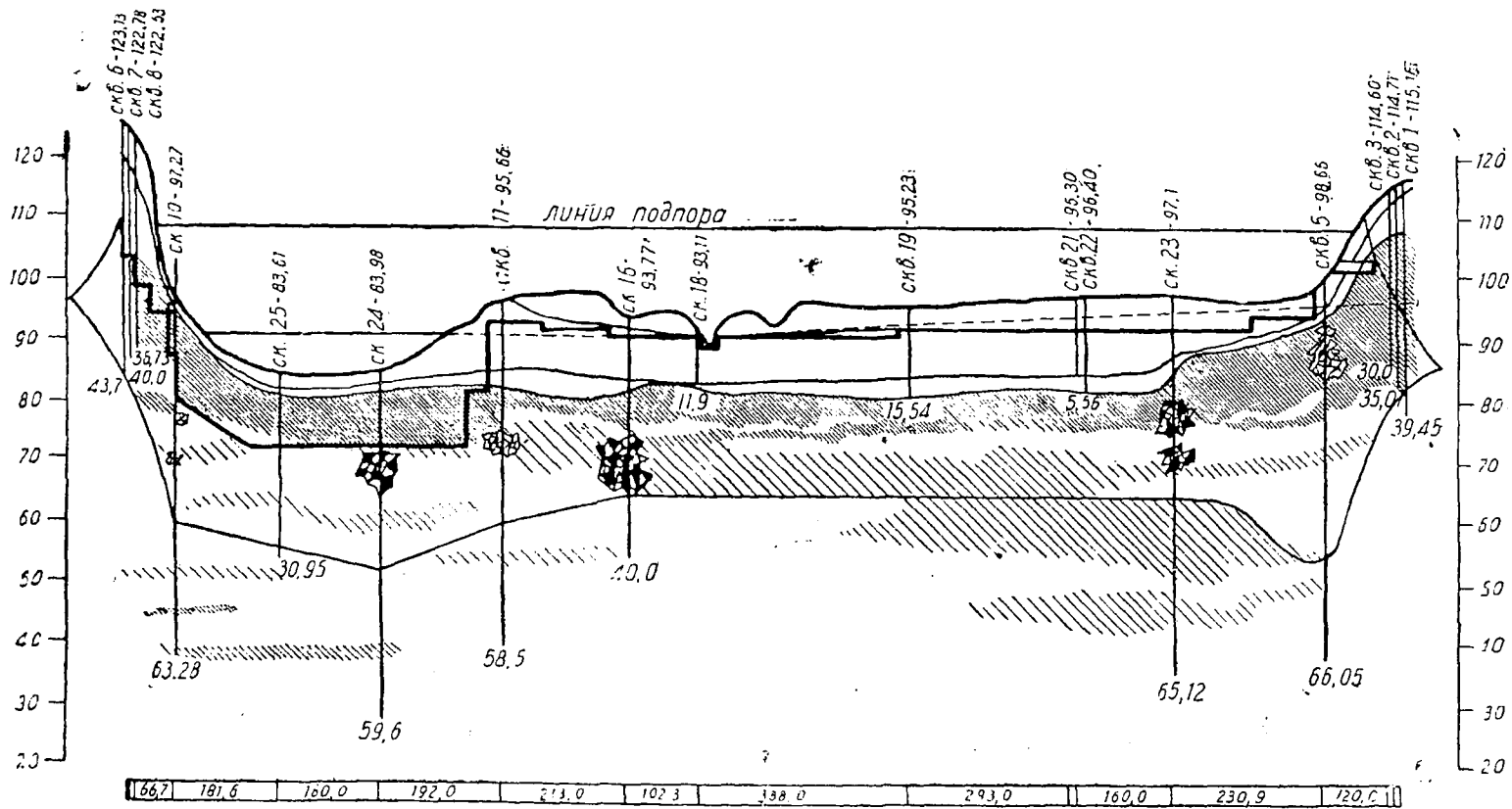
Рис. 44. Геологический профиль через реку . . . . . на . . . км выше города  
через скважины . . . . .

горизонт. 1 см = 100 м  
вертикальн. 1 см = 10 м

М а ш т а б ы :

17. Графики химического состава вод по (Пальмеру).

18. Расчетные профили фильтрации (по оси плотины) с указанием зон съема (цементации и кальматизации и практически водоупорной зоны) (рис. 45).



- сильная трещиноватость
- слабая трещиноватость
- сильный карст
- слабый карст
- граница сема города
- граница водупорного ложа

Рис. 45. Профиль сохранности пород по о плотине Добрянского варианта на реке Каме.

§ 7. На инженерно-геологических картах и разрезах выделяются инженерно-геологические типы пород. Для выделения последних пользуются следующими признаками:

- а) стратиграфическая принадлежность;
- б) литологическая характеристика (гранулометрический, минералогический и химический состав);
- в) условия залегания относительно грунтовых вод;
- г) степень сохранности,
- д) другие физико-геологические признаки.

Каждый выделенный тип получает свое наименование, ясно указывающее на его литологический состав и стратиграфическую принадлежность. Условия пп. „в“, „г“ и „д“ отмечаются добавочными определениями.

Для удобства типам дают обозначения в виде того или иного индекса, построенного по тому же признаку, по возможности используют общеустановленные или местные индексировки геологических горизонтов, например R—W<sub>3</sub> II — риссюрские речные пески.

Для большего упрощения и если хороший индекс составить нельзя, инженерно-геологический тип пород обозначается римской цифрой, например IX — оползше мергелистые глины и т. д.

Примечание. Надо иметь в виду, что еще не существует общепринятых приемов выделения инженерно-геологических типов пород, так же как нет инженерно-геологической классификации горных пород. Поэтому выделяемые в результате местных исследований инженерно-геологические типы пород имеют лишь местное значение и приспособлены бывают к условиям определенного вида сооружений (например: для горного дела, гидротехнических сооружений, военного полевого строительства и т. п.).

§ 8. Для каждого типа пород должна быть дана средняя характеристика по каждому изучавшемуся качеству их, как-то:

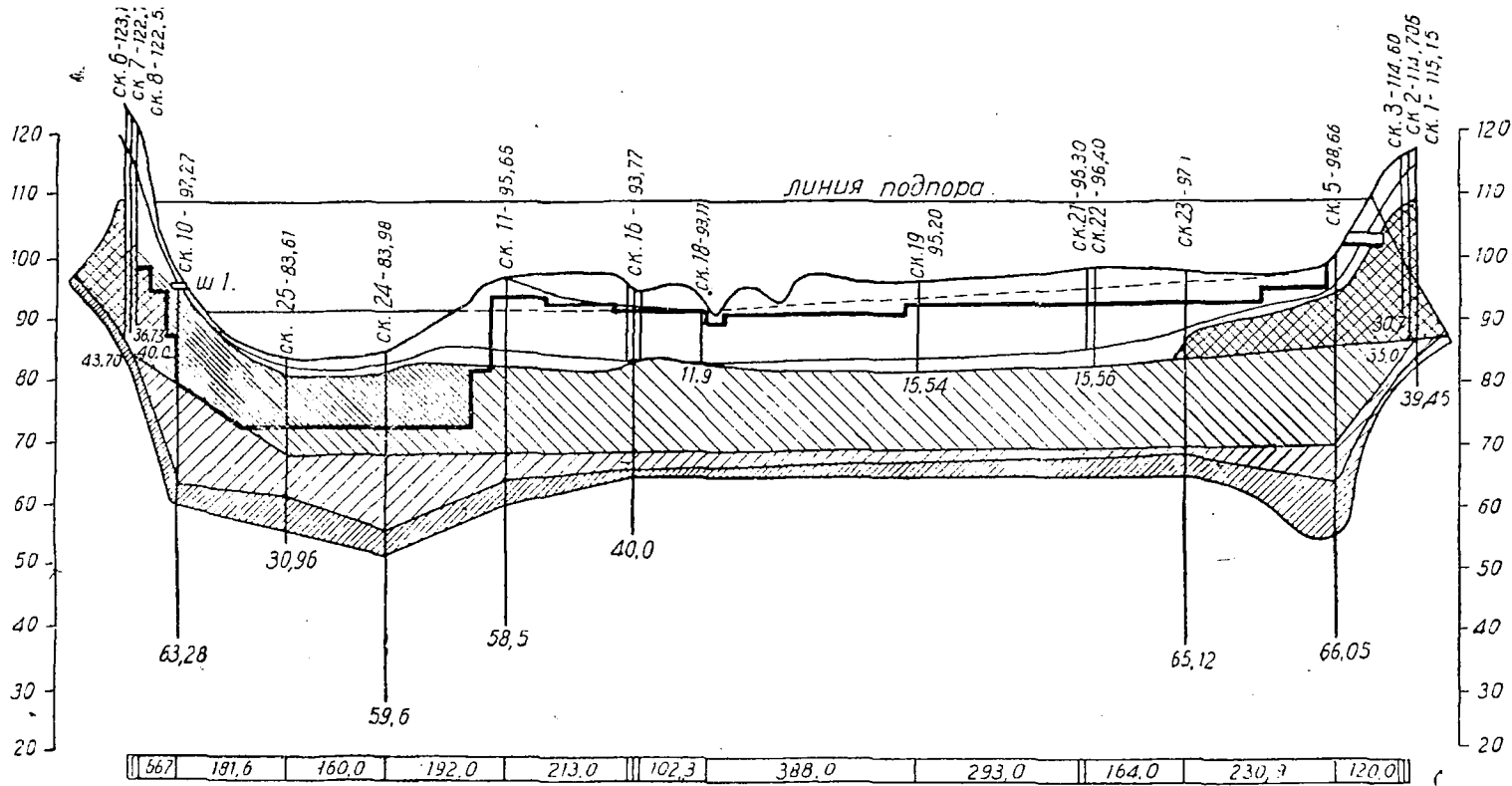
- петрографическое определение (наименование),
- минералогический состав,
- химический состав (растворимые составляющие и поглощенные основания),
- гранулометрический состав,
- цвет,
- пластичные свойства (точка А, В и С и В—С),
- естественная влажность,
- пористость,
- объемный вес,
- удельный вес твердых составляющих,
- размокаемость,
- другие качества (коэффициент внутреннего трения, временное сопротивление и пр.).

Средние характеристические показатели даются как средние из всех определений, произведенных для пород данного типа. Кроме средних цифр даются крайние отклонения или пределы отклонений и приводится число исследованных образцов.

На разрезах и картах участки, занятые одним инженерно-геологическим типом, выделяются и заштриховываются или закрашиваются условными знаками и четко отмечаются цифрами или индексами, представленными в кружках.

На всех разрезах необходимо указать стратиграфические границы водные горизонты.

К картам и разрезам прилагаются, а еще лучше, непосредственно на них пишутся таблицы, в которых сведены все показатели свойств для всех инженерно-геологических типов пород.



23393 м<sup>2</sup> площадь фильтрац с коэф. от 1,0 до 2,0 м/сут

5644 м<sup>2</sup> пл фильтрац. с коэф от 6 до 11 м/сут

12023 м<sup>2</sup> пл фильтрац. с коэф. от 0,1 до 1,0 м/сут

6563 м<sup>2</sup> пл. фильтрац с коэф.

10234 м<sup>2</sup> пл. фильтрац с коэф

— граница площ фильтрац.  
— граница-с'емл.

Рис. 46. Профиль по определению площадей расходов фильтрации по Добрянскому варианту плотины на р. Каме,

§ 9. Результаты комплексного изучения грунтов по трассам важнейших сооружений, особенно плотин, должны быть представлены в виде сводных графиков — разрезов.

Наиболее важными из них являются следующие:

1. Профиль водопроницаемости пород под основанием плотины (рис. 46). Материалом для его составления служат данные о залегающих породах разного гранулометрического состава, пористости и трещиноватости. Для этого породы разбиваются на группы (типы), объединяющие породы с близкими величинами коэффициентов фильтрации. В одну группу объединяют коэффициент фильтрации одного порядка, например,  $n 10^{-1}$ ,  $n 10^{-2}$ ,  $n 10^{-3}$  и т. д.

Таких профилей при детальном изучении (для эскизного и технического проектов) надо строить поперечных три (главный — по выбранной трассе прохождения плотины и дамбы и вспомогательные — по концу флютбета и начала понура) и один или несколько продольных.

2. Результаты комплексного изучения пластичности и естественной влажности должны быть представлены в виде профилей-графиков. Такие графики могут быть двух видов.

а. Профиль, на котором нанесены участки с породами, имеющими различные интервалы между состоянием их естественной влажности и нижним пределом пластичности (точка *C* Аттерберга). Участки, имеющие влажность большую, чем отвечающая точке *C*, выделяются особо резким обозначением как неблагоприятные для устойчивости сооружения.

б. По вертикальной линии как по оси ординат, откладываются глубины взятия изученных образцов. В каждой полученной точке, вправо, параллельно оси абсцисс, откладываются: естественная влажность и влажность, отвечающая точке *C* этого образца. Точка естественной влажности и влажности точек *C* для образцов одной скважины, если их имеется достаточно много, соединяются кривой. Участки между этими двумя кривыми, отвечающие превышению естественной влажности над влажностью точки *C*, заштриховываются как более опасные.

Такие диаграммы строятся для всех скважин профиля по оси плотины и под тяжелыми сооружениями. Скважины располагаются в порядке их нахождения на местности; сохранение между ними интервалов, по масштабу отвечающих интервалам между скважинами, хотя и желательно, так как способствует наглядности, но не обязательно; интервалы могут быть взяты произвольно равными.

§ 10. Все полевые и лабораторные (не сводные и не расчетные) материалы должны быть приведены в порядок, тщательно зарегистрированы и сданы в архив отдела изысканий Гидроэлектропроекта. Опись этих материалов также должна быть приложена к отчету.

.....отделение

.....партия

.....отряд

ЖУРНАЛ  
ОПИСАНИЯ ВЫХОДОВ КЛЮЧЕЙ

№ по порядку	Подробное местонахождение и рельеф	Абсолютная отметка высоты в м	Относительная высота источника над межленным уровнем реки	Порода, из которой вытекает источник, и водоносный горизонт, его питающий
1	2	3	4	5



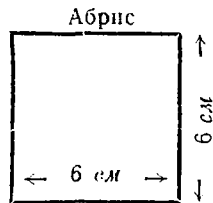
Характер выхода источника (пластового, сосредоточенного, сочится, бьет ключом, пересыхает и пр).	Постоянный или переменный источник	Наблюдения							Тип каптажных сооружений	Примечание
		Год, месяц и день	Часы, минуты	Дебит воды в момент наблюдений	Средний суточный дебит	Температура воды	Температура воздуха			
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

Старший колектор  
или  
Прораб по геологии

Нач. отряда  
Инж.-геолог

Гидроэлектропроект

..... отделение  
 ..... партия  
 ..... отряд



Ж У Р Н А Л

наблюдений за режимом..... вод..... горизонта

По скважине (шурфу, колодцу, источнику) (шифр), расположенному (населенный пункт, створ, урочище, рельеф и пр.) .....

- 1) Абсолютная отметка земли .....
- 2) " " точки, от кот. ведется замер .....
- 3) Глубина до дна .....
- 4) Род крепления, каптажа .....
- 5) Глубина крепления .....
- 6) Высота крепления над землей .....
- 7) Описание объекта наблюдений .....
- 8) Дни и часы наблюдений .....
- 9) Метод замеров уровня, расхода заплывов и т. д. ....

Техник наблюдатель

Размер: ОСТ А5 148×210 мм

Время замеров				Уровни в м или дебит в м/сек	Температура воды	Температура воздуха	Примечание и фамилия наблюдателя
Месяц	Число	Часов	Минут				

Техник-наблюдатель

..... отделение

..... партия

..... отряд

## ЖУРНАЛ ПРОБ ВОДЫ

№ проб	Время взятия		Местоположен. и населенный пункт, где проба взята	Шифр выработ. или объекта	Глубина в момент взятия пробы	Закреплено в момент взятия пробы	На какой глубине проба взята	Из какого горизонта	Способ и условия продолжит. откачки при взятии пробы	
	Год и мес.	Число								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Количество пробы	Цвет воды	Запах	Вкус	Мутность	Температура воды	Куда, когда и для каких исследований отпраны и сколько мест	Когда получены результаты	Фамилия взявшего пробу
11	12	13	14	15	16	17	18	19

Прораб  
Нач. отряда  
Инж.-геолог

Гидроэлектропроект

(к § 40)

.....отделение

**СМЕННЫЙ РАПОРТ №.....**

.....партия

за .....смену .....193 г.

.....отряд

по буровой скважине (шифр) ударно-вращательное бурение

Глубина скважины							Состав бригады (фамилии)	По- денно	Сдель- но
При- нят сме- ной	Пройденная		Диам. труб	Трубы					
	инстр.	труб		опущ.	под- нят	глубина баш- мака	Сменный мастер		
/							Рабочие		
Данные о фильтре									
Диаметр		Длина		Глубина нижн. пробки					
Уровень воды									
Глубина		До смены			После смены				

Примечание: Все размеры в м

Размер: OCT A5 148X210 мм

Описание хода работ (подъем и опускание труб, ликвидация аварий, простой и его причины, углубка и чистка, каким инструментом)	Затраченное время		
	от	до	
Наименование образцов породы	Чем бралось	Глубина взятия образца	№ образцов

*Подпись сменного бригадира*

*Проверил и записал в журнал ст. бурмастер*

..... отделение

..... партия

**СМЕННЫЙ РАПОРТ (колонковое бурение)**

..... отряд

..... дня 193 г. .... смена работает ..... ко-  
 ронка № ..... диаметром ..... мм ..... мм сква-  
 (внутрен.) (наружи.)  
 жины обсажены трубами ..... мм ..... мм  
 (наружи.) (внутрен.)  
 на глубину ..... м

Смен. бур. мастер смену сдал . . . . . Бур. мастер принял смен. . . . .

Описа- ние работ	Затр. вр.		Уход в м			Общая глубина сважины в м	Получ. керна		Прохо- димые породы	Замер штанг от в рха откидного кожуха до саль- ника	Давление насоса в атм	Нагрузка на рычаг	Замер подав ем. воды	Замер поглощем. воды	Уровень стоян. воды в сваях	Примечание
	от	до	от	до	все- го		вес- го	% к про- ходке								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Сменный мастер

Старший мастер

*Оборотная сторона сменного рапорта по колонковому бурению*

Израсходовано за смену.....кг дробин размером.....

При расходе дробовой коронки.....м

Расход материалов горючих.....

Смазочных .....

Обтирочных .....

Для отоплення .....

Для освещения.....

Водовоз ..... доставля ..... бочек воды

Погода.....

*Сменный буровой мастер*

*Буровые рабочие*

..... отделение  
 ..... партия  
 ..... отряд

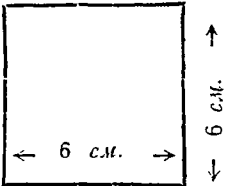
## СВОДНЫЙ БУРОВОЙ ЖУРНАЛ

(ударно-вращательного бурения)

### Скважина (шифр)

Абс. отм. устья .....

Местонахождение .....

Координаты	Описание местоположения (населенный пункт, рельеф, растительность и прочее)	План расположения скважины
<i>x</i> ..... <i>y</i> ..... Магистраль ..... (траверс V кл). ПК .....	..... ..... ..... .....	

Начата .....

Остановлена .....

Возобновлена .....

Кончена .....

Число страниц журнала ..... *Старший буровой мастер* .....

„ собранных образцов породы ..... „ *коллектор* .....

„ „ „ воды ..... *Начальник отряда* .....

..... *Инж.-геолог* .....

..... *Начальник партии* .....

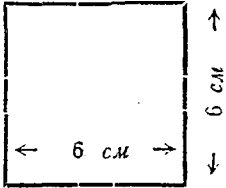




..... отделение  
 ..... партия  
 ..... отряд

(к § 40)

## СВОДНЫЙ БУРОВОЙ ЖУРНАЛ колонкового бурения (шифр скв.).....

Координаты: x ..... y..... Магистраль ..... (траверс V кл.) шк	Местонахождение Описание местоположения (населен. пункт, река, растительность и пр.)	План расположения скважин 
--	--	---

Способ бурения механический, ручной  
 (ненужное вычеркнуть)

Начата..... мес. 193 г.		Начальное направление
Остановлена..... мес. 193 г.		.....
Продолжена..... мес. 193 г.		Начальный наклон
Окончена..... мес. 193 г.		.....

Диаметры: начальный.....мм, конечный.....мм

Комплект система	Станок		Двигатель			Пройдено		
	система	№	система	НР	№	от	до	Всего м

Число страниц журнала .....

Кернов породы .....

Общий % выхода керна .....

Состояние оборудования на время работы скважины .....

Стар. бур. мастер..... Коллектор.....  
 Нач. отряда .....

Инж.-гидрогеолог .....

Дата	Смена		Название инст-тов	Число оборотов	Давление на коронку	Описание хода работ (4)	Часов	Насосы при сколь- ких атмосфер.	Учет ко- личества воды		Уров. воды
	№ по пор.	Состав смен мастеров							рабоч. (дробью)	Подав.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Прор. по бурению

Стар. мастер

Нач. отряда

Инж.-геолог

Число подъямов	Диаметр нач. мм	м от верха		Пробурено м	Закреплено м	Вынуто столбиком %	% выхода кернов	Состояние керна	Стратиграфический индекс	Подробн. описание породы			
		от	до							Карбонатность	Подошва слоя	Мощность слоя	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

Прораб-геолог

Ст. коллектор

Расход алмазов ( )		Расход су- рогатов			Расход дробн		Чис. заправок д-буровых ко- ронок зубч.	Число под- чеканок ко- ронок	Число рабочих					
Карат	На ин- тервале		Гр.	На ин- тервале		кг			На ин- тервале		Пеших			Конных
	от	до		от	до		от	до	Дата	Буровые работы	Установка разводка	Проч. рабо- ты		

**Расход материалов на скважину**

Уголь	Дрова	Мазут	Нефть	Керо- син	Бен- зин	Тавот	Энер- гия	Це- мент	Вода

**Примечания:**

- При опред. степ. карбонатности пород введены след. знаки:  
 X.....Бурное вскипание с HCl  
 +.....Сильное " " HCl  
 —.....Слабое " " HCl  
 (0).....Вскипание не происходит.
- Реакция на BaCl<sub>2</sub> отмечается знаком +
- Все замеры даны в м.
- Заполнить графу 7 следует сообразно ниже указ. в том же порядке, а именно: Бурение по породе—углубка. Спуск и подъемы при углубке. Чистка и промывка скв. Расширка. Цементация. Крепление трубами. Прочие работы. Ремонты. Ликвидация аварий в скв-ах. Простой по разн. причинам. Стройка вышки, перевозки, установки. Нерабочее время. Прогулы.

- Заполнить графу 23 сообразно нижеуказ. в том же порядке, а именно: Твердость, трещиноватость, излом, кремнистость. Зернистость. Мучнистость. Ноздреватость. Текстура. Окраска, оттенки. Включения, примеси. Примазки, выцветы, налеты. Характер контакта и др.
- Сводный буровой журнал составляется под руководством и ответственностью гидрогеолога на основании сменных буровых рапортов (проверенных ст. буровым мастером) и геологического журнала (проверенного прорабом-геологом). Один экземпляр его представляется при окончательном отчете в Бюро соответствующего объекта.

*Ст. бур. мастер  
Нач. отряда  
Инж.-геолог*

..... отделение  
 ..... партия  
 ..... отряд

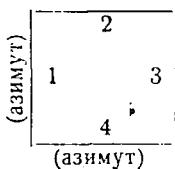
(к § 40)

## ЖУРНАЛ ШУРФА (ШИФР)

Абс. отм. устья шурфа .....

Местонахождение .....

Координаты	Описание местоположения (населенный пункт, рельеф, растительность и прочие)	План расположения шурфа
x ..... y ..... Магистраль ..... (траверс V кл.) ПК .....		



Глубина шурфа .....

Сечение шурфа .....

Закреплено .....

Шурф начат .....

Шурф окончен .....

Начат .....

Остановлен .....

Возобновлен .....

Кончен .....

Число страниц журнала .....

„ собранных образцов породы .....

„ „ „ воды .....

Ст. буровой мастер .....

„ коллектор .....

Начальник партии .....

1	2	3	4	5	6	7	8	Закреплено		11	Водоотлив		14	15
								9	10		12	13		
Месяц	Число	Смена	Колич. работ. в смене	Пройдено м	Общая глуб. шурфа	Вынута м <sup>3</sup> породы	Род инструмента	Род. креп.	Глуб.	Описание хода работ	Система	Колич. воды за время	№ образц.	С какой стенки образцы взяты

Горн. десятник

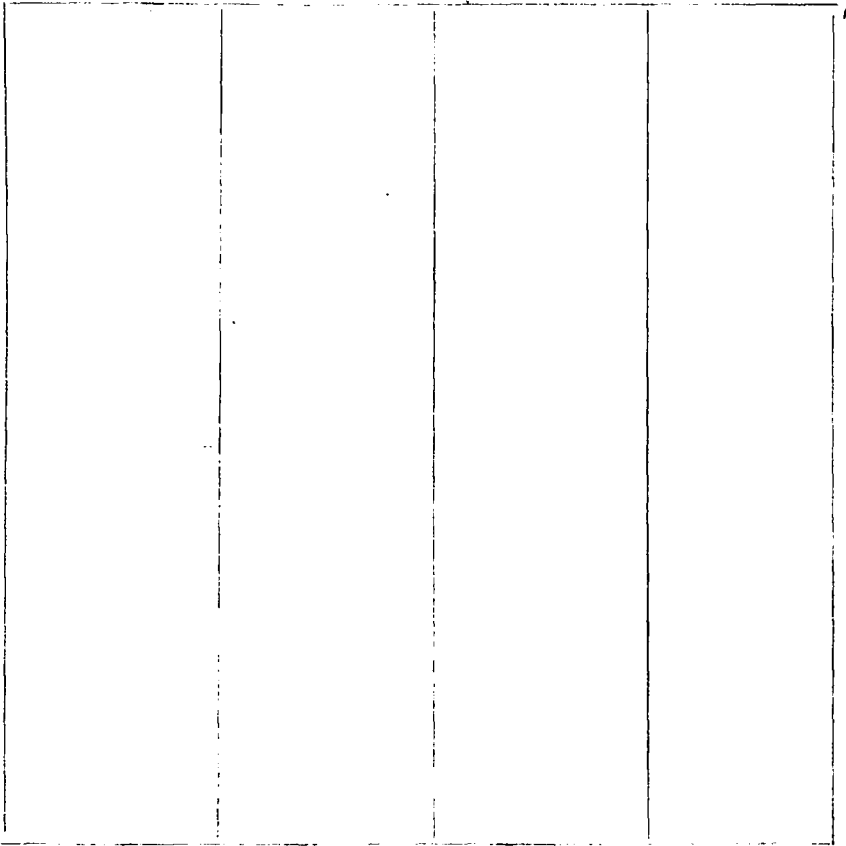
Нач. отряда

Инж. гидрогеолог

16	17	Глуб. с кот. образ. взят		20	21	22	23	Время замера		26	27
		18	19					24	25		
Описание пород	Строигрофич. индекс.	от	до	Влажность	Глубина появления воды	Уровень воды	Температура воды в шурфе	Испыт. связности швед. конусом	Примечание		

Ст. коллектор

Масштаб: Гориз. в 1 см—0,5 м, Верт. в 1 см—1 м



Пройдено м	Стойм. м	Всего	Закреплено м	Стойм. м	Всего	Отливо воды	Стойм. во- доотлива	Всего	Взято монолит	Стойм. взя- тия монолит	Всего	Стойм. за- сып. выруб.

Горн. десятник

Ст. коллектор

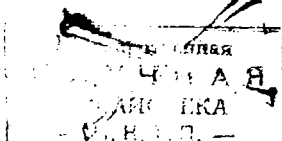
Нач. отряда

Инж.-гидрогеолог

Примечания: 1. При определении степени карбонатности введены следующие знаки:

- × бурное вскипание от HCl
- ⊕ сильное вскипание
- слабое вскипание
- (0) вскипания не происходит

2. Реакция на BaCl<sub>2</sub> отмечается знаком \*



## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	Стр: 3
Введение . . . . .	5

### Часть 1

<b>Объем работ для отдельных стадий проектирования и требования к ним</b>	
<b>Глава I. Геологические обследования для рабочей гипотезы . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>Глава II. Инженерно-геологические изыскания для схемы использования реки или системы рек и озер . . . . .</b>	<b>14</b>
Отдел I. Цели и задачи изысканий и общие указания . . . . .	—
Отдел II. Подготовка к работам и составление программ геологических исследований . . . . .	15
А. По всей долине реки или системы рек и озер в целом . . . . .	—
Б. Для хозяйственно-важных участков . . . . .	16
В. Для участков, намеченных, как варианты мест расположения сооружений . . . . .	—
Отдел III. Инженерно-геологическая съемка . . . . .	17
Отдел IV. Разведывательные работы на местах, намечаемых под сооружения . . . . .	19
А. Глубина скважин . . . . .	20
Б. Выбор числа скважин и других разведывательных выработок и их расположения . . . . .	21
Отдел V. Гидрогеологические работы . . . . .	23
А. Откачки и нагнетания . . . . .	—
Б. Стационарные наблюдения над уровнем грунтовых вод . . . . .	24
В. Характеристика пород и грунтов . . . . .	—
Г. Химические исследования . . . . .	25
Д. Оформление результатов исследования . . . . .	26
Е. Геофизическая разведка . . . . .	—
<b>Глава III. Инженерно-геологические исследования для обоснования эскизного проекта гидроэлектростанций . . . . .</b>	<b>28</b>
Отдел I. Целевое назначение исследований . . . . .	—
Отдел II. Подготовка к производству изысканий . . . . .	30
Отдел III. Производство инженерно-геологических исследований . . . . .	31
А. В районе плотины . . . . .	—
Б. По водохранилищу . . . . .	39
В. По диверсии . . . . .	41

### Часть 2

#### Методика производства отдельных видов инженерно-геологических и гидрологических работ

<b>Глава I. Инженерно-геологическая съемка . . . . .</b>	<b>47</b>
Отдел I. Виды съемок и их детальность. Выбор масштабов . . . . .	—
Отдел II. Зависимость масштаба от характера поверхности . . . . .	51
Отдел III. Топографическая основа . . . . .	52
Отдел IV. Геоморфологические наблюдения . . . . .	54
Отдел V. Гидрографическое и метеорологическое изучение . . . . .	56
Отдел VI. Экзогенные процессы . . . . .	58
А. Явления размыва . . . . .	—
Б. Изучение оползней и обвалов . . . . .	59



Отдел VII.	Стратиграфическая и литологическая схемы . . . . .	59
Отдел VIII.	Литологические описания . . . . .	61
Отдел IX.	Наблюдения по тектонике района . . . . .	68
Отдел X.	Гидрогеологические наблюдения . . . . .	—
Отдел XI.	Отчетные материалы . . . . .	72
Отдел XII.	Изучение современных физико-геологических процессов . . . . .	73
	А. Изучение карста . . . . .	—
	Б. Изучение оползней . . . . .	73
	В. Изучение в районах с просадками и глиняным илессовым карстом . . . . .	78
Отдел XIII.	Поиски и разведки строительных материалов . . . . .	80
	А. Поиски . . . . .	—
	Б. Взятие образцов . . . . .	84
	В. Разведки . . . . .	—
Отдел XIV.	Расстановка сил и основы организации работ по съемке . . . . .	85
<b>Глава II.</b>	<b>Геологическая разведка при помощи буровых и горных работ</b>	<b>88</b>
Отдел I.	Случаи и виды применения буровых скважин и горных выработок . . . . .	—
	А. Для сложения тектонических районов . . . . .	—
	Б. Для карстовых районов . . . . .	95
Отдел II.	Способы проходки и крепления разведочных выработок . . . . .	96
Отдел III.	Документация буровых и горных работ . . . . .	102
Отдел IV.	Расстановка технических сил . . . . .	107
<b>Глава III.</b>	<b>Опытные полевые инженерно-геологические и гидрогеологические исследования . . . . .</b>	<b>110</b>
Отдел I.	Оборудование опытных работ . . . . .	—
	А. Оборудование скважин . . . . .	—
	Б. Измерение расхода и дебита воды . . . . .	113
	В. Насосы . . . . .	114
	Г. Замеры уровня воды . . . . .	115
Отдел II.	Опытные работы по фильтрации . . . . .	118
	А. Разбивка опытных участков . . . . .	—
	Б. Производство опытов . . . . .	123
Отдел III.	Расчет результатов опытных работ на фильтрацию . . . . .	127
Отдел IV.	Определение направления и скорости движения грунтового потока . . . . .	139
Отдел V.	Определение критических скоростей фильтрации . . . . .	142
Отдел VI.	Определение зон съема и цементации и подсчет расхода воды на фильтрацию в районе плотины . . . . .	144
Отдел VII.	Водоотлив в строительных котловинах при сооружении плотины . . . . .	146
Отдел VIII.	Подсчет фильтрующих площадей и потерь воды на фильтрацию по водохранилищу . . . . .	147
Отдел IX.	Общий подсчет потерь воды на фильтрацию . . . . .	148
Отдел X.	Определение будущего уровня подземных вод в бортах водохранилища . . . . .	149
Отдел XI.	Опытное изучение деформаций грунтовых под влиянием промачивания . . . . .	152
Отдел XII.	Изучение физико-механических (технических) свойств пород . . . . .	154
	А. Полевые опыты по определению сопротивления сдвигу и коэффициента внутреннего трения . . . . .	154
	Б. Испытание сопротивления грунта вертикальной нагрузке . . . . .	158
<b>Глава IV.</b>	<b>Лабораторные инженерно-геологические исследования . . . . .</b>	<b>164</b>
Отдел I.	Исследование физико-технических свойств грунтов . . . . .	—
	А. Гранулометрический анализ пород . . . . .	166
	Б. Обработка данных гранулометрического анализа . . . . .	170
	В. Физические свойства пород . . . . .	178
	Г. Механические свойства пород . . . . .	196
Отдел II.	Химические исследования грунтов и вод . . . . .	206
	А. Анализ воды . . . . .	207
	Б. Анализ пород . . . . .	215
<b>Глава V.</b>	<b>Камеральная обработка . . . . .</b>	<b>218</b>
Приложения . . . . .		225

По заказу „Гидроэлектропроекта“

П  

---

3413  
N3