

193л.

А. Ф. АБРОСИМОВ

**ОСНОВЫ
СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГРАММ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УЗЛОВ
ГИДРОСООРУЖЕНИЙ И СИСТЕМ
ИРРИГАЦИИ, В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ГИДРОПРОИЗ
ЛЕНИНГРАД 1936

А. Ф. АБРОСИМОВ

657.092

A-16

О С Н О В Ы
СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГРАММ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УЗЛОВ
ГИДРОСООРУЖЕНИЙ И СИСТЕМ
ИРРИГАЦИИ, В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

4155

Г И Д Р О П Р О И З
Л Е Н И Н Г Р А Д 1936

3р.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на накопленный опыт в гидротехническом строительстве как союзной, так и мировой практики, представляемые проектно-исследовательскими организациями проекты и обосновывающие их материалы изысканий отличаются чрезвычайной пестротой.

В одном случае имеет место излишняя уточненность конструктивной части проекта, наряду с отсутствием необходимых данных о результатах исследований, в другом случае представляется обширный материал по исследованиям, превосходящий требования к данной стадии проектирования и т. д.

Причины этой ненормальности заключаются как в отсутствии точного положения о необходимых исследованиях и проектных работах применительно к каждой стадии проектирования, так и в недооценке значения исследований для проектирования.

Считая, что в настоящее время такое положение не может быть признано допустимым, автор ставит перед собою задачу представить в систематизированном виде, пока в первом приближении, основные требования по составлению программ инженерно-геологических исследований.

При этом автором учтены следующие объекты строительства:

- 1) плотины,
- 2) гидростанции,
- 3) боковые водосливы и водосливные каналы,
- 4) деривационные каналы,
- 5) деривационные туннели,
- 6) напорные узлы,
- 7) шлюзы и шлюзовые каналы,
- 8) плотоходы,
- 9) водохранилища,
- 10) насосные станции для ирригационных систем,
- 11) ирригационные каналы и площади орошения,
- 12) оградительные валы и площадь обвалования,
- 13) вспомогательные крупные здания (временные тепловые станции, камнедробильные заводы, бетонные заводы, механические мастерские и пр.),
- 14) ж. д. мосты в районе узлов сооружений.

Принимая во внимание разнообразие естественно-исторических условий в зависимости от района расположения узла сооружений, множественность возможных вариантов инженерного разрешения

проблемы строительства, — заранее необходимо отказаться от попытки разработать «стандарты» для программ в области геологических исследований в связи с проектированием гидросооружений и ирригационных систем.

В настоящей работе речь будет идти лишь о необходимых и целесообразных объемах исследований с целью получения достаточного минимума вполне надежных материалов для проектирования при возможно наименьших затратах денежных средств.

В отношении цикла стадий проектирования принимается следующая их последовательность:

- 1) проектное задание,
- 2) технический проект.

Кроме того, учитывая специфику водно-мелиоративного строительства, предусматривается составление водно-мелиоративной схемы, как начальной стадии проектно-изыскательской подготовки, охватывающей целый бассейн или обособленный водохозяйственный район. Целью такой схемы является получение ответов на вопросы: нужны ли, с народнохозяйственной точки зрения, мелиорации в данном бассейне, районе, в какие сроки? в каком объеме и какого характера? какая должна быть очередность развития водно-мелиоративного строительства? пути технической и экономической увязки отдельных очередей (объектов) бассейна, района? Кроме того схема должна установить объем и направление изыскательно-исследовательских работ на первой стадии проектирования — для составления проектного задания.

Само собой разумеется, что комплекс необходимых исследований для каждой стадии проектирования будет зависеть и от того, насколько район намеченных сооружений изучен, какие в данном районе были произведены исследования и наблюдения и какие материалы прежних исследований могут быть использованы при проектировании.

I. ВОДНО-МЕЛИОРАТИВНАЯ СХЕМА

Программа геологических работ, помимо уточненной проработки имеющихся материалов с оценкой таковых в отношении использования их для проектировки, должна включать и полевые исследования и их камеральную обработку.

Разделы и содержание работ следующие.

1. КОМПЛЕКСНАЯ¹ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Съемка производится:

а) По долинам рек с охватом прибрежной полосы, с заходом по притокам и балкам и с пересечением в отдельных случаях водоразделов и даже ближайших речных долин. Ширина прибрежной полосы (по каждому берегу), охватываемой съемкой, колеблется в пределах от одного до трех километров.

Масштаб съемки 1 : 200 000 — 1 : 100 000, в зависимости от размеров территории, охватываемой съемкой и имеющейся топографической основы.

Обследование водоразделов и соседних долин может дать весьма существенные результаты как в отношении гидрогеологических условий района, так и в отношении геоморфологии. Нередки случаи, когда трещиноватые породы, слагающие берега проектируемого водохранилища, имеют уклон в сторону соседней реки, впадающей или в нижний бьеф, или же имеющей более пониженный базис эрозии, и выявление выходов этих пород может дать весьма важные результаты для суждения о потере воды из водохранилища.

¹ Под комплексной съемкой здесь и в дальнейшем подразумевается геологическая съемка, выполненная по комплексному методу независимо от масштаба, с учетом: а) стратиграфии, б) тектоники, в) литологии, г) гидрогеологии, д) полезных ископаемых (в т. ч. строительных материалов), е) инженерно-геологических особенностей района или участка.

В том случае, когда исследуемый район освещен уже той или иной съемкой (геологической, гидрогеологической или литологической), производится лишь дополнительная работа.

Для съемок масштаба 1 : 10000 и крупнее принято наименование «детальная». Поскольку инженерно-геологические особенности района при производстве съемок должны быть выявлены с максимальной детализацией в пределах того или иного масштаба, то съемки называются также «инженерно-геологическими».

На водоразделе иногда можно наблюдать провальные воронки, свидетельствующие о закарстованности района.

Существенные изменения в схеме использования могут иметь место, когда при более значительной эрозии соседней долины, путем устройства через водораздел деривационного канала или туннеля, явится возможность получить большой выигрыш в высоте сброса через гидростанцию воды, аккумулированной в водохранилище.

Выявление подобных особенностей района также должно являться задачей геологической съемки, а потому площадь, подлежащая обследованию, в программе работ должна быть исчислена с определенным запасом, тем более, что стоимость съемки в масштабе 1 : 200 000 — 1 : 100 000 сравнительно невелика.

б) На основании данных геологической съемки намечаются площадки узлов гидросооружений, подлежащие изучению разведочными выработками, и инженерно-геологическая съемка в масштабе 1 : 10 000.

в) По деривационным каналам и туннелям. Так как деривация в отдельных случаях, как увидим ниже, играет решающую роль в стоимости узлов сооружений, то обследование полосы намечаемых трасс деривационного канала или туннеля необходимо проводить в данной стадии проектно-изыскательской подготовки как съемкой, так и специальной разведкой.

Съемка полосы трассы шириной 1—2 км производится в масштабе 1 : 50 000 — 1 : 25 000.

г) По орошаемым массивам. В данном случае съемкой в масштабе 1 : 200 000 — 1 : 100 000 охватывается массив в границах намечаемого использования в хозяйственном отношении с тем, однако, что эти границы имеют естественно-исторический характер; в противном случае площадь съемки соответственно увеличивается, а масштаб уменьшается до 1 : 500 000. Если имеются хотя бы приближенные данные о направлении трасс будущих магистральных каналов, то и маршруты съемки целесообразно совмещать с трассами каналов. Основное задание съемки — выявление гидрогеологических и литологических особенностей района.

д) По ирригационным магистральным каналам. В тех случаях, когда магистральный канал на значительном протяжении прокладывается на территории, не входящей в оросительный массив¹, производится съемка полосы, по которой может быть запроектирована трасса канала.

Ширина покрываемой съемкой полосы может быть принята равной в среднем 1,5—2,0 км. Масштаб 1 : 200 000—1 : 100 000.

¹ В проекте орошения 80 000 га в Калмыцкой АССР холостая часть магистрального канала определяется в 75 км (от Сарпинского водораздела до массива орошения).

В проекте орошения 320 000 га в северной части Крыма протяженность главного магистрального канала от Каланчакского водохранилища до берега Черного моря у Керчи определяется в 320 км и ответвлений канала к местным водохранилищам—180 км.

2. ГЕОЛОГО-РАЗВЕДЧНЫЕ РАБОТЫ

е) По массивам, подлежащим обвалованию. Так как площади, ограждаемые от затопления, располагаются преимущественно в низовьях рек и нередко являются пойменной террасой (плавни), то и здесь должна быть произведена главным образом гидрогеологическая и литологическая съемка в масштабе 1 : 200 000—1 : 100 000.

2. ГЕОЛОГО-РАЗВЕДЧНЫЕ РАБОТЫ

А. УЗЛЫ СООРУЖЕНИЙ

Так как при сравнении различных вариантов схемы использования реки важную роль играет стоимость основных гидросооружений (плотины, гидростанции, деривационного канала или туннеля), то для определения типов сооружений и хотя бы приблизительного объема строительных работ необходимы исследования, на основании которых возможно изучение строения долины реки в отношении мощности и характера аллювиальных отложений и делювия склонов, характера горных пород по трассам деривации.

В программу исследований могут быть включены следующие виды геолого-разведочных работ:

- а) электроразведка,
- б) зондировка,
- в) бурение и шурфование.

а) Электроразведка, ввиду несовершенства ее методики, в данное время еще не может претендовать на точность, необходимую для гидростроительства в отношении определения глубины залегания коренных пород. Поэтому применять этот метод разведочных работ целесообразно лишь в комбинации с заложением буровых скважин.

В программу исследований следует включать производство электроразведки по всем намечаемым вариантам створов плотин с заложением пунктов наблюдения через 50—100 м (в зависимости от ширины долины).

Дополнительно по оси плотины закладывается 3—5 буровых скважин, причем во всех случаях, где это целесообразно, буровые скважины заменяются шурфами.

По геологическим разрезам буровых скважин должны быть прокорректированы данные электроразведки.

б) Зондировку целесообразно применять при условии, когда аллювиальные, или вообще рыхлые отложения состоят в основном из насыщенных водою песков (что имеет место главным образом в пойменной части долины) и подстилаются твердыми коренными породами, о характере которых имеется возможность судить по выходам на дневную поверхность или по искусственным обнажениям (разведочным выработкам).

При наличии сплошных галечников или мощных прослоек глин зондировка неприменима.

Густота зондировочных пунктов для первого приближенного суждения о рельефе коренных пород достаточна в пределах 100—200 м для профилей и 50—100 м для расстояний между пунктами на профилях.

При дешевизне этого метода предварительной разведки¹ имеется возможность охвата разведкой отдельных площадок протяжением 2—4 км по течению реки; полученные данные о залегании коренных пород позволят ориентировать и направление буровых работ.

в) Бурение. Количество скважин зависит в основном от ширины долины и от ее геологического строения. Для равнинных рек с разработанными долинами расстояние между скважинами в наиболее ответственных частях, в пределах русла и пойменной террасы, следует принимать равным 200—300 м; на второй же террасе, имеющей нередко ширину 10—15 км, буровые скважины могут быть расположены на расстоянии 600—1000 м друг от друга. На коренных берегах закладывается по одной скважине.

Глубины скважин определяются отметками поверхности, мощностью аллювиальных и делювиальных отложений, а также необходимостью проходки 5—10 м в коренных породах.

Указанная схема буровой разведки для проектирования низконапорных земляных плотин (дающих небольшую нагрузку в основании) достаточна при наличии комплекса осадочных пород, слагающих коренные берега и подстилающих аллювиальные образования, состоящие из глинисто-песчаных или песчано-гравелистых рыхлых отложений.

Под гидростанцию или под плотину гравитационного типа проходка в коренных, подстилающих аллювий, породах должна быть произведена на глубину 30—40 м, так как для проектировки сооружений тяжелого типа существенным является вопрос возможных осадок основания.

В долинах горного типа или же на участках равнинных рек, пересекающих массивы кристаллических сланцев или изверженных пород, аллювиальные образования в большинстве случаев состоят из смеси песка и крупного обломочного материала (галька, валуны, глыбы). Ручное ударное бурение в этих условиях цели не достигает; еще меньшие результаты дает зондировка. Данные же электроразведки, не привязанной к контрольным скважинам в отношении глубин залегания коренных пород, могут служить лишь материалом для сравнения различных створов, но не могут определить истинную величину мощности аллювия.

Таким образом, при необходимости решения вопроса о глубине залегания коренных пород в условиях горной долины программой исследований должно быть предусмотрено и колонковое бурение, как гарантирующее правильность определения глубины залегания коренных пород. Углубление скважин в коренные породы может

¹ Один отряд, состоящий из старшего рабочего и 4 рабочих, за 8 часов проходит в средних условиях в 3—4 пунктах суммарную глубину 40—50 м.

быть ограничено 10 м при условии, что не менее 5 метров проходит в «здоровой» скале. В случае глубокого выветривания или раздробленности пород бурение не должно останавливаться на указанных глубинах, так как для подсчета стоимости сооружения важно знать отметку заложения основания сооружений.

По оси плотины буровые скважины проектируются на расстоянии 30—75 м друг от друга. В нижнем и верхнем бьефе на расстоянии 100 м от оси плотины проектируется заложение 2—3 скважин.

Разведочные работы на площадке гидростанции, если последняя расположена вне оси плотины, а также на площадке бокового (берегового) водослива, если его положение в данной стадии исследовательских работ может быть определено, — проводятся в следующем объеме:

а) под гидростанцию — 3—5 буровых скважин,

б) по оси водосливного канала скважины или шурфы закладываются через интервалы 100—200 м.

Глубины скважин под гидростанцию и водослив определяются по тому же принципу, как и для плотины. Глубины скважин для водосливного канала определяются отметками заложения дна канала с дополнительной проходкой ниже отметки дна на 5—10 м.

Постановка такой относительно сложной и дорогостоящей разведки может быть оправдана масштабом сооружений или неотложностью разрешения задачи.

В. ДЕРИВАЦИОННЫЕ КАНАЛЫ И ТУННЕЛИ

Помимо разведочных работ, которые проводятся при производстве геологической съемки, дополнение к освещению литологических и гидрогеологических условий района по трассе канала дается на основании заложения буровых скважин в наиболее ответственных пунктах через интервалы 500—1000 м. Глубина скважин определяется отметками заложения дна канала.

Для трассы деривационного туннеля целесообразно предусмотреть дополнительные разведочные работы как электроразведкой с заложением пунктов наблюдения через 100 м, так и буровыми скважинами и шурфами — на контактах коренных пород или же для определения мощности наносов.

В. МАССИВЫ ОРОШЕНИЯ

Если имеются основания считать, что для выяснения гидрогеологических условий массива орошения намеченная съемка недостаточна, программа работ должна предусмотреть дополнительно разведочное бурение; последнее назначается более глубокое, чем зондировочное при съемке, а именно 15—20 м и более, с таким расчетом, чтобы скважинами перекрыть первый водоносный пласт пород. Скважины целесообразно располагать через водоразделы по буровым профилям, отстоящим друг от друга на 20—25 км. Рас-

стояние между скважинами также может быть довольно большим: для значительных территорий оно может быть принято в 10—20 км.

К буровым профилям, имеющим плановую и высотную привязку, привязываются в плановом и высотном отношении существующие ближайшие колодцы; благодаря этому сеть наблюдательных пунктов значительно увеличивается.

Желательно совмещение буровых профилей с проектными трассами каналов, так как это значительно сокращает объем разведочных работ по трассам каналов в следующей стадии проектирования.

Г. ПЛОЩАДИ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ОБВАЛОВАНИЮ

В отдельных случаях может быть экономически выгодным при небольших подпорах в верховьях водохранилищ обваловать определенные затопляемые площади. Такая территория должна получить гидрогеологическую характеристику дополнительной к съемке разведкой, главным образом по трассам намечаемых валов. Заложение скважин глубиной 10—15 м целесообразно намечать через 1,5—2 км, а поперечники к ним через 4—5 км.

3. ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ

Опытные работы в стадии схемы производятся, как правило, в минимальном объеме; однако, в отдельных случаях приходится увеличивать их масштаб.

Так, например, когда проводится колонковое бурение в коренных скальных породах, необходимо использовать пройденные скважины для опробования на поглощение воды; необходимость этих опытов вызывается тем, что после ликвидации бурения возврат к данным скважинам в последующем практически уже невыполним.

На массивах орошения в отдельных литологических разностях также необходимо ставить опыты для определения коэффициента фильтрации в естественных условиях.

4. СТАЦИОНАРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Так как ценность материала по стационарным наблюдениям возрастает с увеличением продолжительности последних, то к организации пунктов или створов стационарных наблюдений за режимом грунтовых вод необходимо приступить уже в стадии схемы. Нужно учитывать, что уровень грунтовых вод подвержен колебаниям не только в пределах одного года, но и по годовым циклам.

Наблюдательные площадки необходимо предусмотреть в разных геоморфологических районах обследуемой территории.

Наблюдательный пункт может состоять из 1—2 буровых скважин, пройденных до подстилающего слоя первого водоносного горизонта. Наблюдательные створы требуют заложения 3—6 скважин или шурфов с закрепленными стенками и крышкой.

Наблюдения в речной долине в период стояния меженного горизонта реки производятся 1 раз в 5 дней, в период паводка — 3 раза в день. В степном районе (массив орошения) наблюдения за уровнем грунтовых вод производятся 1 раз в 5 дней.

Специальный характер наблюдения приобретают в зоне развития оползней и наличия карстовых образований. Хотя районы развития оползней и карстовых образований должны быть, как правило, исключены, как участки непосредственного расположения гидросооружений, но наличие этих явлений в чаше водохранилища иногда неизбежно. Для изучения оползней и карста дополнительно к гидрогеологической съемке необходимы и стационарные наблюдения.

В отношении первых в программу исследований включается:

1) установка реперов на оползневых участках, увязанных с реперами, расположенными вне зоны оползания,

2) заложение шурфов и буровых скважин по линиям направления оползня для наблюдения за уровнем водоносного горизонта.

Шурфы и скважины закладываются по 2—3 профилям в количестве 3—5 выработок на каждом; замеры уровня воды производятся через 5—10 дней; нивелировка реперов и отбор проб воды для химического анализа — 1 раз в месяц.

Для изучения карстовых образований параллельно с метеорологическими и гидрологическими наблюдениями должно быть организовано наблюдение за химизмом и режимом грунтовых вод — путем заложения шурфов и буровых скважин.

5. ТОПОГРАФИЯ

Программами геологических исследований должны быть предусмотрены все те работы по плановым и высотным привязкам разведочных выработок, существующих колодцев, наблюдательных скважин и проч., которые не входят в программы собственно топографических изысканий. Существенную роль при этом должно играть плановое и высотное закрепление створов плотин, наблюдательных профилей и пр., причем вся привязка должна быть произведена в системе координат государственной геосъемки.

6. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторные работы проводятся в незначительном объеме; однако, для основных видов сооружений должны быть получены характеристики грунтов в строительном отношении, а также химическая оценка грунтовых вод.

Перечень лабораторных определений в основном следующий:

- а) гранулометрический анализ пород,
- б) удельный вес, объемный вес, естественная влажность, порозность,
- в) число пластичности,

- г) коэффициент фильтрации суглинков, песков,
- д) угол внутреннего трения,
- е) угол естественного откоса в состоянии естественной влажности и под водой,
- ж) валовой химический состав пород,
- з) водные вытяжки,
- и) химические анализы воды полные,
- к) химические анализы воды полевые,
- л) петрографические (микроскопические) определения,
- м) палеонтологические определения,
- н) временное сопротивление сжатию,
- о) морозоустойчивость.

7. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

В результате уточненной проработки материалов прежних исследований и данных полевых работ должны быть составлены:

- 1) Геологический отчет следующего содержания:
 - а) цель работы и программное задание,
 - б) обзор использованных материалов и характеристика выполненных полевых исследований,
 - в) геоморфология районов исследований,
 - г) стратиграфия районов исследований,
 - д) тектоника и сейсмичность,
 - е) литология,
 - ж) гидрогеология,
 - з) месторождения строительных материалов,
 - и) месторождения прочих полезных ископаемых,
 - к) приложения — карты, профили, разрезы, ведомости стационарных наблюдений, опытных работ, лабораторных определений, журналы разведочных выработок.
- 2) Заключение по инженерно-геологическим условиям районов сооружений по такой схеме:
 - а) краткое описание геологического строения участков узлов сооружений, чаш водохранилищ;
 - б) характеристика физико-механических свойств пород на основании опытных работ и лабораторного испытания;
 - в) химизм грунтовых вод, засоление грунтов в районах узлов сооружений, водохранилищ, на массивах орошения.
 Заключение должно дать ответы на следующие основные вопросы:
 - а) какие из возможных вариантов узлов сооружений являются в инженерно-геологическом отношении наиболее благоприятными (в отношении основания, береговых примыканий, устройства водосливов, дериваций и пр.);
 - б) какие участки долины реки должны быть исключены из цикла дальнейших исследований, как заведомо неблагоприятные (зона закарстованности, зона развития оползней, районы сильного

проявления сейсмичности, зона тектонических нарушений при наличии явных признаков для больших потерь воды из водохранилища и т. д.);

в) какие участки могут быть использованы как массивы орошения или иных мелиораций, какие из намеченных районов должны быть исключены (по геоморфологическим, гидрогеологическим и другим признакам).

Обязательным разделом в геологическом отчете должно быть обоснование программы инженерно-геологических исследований для первой стадии проектирования (проектное задание). В нем необходимо отразить:

1) геологические особенности строения речной долины: а) рельеф, ширина и глубина русла, б) породы, слагающие берега и подстилающие аллювиальные образования, в) мощность и механический состав аллювия;

2) данные организационно-производственного характера: а) обеспеченность рабсиллой, б) жилищные условия, в) транспортные условия: ближайшая ж. д. станция, пристань; возможность использования гужевого, водно-моторного и автотранспорта; необходимость ремонта дорог или устройства специальных подъездов к месту работ; устройство мостов и пр.; г) наличие на месте необходимых строительных материалов; д) наличие механических мастерских; е) наличие складов горючего и т. д.

Эти данные очень важны для проработки производственных программ, календарных планов работ и для составления смет, особенно в тех случаях, когда речь идет о работах в неосвоенных или редконаселенных районах, и организационная сторона вопроса требует особо тщательной подготовки и соответствующего отражения в сметах.

II. ПРОЕКТНОЕ ЗАДАНИЕ

Геологические исследования в данной стадии проектирования в части изучения геоструктуры и гидрогеологии района должны иметь законченный характер, инженерно-геологические условия должны быть расшифрованы, должен быть получен отчетный материал для решения вопроса «где строить» и «как строить».

Главнейшими объектами исследования являются: 1) узлы сооружений, 2) чаши водохранилищ, 3) трассы дериваций, 4) участки расположения отдельных насосных станций, 5) массивы, подлежащие орошению или другим мелиорациям, 6) трассы магистральных оросительных каналов, 7) месторождения строительных материалов.

Цикл инженерно-геологических исследований включает:

- 1) геологическую съемку,
- 2) разведочные работы,
- 3) стационарные наблюдения,
- 4) опытные работы,
- 5) лабораторные определения и испытания,
- 6) топографические работы (как вспомогательные),
- 7) камеральную обработку.

1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Съемка производится:

а) комплексная в чаше водохранилища в масштабе 1:100000—1:25000 — в зависимости от размеров территории, сложности геологического строения и наличия имеющейся к моменту начала работ топографической основы.¹

Как уже отмечено выше, съемка не должна ограничиваться лишь прибрежной полосой (1—3 км), но и охватить притоки, балки, а иногда и водоразделы.²

¹ Как правило, последнее обстоятельство не должно быть определяющим масштаб геологической съемки, но на практике оно чаще всего является решающим, так как для получения основы требуемого масштаба приходится тратить много времени, что не всегда допустимо в отношении заданных сроков проектирования.

² В практике гидростроительства известен такой случай: в районе, подготовительном по развитию каретовых образований, была произведена геологическая съемка берегов долины, выполнена буровая разведка по нескольким вариантам створов плотины, разведана площадка гидростанции, трасса подводного канала и пр. Сплошная же гидрогеологическая съемка ближайшей к чаше водохрани-

б) Детальная в масштабе 1 : 10000 — 1 : 5000 на отдельных участках чаши водохранилища, подозрительных по наличию оползней или по закарстованности, а также на небольших площадках (5—10 км²) на орошаемых массивах, где намечается изучение просадок грунта.

в) Детальная в масштабе 1 : 5000 — 1 : 2000 на участке узла сооружений и 1 : 10000 — 1 : 5000 по трассам дериваций. Данная съемка должна предшествовать разведочным работам, так как в результате съемки могут быть правильно ориентированы направления створов, трасс и расположения отдельных сооружений.

г) Комплексная в масштабе 1 : 100000 — 1 : 25000 на площади орошаемого массива и на участках, подлежащих другим видам мелиорации.

2. ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Программой работ для каждого отдельного случая должны быть предусмотрены разведочные работы лишь на тех участках сооружений, которые являются объектами проектирования. Для полноты же освещения вопроса рассмотрим все сооружения, перечисленные во вводной части настоящей работы (см. стр. 3).

а) Створ плотины.

Количество буровых скважин должно определяться следующими соображениями:

На реках равнинного типа, как, например, Волга, Днепр (исключая порожистую часть), Свирь, нижнее течение Урала и Терека и др., где долина врезалась в толщу осадочных пород, имеющих горизонтальное или близкое к нему залегание, наблюдается относительное однообразие геологического строения при значительной ширине долин, измеряемой даже в суженных местах 1—4 км. В таких условиях расстояние между разведочными скважинами в русловой части долины и на пойменной террасе следует принимать от 100 до 200 м, увеличивая его на высоких террасах, пересекаемых по проекту дамбами, до 300—500 м. При больших интервалах между скважинами имеется определенный риск пропустить неосвещенное разведкой древнее русло реки, имеющее нередко базис эрозии значительно более пониженный, чем современный. При таких условиях можно получить ложное представление о средней толщине аллювия и мощности подстилающего аллювий верхнего слоя коренных пород (обычно частично размытого).

Следует иметь в виду, что различная степень размыва верхних слоев коренных пород, вызывающая значительные неровности в рельефе, нередко создает затруднения для расположения осно-

вища территории была произведена в последнюю очередь. На основании этой съемки выявлена закарстованность района, представляющая явную угрозу для водохранилища, ввиду чего ранее принятую схему гидротехнического использования реки пришлось вновь перерабатывать.

ваний плотины и гидростанции, так как при таких условиях имеется угроза неравномерных осадок сооружений.

Больше всего это относится к слоям глин.

Увеличенное расстояние между разведочными скважинами может вызвать еще большие ошибки при наличии выклинивания верхних слоев коренных пород в пойменной части долины.

На коренных берегах по оси плотины закладывается по 2—3 буровых скважины на расстоянии 200—400 м друг от друга.

Эти скважины должны дать характеристику как геологических, так и гидрогеологических условий для освещения вопроса о возможном обходе водой сооружения при проектном напоре.

Для более полного освещения геологических условий площадки, где намечается плотина, ниже и выше по течению закладываются параллельно оси плотины в расстоянии от нее от 100 до 300 м дополнительные буровые профили. Число разведочных скважин по каждому из них может быть ограничено 30—50% от числа скважин по основному створу. Дальнейшее уточнение рельефа коренных пород может быть осуществлено электроразведкой.

Особый случай представляют речные долины с выступами изверженных пород или метаморфических сланцев с крутым падением пластов в виде островов значительных размеров,¹ прикрытых аллювиальными наносами или рыхлыми осадками незначительной мощности.

В данном случае целесообразно произвести оконтуривание скального массива в пределах отметок, приемлемых для заложения основания гидростанции. При благоприятных условиях (наличие достаточных размеров площадки на незначительных глубинах) на таком «острове» могут быть размещены на скальном основании ответственные части плотины (водослив) и гидростанция, что значительно упрощает проектирование узла сооружений.

В программу работ по оконтуриванию скального массива необходимо включить зондировку,² электроразведку и контрольное колонковое бурение. Густота сети точек для зондировки и электроразведки определяется расстояниями 25—50 м, а для контрольного колонкового бурения 75—100 м (см. рис. 1).

В условиях горной долины, несмотря на относительно небольшую длину створа плотины (чаще всего в пределах 200—400 м, считая по низу), расстояние между скважинами должно приниматься равным 20—50 м. Параллельные оси плотины дополнительные профили закладываются на расстоянии 50—75 м ниже и выше оси с расстоянием между скважинами 50—75 м. Как в промежутках

¹ По отношению к масштабу сооружения.

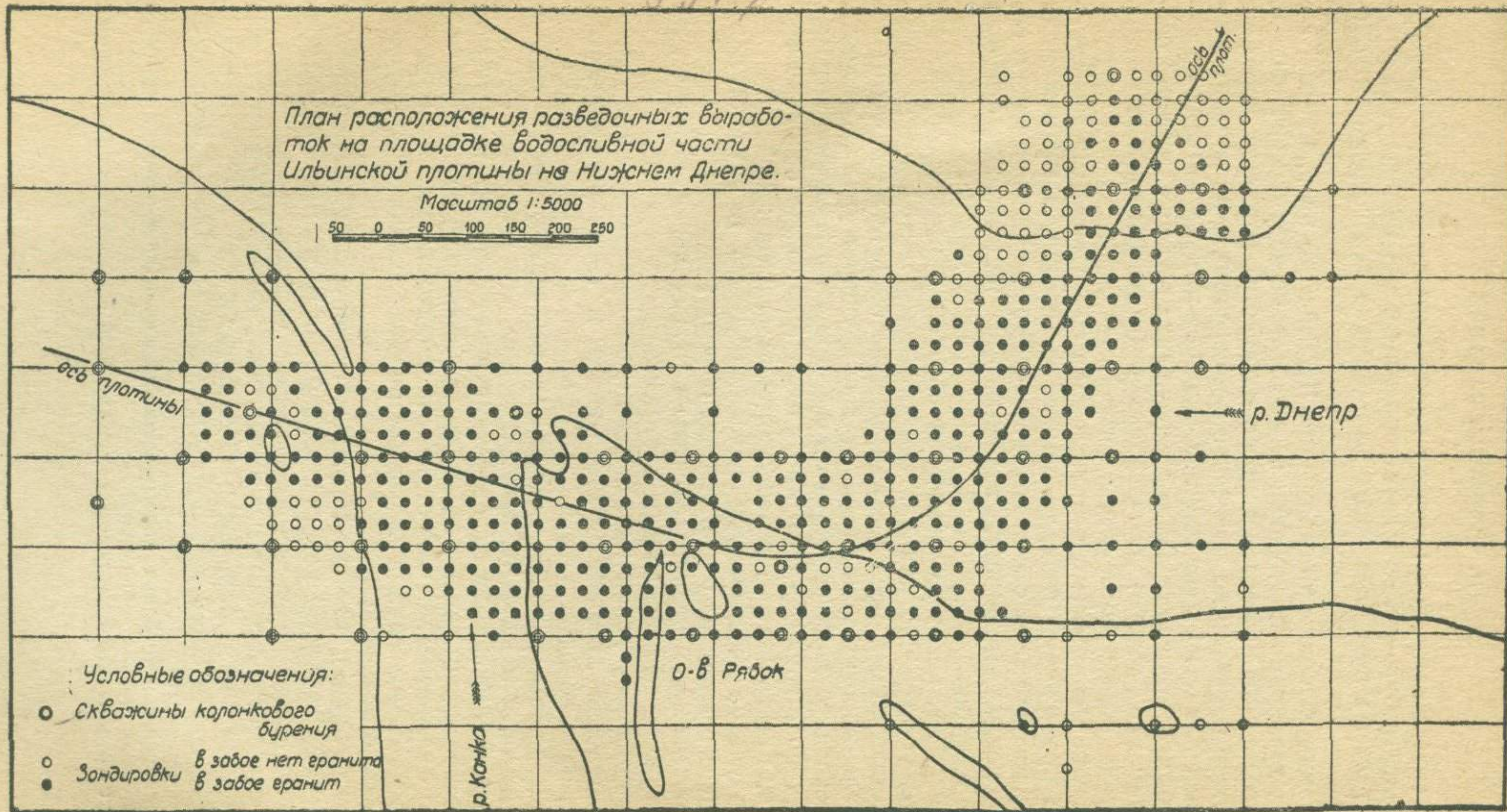
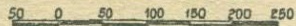
² В песчаных наносах, насыщенных водой, зондировка применима на глубину до 20 м. При наличии таких грунтов, по простоте работы, по дешевизне и по определенности результатов зондировку целесообразно предпочесть электроразведке.

В каньоне старого Днепра у о. Хортицы зондом пройдено в аллювиальном песке 37 м.

5914

План расположения разведочных выработок на площадке водосливной части Ильинской плотины на Нижнем Днепре.

Масштаб 1:5000



Условные обозначения:

- Скважины колонкового бурения
- Сондировки в забое нет гранита
- Сондировки в забое гранит

Рис. 1.

между скважинами, так и между профилями целесообразно произвести электробурение, что даст дополнительные пункты для очерчения рельефа коренных пород на площадке для сооружения плотины.¹

В узких глубоких ущельях типа Черкейского на р. Сулаке, где ширина долины по низу равна 20—30 м, а по верху — 250—300 м, для определения мощности наносов и качества коренных пород по оси плотины достаточно заложение 3-х скважин, а на дополнительных профилях — по 2 скважины. Поскольку в таких случаях проектами обычно предусматривается сооружение высоких плотин,² особое внимание должно быть уделено береговым примыканиям, а также и общей геоструктуре участка.

Так как Черкейское ущелье сложено трещиноватыми известняками с прослойками глин, то помимо заложения в примыканиях по 1—2 колонковых скважины необходимо также освещение качества пород штольнями, заложенными на разных отметках в 4—5 пунктах.

В случаях, когда геологической съемкой в районе сооружения плотины установлено наличие тех или иных тектонических нарушений, программой исследований должны быть предусмотрены дополнительные разведочные работы для изучения данных явлений.

Переходя к вопросу определения проектных глубин буровых скважин по створам, необходимо учесть следующие основные требования, предъявляемые к геологической разведке:

- 1) изучение геоструктуры района, особенно в случаях недостаточного освещения геологической съемкой;
- 2) определение глубины залегания горных пород, которые должны служить основанием для плотины;
- 3) изучение условий их залегания;
- 4) изучение литологического состава и физико-механических свойств этих пород;
- 5) выявление наличия водоносных горизонтов, их мощности напора, дебита и качества воды.

В отношении заложения основания могут быть такие варианты:

- а) основанием служат рыхлые водопроницаемые (преимущественно аллювиальные или ледниковые) образования;
- б) основанием служат коренные породы — скала или песчано-глинистые отложения;
- в) водосливная часть плотины и гидростанция располагаются на коренных скальных породах, а насыпная часть плотины (дамба) на мягких отложениях или на наносных образованиях.

В соответствии с этими требованиями, глубины буровых скважин колеблются в широких пределах. Если для изучения аллювиальных образований достаточно в среднем глубина скважин по-

¹ Зондировка в условиях горных долин при наличии в аллювии крупного обломочного материала неприменима.

² Высота плотины в Черкейском ущелье над основанием принята равной 223 м.

рядка 20 м от уреза воды, то для изучения геологической структуры района требуется заложение скважин глубиной, измеряемой нередко сотнями метров. Последнее особенно имеет место в тех случаях, когда речь идет о мощных водных артериях, о недостаточной изученности глубинной геологии и гидрогеологических условий района и относительно неблагоприятных инженерно-геологических условиях для сооружения плотин.¹

Независимо от варианта заложения основания плотины, толща аллювиальных и ледниковых наносов проходит полностью.²

Углубление же в подстилающие коренные породы должно определяться следующими факторами:

- а) весом сооружения,
- б) качеством пород.

В том случае, когда нагрузка на основание, состоящее из песчано-глинистых отложений, находится в пределах, допускаемых для таких грунтов ($1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ кг/см²), проходка в коренных породах может быть ограничена 5—10 м, и лишь для контрольных скважин должна быть увеличена до 20—30 м.

При сооружении гравитационных плотин (с сосредоточенной нагрузкой на небольшую площадь) и особенно гидростанций на уплотняемых (дающих осадку) основаниях, определяющим фактором бурения измерителем является ширина фундамента сооружения.³

При скальном основании колонковым бурением проходит вся толща выветренной, разрушенной породы, мощность которой для средних условий может быть принята 4—6 м, и около 10—15 м в «здоровой» скале. Отдельные контрольные скважины для изучения глубинной трещиноватости пород, а также и для выявления возможных тектонических нарушений, проходятся в коренной породе на глубину 20—30 м.

Большие глубины (особенно в комплексе осадочных пород) должны быть предусмотрены, когда толща пород состоит из отдельных чередующихся слоев незначительной мощности, при наличии водоносных горизонтов, при наличии химических осадков (ангидрид, гипс, каменная соль); при наличии сбросов и зон тектонических нарушений.

¹ Глубина разведочных скважин по створам плотин, проектируемых на Волге, равна в среднем 40—60 м, глубина отдельных скважин достигает: а) по Ярославской плотине—120 м, б) по Нижегородской (у Василёво) 200 и 350 м, в) по Камской (у Левшино) 135 м, г) по Камышинской 100 м. (Всего заложено 105 скв. общей глубиной около 5000 м. См. Б. А. Можаровский. Гидротехническое строительство, № 2, 1934 г.). По Рубежинскому узлу сооружений на Урале отдельные скважины достигают глубины 100—120 м.

² Исключением являются случаи, когда речь идет о мелких сооружениях, а также случаи, приводимые Э. Бердом (Гидротехническое строительство, № 1, 1934 г.), когда мощность ледниковых отложений достигает 450 м (штат Мичиган, США).

³ По Терцаги («Инженерная геология», стр. 115) диаметр фундамента умножается на 1,2.

Глубину скважин в известной мере определяет также и высотная отметка места заложения.

Так как в результате разведочных работ на месте сооружения плотины должны быть получены данные, достаточные для решения вопроса о возможности сооружения и о типе плотин, о глубине заложения основания, то определение глубин разведочных выработок должно удовлетворять данному требованию.

Само собой разумеется, что программные глубины следует рассматривать лишь как обоснование объема исследований, а, следовательно и предстоящих затрат. Уточнение проектных глубин возможно лишь в процессе изучения геологического строения участка и его литологических и гидрогеологических особенностей.

В условиях узких горных ущелий, образованных известняками, доломитами, мергелями или сильно трещиноватыми песчаниками, как уже упомянуто выше, особое значение для устойчивости сооружения и потерь воды приобретают берега. В таких случаях для определения структуры пород необходима закладка разведочных выработок в виде штолен и шахт. Первые проектируются в несколько ярусов (в зависимости от высоты сооружения и степени однородности пород); вторые закладываются как для соединения штолен, так и для освещения качества пород на отдельных ответственных участках.

б) Гидростанция.

Площадка гидростанции, расположенная вне створа плотины, требует дополнительной разведки с целью выяснения глубины залегания пород, могущих служить основанием, качества этих пород и наличия водоносных горизонтов. Количество разведочных выработок (буровых скважин и шурфов) диктуется расположением станции и ее размерами; в среднем 5—7 выработок дадут достаточное освещение геологического строения площадки. Глубина выработок определяется мощностью наносных образований и качеством подстилающих коренных пород.

В случае наличия скального основания, бурением проходится, помимо покровных отложений, зона выветренной или раздробленной скалы, и 5—10 м в «здоровой» скале. Одна—две скважины углубляются в «здоровой» скале на 15—20 м для более детального освещения массива в отношении возможных фильтрационных потерь воды.

При заложении основания на глинисто-песчаных отложениях глубины разведочных выработок определяются величинами от 30 до 50 м.

В случае значительных размеров площадки, для дополнительного уточнения рельефа коренных пород следует предусмотреть программой и электробурение (электроразведку).

Как и в других случаях, в зависимости от целесообразности применения той или иной разведочной выработки, буровые скважины заменяются шурфами.

в) Боковой (береговой) водослив и водосливной канал.

При устройстве глухих плотин (главным образом земляных и из каменной наброски) водосливные сооружения располагаются на одном из берегов и нередко на значительном расстоянии от створа плотины. В таких случаях участок водосливного сооружения должен быть освещен геологической разведкой, как обособленная площадка.

Разведочные выработки располагаются по оси водослива на расстоянии 50—75 м друг от друга (в зависимости от ширины водосливного отверстия), а по оси канала — через 100—200 м.

В отношении глубин разведочных выработок необходимо придерживаться тех же положений, что и для плотины и гидростанции.

г) Деривационный канал.

Программой геологических исследований в этом случае должны быть предусмотрены следующие работы:

1) геологическая, литологическая и гидрогеологическая съемка полосы вдоль трассы канала (по разным вариантам) в масштабе 1:10000, с учетом всех особенностей района — для выбора наиболее благоприятного направления;

2) разведочные работы, обеспечивающие выявление структуры горных пород и наличия водоносных горизонтов.

Расстояние между выработками может быть принято, в зависимости от длины канала и геологических условий, от 200 до 500 м. Глубина проходки определяется рельефом поверхности, отметкой заложения основания и качеством подстилающих пород. В случае, когда последние представлены породами скального типа, проходка выработок ограничивается лишь толщиной рыхлых отложений.

Когда же основание закладывается в глинисто-песчаных отложениях, то скважины должны быть доведены до глубины на 10—15 м ниже заложения основания деривационного канала.

Если по выходам и обнажениям можно определить разновидность породы и ее состояние, то в данной стадии проектирования разведки скалы можно не производить. В противном случае — несколькими скважинами или шурфами необходимо углубиться в скальную породу, вскрыв ее разрушенный верхний слой.

д) Деривационный туннель.

Дороговизна сооружения туннелей как для временного отвода реки на период строительства, так и для постоянной деривации, особенно с целью увеличения напора, заставляет особое внимание уделить исследованиям для этого типа сооружений.

Так как в данной стадии проектирования должен быть решен вопрос о целесообразности и возможности устройства туннеля, то цикл исследований должен быть относительно велик. В первую очередь необходимо предусмотреть геоморфологическое обследование района и геологическую съемку с особым уточнением изучения тектоники, литологии, гидрогеологии и сейсмичности района.

Съемка производится по трассам разных вариантов при ширине полосы 500—1000 м в масштабе 1 : 10000 — 1 : 5000.

Параллельно с инженерно-геологической съемкой проводится также и электроразведка для изучения геоструктуры трассы.

В местах, наиболее подозрительных в отношении наличия рыхлых пород, тектонических нарушений или водоносных горизонтов, проходится дополнительная разведка.

По оси трассы закладываются буровые скважины для изучения более мощных делювиальных образований, а также рыхлых слоев коренных пород. Расстояния между скважинами по всей трассе следует принимать равными от 200 до 500 м. Глубина скважин определяется глубиной заложения основания; в случае наличия рыхлых пород назначается дополнительная проходка 5—10 м.

Роль деривационного туннеля для некоторых установок является решающей, а потому результат обследований должен быть получен вполне определенный.

Приведем несколько примеров, иллюстрирующих важность роли деривационного туннеля.

По гидроустановкам на р. Чаткал, при проектировании деривационного туннеля напор изменялся в следующих пределах:

	Напор у плотины	Напор у гидро- станции
	м	м
1-я плотина	140	180
2-я "	120	220
3-я "	120	280

На 3-й установке длина туннеля по проекту достигает 11 км.

В бассейне Нарына в установке у Кок-Ийрыма за счет деривационного туннеля напор вырос со 150 до 200 м.

В бассейне Чу, у Джыль-Арыка, при длине туннеля 20 км — с 90 до 300 м; на р. Вахш у Пулисангинского моста — с 50 до 180 м.

В бассейне Ялу (Сев. Корея) на одном из притоков Ялу при высоте плотины 80 м, емкости водохранилища 670 млн. м³ и при расходе 23 м³/сек, благодаря устройству деривационного туннеля длиной 26,6 км (через горный хребет), явилась возможность на 3-х ступенях использовать напор, равный 1113,6 м и получить установку суммарной мощностью 200000 киловатт (*Ammen W. Elektrotechnische Zeitschrift* 1934 г. Heft 3).

В установке *Dixence* (Швейцария) при длине штольни 11,5 км от водохранилища к напорному узлу и при длине 2-х напорных труб диаметром 1420/985 мм, равной 15,5 км, напор у гидростанции равен 1750 м, что при среднем расходе воды 10,25 м³/сек дает мощность 210 000 киловатт. (*Schweizerische Bauzeitung* 9/XII 1933; *Schweizerische Wasserwirtschaft* №№ 8 и 9 — 1934.)

е) Напорные узлы.

Разведочные работы должны быть предусмотрены как на площадке напорного бассейна (камеры или башни), так и по трассе

проложения напорного трубопровода от бассейна к гидростанции. На площадке необходимо заложить 3—5 буровых скважин с углублением последних в устойчивые породы для выяснения вопросов допускаемых нагрузок и водонепроницаемости.

По трассе напорного трубопровода разведочными выработками должна быть детализирована геологическая структура в части литологических и гидрогеологических особенностей участка, выявленных в процессе производства геологической съемки. При необходимости, обследованию подлежит ряд возможных вариантов трассы.

При значительной длине трассы напорного трубопровода разведочные выработки располагаются на расстоянии 200—500 м при средней их глубине 15—20 м. Как расстояния, так и глубины должны в этих случаях выбираться с учетом уклона берега долины, чтобы получить увязанный геологический разрез.

При скалистом склоне разведку можно ограничить заложением шурфов на глубину до «здоровой» скалы, на которой могут быть заложены специальные устои для напорного трубопровода.

ж) Шлюзы и шлюзовые каналы.

При незначительной ширине шлюзовых камер и каналов на данной стадии проектирования разведочные работы возможно ограничить трассой по оси шлюза и канала с учетом возможных вариантов или дополнительных нитей шлюзов. При расположении шлюза в русле реки разведочные работы сокращаются за счет выполненных по створу плотины; в нижнем бьефе исследования по шлюзовому каналу для определения глубин выемок аллювиальных отложений могут быть ограничены зондировкой через 50—75 м. Если шлюзовые камеры располагаются на берегу и шлюз является многоступенчатым, — количество выработок и их глубина должны быть определены применительно к программе исследований по боковому водосливу и водосливному каналу. Расположение буровых скважин по оси шлюза целесообразно совместить с расположением междуканальных стенок.

з) Плотоходы.

В отношении плотоходов программа исследований разрабатывается применительно к программе по шлюзам, с учетом расположения плотохода по отношению к створу плотины.

и) Чаша водохранилища.

Хотя в основном чаша водохранилища подлежит исследованию в процессе производства комплексной съемки, тем не менее, в отдельных случаях требуется дополнительное освещение геологического строения более глубокой разведкой. Последняя должна быть включена в программу работ в следующих случаях:

а) при незначительной обнаженности коренных пород в берегах (или по склонам долин), что лишает возможности составить правильное представление о геологическом строении берегов, пойменной и русловой части долины;

б) при наличии коренных пород, требующих исследований на водопропускную способность (фильтрационные потери).

Разведочные поперечные профили располагаются в таком порядке, чтобы путем дополнительных выработок в промежутках между ними можно было бы составить также и продольные профили как по берегам, так и по дну долины.

Расстояние между поперечными профилями определяется на основании данных геологической съемки и в зависимости от отметки подпертого бьефа водохранилища. Расстояние между разведочными выработками по каждому поперечнику принимаются такими же, как для дополнительного (параллельного) створа оси плотины.

Глубины буровых скважин определяются мощностью наносов. Если имеется предположение о связи верхнего и нижнего бьефа, то назначаются скважины, целью которых является характеристика коренных пород; в этом случае должна быть предусмотрена проходка в пределах зоны раздробления или выветривания.

Для уточнения рельефа коренных пород по чаше водохранилища целесообразно между редкими буровыми профилями включить сеть наблюдений электроразведки.

Целесообразность разведочных продольных профилей по берегам долины подтверждается практикой проектирования, когда возникает необходимость проработки вариантов расположения узла сооружений в связи с выявленными геологическими условиями по оси плотины. Детальность разведочных работ по чаше водохранилища, также как и по узлу сооружений, вытекает из сложности геологического строения района, ответственности сооружения и его масштабов.

к) Насосные станции ирригационных систем.

Разведочные работы производятся по оси подводящего канала, здания насосной станции и напорного трубопровода. Всего закладывается 3—5 буровых скважин. Глубина последних определяется отметкой заложения фундамента и глубиной основания.

л) Ирригационная сеть.

Общая гидрогеологическая характеристика орошаемого массива дается в результате сплошной гидрогеологической съемки. Задачей разведочных работ является дополнительное освещение гидрогеологии массива и изучение литологических особенностей территории, по которой проектируется сеть ирригационных каналов.

Если в стадии проектного задания трассировка каналов в натуре производиться не будет, то разведочные выработки целесообразно разместить так, чтобы данные разведки могли бы быть использованы при проектировке трасс главных каналов хотя бы путем переноса результатов ближайших разведочных выработок на запроектированную трассу.

В зависимости от геоморфологических условий района могут быть приняты две основные схемы расположения разведочных выработок:

1) при наличии хорошо развитой гидрографической сети, разведкой освещаются главным образом водораздельные пространства, по которым и закладываются разведочные ходы; береговые же об-

нажения рек служат основными маршрутами изучения литологии района;

2) при слабо развитой гидрографической сети, при отсутствии обнажений и при равнинном характере орошаемого массива, разведочные выработки целесообразно располагать по геометрической сетке той или иной густоты, в зависимости от литологических особенностей района, его изученности, а также и размера орошаемой территории. Для крупных орошаемых степных массивов (5000—10000 км² и более) расстояние между рядами разведочных выработок может быть принято равным 5—10 км, что соответствует заложению 1 разведочной выработки на 25—100 км².

Расположение разведочных пунктов по сетке значительно облегчает их топографическую (плановую и высотную) привязку, с чем при крупном масштабе работ необходимо считаться.

В тех случаях, когда трасса главных ирригационных каналов разбивается на натуре, разведочные скважины располагаются по трассам на расстоянии 2—3 км, а в промежутках между ними 1—2 шурфа. Глубины буровых скважин определяются высотными отметками поверхности, отметками заложения дна каналов и глубиной залегания первого водоносного горизонта. Как правило, глубины скважин в среднем колеблются в пределах 10—15 м и лишь в случаях необходимости дополнительных разведок для изучения гидрогеологии района часть скважин проходится на глубину 20—30 м. Глубина шурфов достаточна в пределах 3—5 м.

В местах устройства головных сооружений или сбросов закладывается по 1 буровой скважине глубиной 20—30 м.

м) Оградительные валы.

При проектировании оградительных валов как с целью защиты прибрежной территории от разливов рек, так и с целью мелиорации плавней, разведочными выработками необходимо осветить гидрогеологические условия территории и литологический состав пород, являющихся основанием для проектируемых валов.

Разведочные выработки располагаются по трассам валов на расстоянии 1—2 км друг от друга и по поперечникам, закладываемым через 4—5 км.

На поперечниках назначается по 2 скважины в 500 м от центральной. Глубины скважин в среднем 10—15 м с тем, однако, что часть скважин углубляется до подстилающего первый водоносный горизонт водонепроницаемого слоя.

н) Железнодорожные мостовые переходы.

Нередко устройство гидростанций вызывает необходимость перестройки или сооружения новых мостовых переходов через реки. В случаях устройства мостов на больших реках, стоимость последних достигает значительных размеров (исчисляемых в миллионах рублей), а потому при сравнении разных вариантов гидроузла стоимость мостового перехода имеет известное экономическое значение для выбора варианта. В стадии проектного задания целесообразно выполнить ряд разведочных работ как на береговых скло-

нах, так и в пойменной части долины и в русле реки. Выбор места расположения мостового перехода в геологическом отношении должен быть основан на предварительно произведенной геологической съемке (по узлу сооружения или по прилегающему району).

Разведочными буровыми скважинами должен быть освещен профиль мостового перехода с выявлением глубины залегания коренных устойчивых пород. Расстояния между скважинами в пойменной части долины и в русле реки, если нет данных о расстояниях между быками, могут быть приняты равными 100—150 м.

Глубина скважин определяется мощностью наносов и допозитивной проходкой в коренных породах в соответствии с указаниями, данными для разведочных выработок под плотину. Нужно учесть при этом, однако, что трещиноватость и водопроницаемость пород для моста не является столь угрожающей, как для плотины. Трещиноватые скальные породы, а также плотно слежавшиеся галечники могут быть признаны удовлетворительным основанием для мостовых устоев и быков.

Разведка береговых склонов может быть ограничена местами заложений береговых устоев моста. В случае устройства однопролетных мостов, исследования проводятся лишь в местах заложения упоров арок.

о) Строительные материалы.

Наличие или отсутствие стройматериалов на месте возведения гидросооружений является фактором, резко влияющим на стоимость строительных работ; поэтому изучению месторождений стройматериалов должно быть уделено должное внимание. Необходимо получить данные, какие стройматериалы имеются на месте производства работ, какие должны быть доставлены из других мест, каковы условия их добычи и транспорта и т. п.

Технические условия использования стройматериалов при крупных гидростроительствах вынуждают иногда строителей к перевозке стройматериалов на значительные расстояния. Напомним, что крупный песок для бетона на Днепрострой доставлялся из карьеров, расположенных в районе г. Евпатории, т. е. на расстоянии свыше 400 км, так как в более близких к строительству районах песка нужного качества и требуемого количества найдено не было.

Ввиду изложенного, нельзя ограничиться только поисками стройматериалов (что включено, в конце концов, в программу комплексной геологической съемки) — необходима также и предварительная их разведка.

Для гидротехнического строительства требуются обычно следующие естественные стройматериалы: а) глина, б) суглинок, в) песок, г) гравий, д) галька и е) камень.

Разведочными выработками ориентировочно должны быть освещены запасы и условия добычи стройматериалов (мощность покрова, глубина выемки и т. д.).

Разведка производится преимущественно расчистками и шурфами и лишь при наличии мощных покровных слоев — буровыми

скважинами. Глубина шурфов — до 6 м, буровых скважин — до 15 м. Расстояние между выработками 50—100 м — в зависимости от размеров и формы месторождений.

Так как наличие тех или иных стройматериалов может иметь влияние на выбор типа сооружения (например, тело плотины может быть выполнено не только из каменной наброски, но и из бетона и т. п.), то задачей исследования стройматериалов в первую очередь является охват всех указанных видов месторождений и их качественная оценка, без уточненного подсчета запасов.

Для освещения строительных качеств стройматериалов должны быть предусмотрены определения гранулометрического состава пород в полевой и в лабораторной обстановке и определения основных физико-механических свойств пород.

3. СТАЦИОНАРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

В большинстве случаев подпор сооружаемой плотины вызывает появление или усугубляет развитие таких гидрогеологических явлений, которые имеют ряд отрицательных для народного хозяйства сторон. Поэтому изучению режима грунтовых вод зоны подтопления и ближайшего к плотине района нижнего бьефа должно быть уделено должное внимание. Это является тем более обязательным, что на основании одного лишь изучения существующего режима грунтовых вод в ряде случаев может быть установлен прогноз высоты поднятия грунтовых вод при подпоре.

Так как изучение режима грунтовых вод и зависимости его (режима) от поверхностных водоемов приобретает ценность лишь при длительных наблюдениях, то цикл стационарных гидрогеологических наблюдений, начатый в стадии схемы, должен быть продлен и расширен тем в большем масштабе, чем крупнее сооружение, чем гуще заселен прибрежный район, чем больше в нем сооружений промышленного значения и чем ценнее территория с точки зрения ее современного сельско-хозяйственного освоения. Особое значение гидрогеологические стационарные наблюдения приобретают для водохозяйственных расчетов на тех реках, где поверхностный расход в засушливое или зимнее время падает до нуля, а подрусловой расход приобретает относительно значительный масштаб.

Основные створы (участки) наблюдений должны располагаться:

- 1) один в верхнем бьефе,
- 2) один на узле сооружения; целесообразно этот створ совместить с осью плотины,
- 3) один в нижнем бьефе.

Количество наблюдательных пунктов (шурфов или буровых скважин) на каждом створе определяется крутизной берегового склона на отметках от меженного до проектного горизонта воды в водохранилище и литологическим составом пород; должно быть учтено также и то обстоятельство, что вне зоны подпора, по линии

створа следует заложить минимум 1—2 шурфа или скважины. Ориентировочное количество выработок может быть принято равным 3—6 на каждом берегу. В то время как шурфами лишь обнажается водоносный горизонт, буровыми скважинами он проходит до подстилающего слоя.

Наблюдения за уровнем воды обычно производятся через 5 дней, с одновременным замером температуры воды; в период паводков наблюдения производятся 3 раза в день. Сеть наблюдательных скважин и шурфов в высотном отношении должна быть увязана с реперами водомерных постов открытых водоемов.

В особую группу должны быть выделены наблюдения в районах развития оползневых и карстовых образований, к изучению которых следует приступать уже в стадии схемы.

Программа стационарных наблюдений разрабатывается на основании тех выводов, которые будут получены в результате камеральной обработки полевых материалов наблюдений, выполненных в стадии схемы. В первую очередь должно быть учтено возрастное отношение оползней, взаимоположение оползающих пластов и их стратиграфия в нормальных разрезах и роль грунтовых вод.

Дальнейшие наблюдения должны внести полную ясность в движение грунтовых вод, их связь с поверхностными и атмосферными водами, а также деформацию берегового склона и консистенцию слагающих склоны пород как в ненарушенной зоне, так и в смежных массивах.

Параллельно с проходкой дополнительных шурфов и штолен, посредством которых выявляется деформация склона, отбираются образцы пород для лабораторных определений пористости, удельного и объемного веса, капиллярной влагоемкости и естественной влажности.

В закарстованных участках стационарные наблюдения за режимом грунтовых вод и связью последнего с открытыми водоемами продолжаются и в стадии проектного задания, причем периодическим опробованием воды устанавливается количество выносимых частиц как под механическим, так и под химическим воздействием воды.

Сеть наблюдательных пунктов назначается в зависимости от данных, полученных в стадии схемы.

При изучении явлений просадок в суглинках и лессах устанавливаются стационарные наблюдения за режимом грунтового потока, с одновременными наблюдениями за открытыми водоемами и с учетом метеорологических факторов. Наблюдательные шурфы и буровые скважины закладываются по створам перпендикулярным открытым дренам (рекам, балкам, оврагам) на расстоянии 50—100 м.

Замеры уровней воды и температуры производятся 1 раз в 5 дней, за исключением периодов паводков в прибрежной полосе, когда наблюдения производятся ежедневно.

Опробование воды производится через 10—15 дней.

4. ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ

Хотя в стадии проектного задания в основном решается преимущественно принципиальная сторона строительства, а не детали ее технического выполнения, тем не менее, во многих случаях программы исследований должны предусматривать известный объем опытных работ и на данной стадии проектирования.

Необходимость постановки опытных работ имеет место в таких случаях:

а) когда речь идет об устройстве плотины на галечно-песчаном или галечниковом основании, где фильтрационные потери могут достичь размеров, угрожающих сооружению. В этом случае необходимо заложить опытный участок для определения коэффициента фильтрации, состоящий из 1 опытной и 4—8 наблюдательных скважин, расположенных по взаимно-перпендикулярным лучам. Глубина скважин определяется глубиной залегания водонепроницаемого слоя, подстилающего сильно фильтрующие породы;

б) при проходке колонковым бурением коренных пород скального типа с резко выраженной трещиноватостью; в данном случае необходимо опробование буровых скважин на водопоглощение путем применения тампонирующих приборов. Это тем более обязательно, что возврат к такому опробованию в следующей стадии, из-за ликвидации пройденных скважин, невозможен и требует проходки новых скважин;

в) при опробовании на водопоглощение закарстованных пород на участках под сооружение и в чаше водохранилища опытные работы необходимы, чтобы дать количественную характеристику возможных потерь из водохранилища, а также установить путем сравнения химических анализов воды и определения механических в ней примесей, процесс современной активности карста.

Опытная площадка с заложением шурфов или скважин колонкового бурения должна быть запроектирована в верхнем бьефе, а отдельные наблюдательные скважины в нижнем бьефе. Подача воды в опытную скважину под напором, равным проектному, производится с учетом топографии района исследований. В сеть наблюдений должны быть включены источники как постоянные, так и вновь появившиеся.

В случае ожидаемого значительного водопоглощения должны быть предусмотрены опытные работы по уплотнению или заполнению карстовых пустот глинистым раствором, песком и гравием.

В отдельных случаях при возведении сооружений на глинистых грунтах, когда необходимо учесть величину осадки сооружения, опыты по вертикальным нагрузкам проводятся штампами 3-х различных сечений в опытных шурфах на отметках фундамента для основных сооружений. Длительность одного штампо-опыта определяется в среднем 5—6 сутками.

5. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Физико-механические свойства грунтов играют в ряде случаев решающую роль для оценки грунтов в отношении допустимых на них нагрузок и в отношении качества грунта, как строительного материала, для тела плотины. Эти факторы, в свою очередь, отражаются на выборе типа конструкции, а следовательно и на стоимости сооружения.

Так как техническая оценка указанных грунтов возможна в большинстве случаев лишь путем лабораторной обработки, то программой работ в стадии проектного задания должен быть предусмотрен соответствующий объем лабораторных исследований. К числу необходимых определений следует отнести:

- 1) гранулометрический анализ пород,
- 2) естественную влажность,
- 3) удельный вес,
- 4) объемный вес,
- 5) пористость,
- 6) число пластичности,
- 7) максимальную молекулярную влагоемкость,
- 8) капиллярную влагоемкость,
- 9) коэффициент фильтрации,
- 10) зависимость пористости и коэффициентов фильтрации от давления.
- 11) угол естественного откоса в состоянии естественной влажности и под водой,
- 12) угол внутреннего трения,
- 13) сцепление,
- 14) химический состав пород (главным образом в отношении наличия легкорастворимых солей),
- 15) химический состав вод (в частности, определение пригодности воды для питьевых и технических целей и установление степени агрессивности при действии на бетон),
- 16) петрографический состав пород,
- 17) палеонтологические определения.

Объем лабораторных исследований (как инженерных, так и химических) зависит как от числа разведочных выработок и их глубины, от количества обнажений, из которых отобраны образцы, так и от пестроты петрографического и механического состава количества водоносных горизонтов и открытых водоемов, из которых должна быть опробована вода.

Лабораторными исследованиями должны быть комплексно изучены типовые разности пород по своим физико-механическим свойствам.

Количество образцов, которые следует подвергнуть лабораторным исследованиям, может быть рекомендовано следующее: для анализов, указанных в шп. 1—8 и 16, 5—10% всех образцов, для шп. 9—13 — по 5—10 определений и для шп. 14, 15 и 17 — по 20—30 анализов на каждый узел сооружений.

В случае скального основания под сооружение, лабораторные исследования производятся над образцами пород для определения временного сжатия на кв. см в сухом и насыщенном водой состоянии и для определения морозоустойчивости. Эти же исследования необходимы для камня, идущего в кладку и для приготовления бетона.

6. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Большинство геологических исследований выполнимо лишь при наличии соответствующей топографической основы. Последняя как в отношении масштабов, так и сроков представления в распоряжение геолога, должна отвечать требованиям правильной постановки геологических исследований.

В частности, в отношении рельефных карт чаши водохранилища со стороны геолога предъявляется требование, чтобы заснятая площадь не ограничивалась бы горизонтально подпора, а охватывала бы как минимум весь склон берега.

Все основные топографические работы, как-то: триангуляция, мензуральная или теодолитная съемка, нивелировка магистралей, поперечников, трасс каналов и туннелей, выполняются по программам и сметам топографических изысканий.

Программами и сметами геологических исследований должно быть предусмотрено выполнение работ в пределах узлов сооружений, отдельных профилей и отдельных сооружений, участков месторождений строительных материалов для плановой и высотной привязки разведочных выработок и обнажений пород, источников, наблюдательных скважин и колодцев по изучению режима грунтовых вод.

7. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

В результате обработки материалов полевых исследований, опытных работ, стационарных наблюдений и лабораторных испытаний, произведенных для данной стадии проектирования, а также на основании литературных данных и результатов исследований прошлых лет, в проекте должны быть представлены:

- 1) геологический отчет и
- 2) заключение по инженерно-геологическим условиям участков сооружений.

Геологический отчет должен представлять систематизированную сводку по геологии района; в отчете должны быть освещены следующие вопросы, как разделы отчета:

- а) геоморфология района,
- б) гидрография,
- в) стратиграфия,
- г) тектоника (и сейсмичность),
- д) литология,
- е) гидрогеология,

ж) месторождения строительных материалов и других полезных ископаемых,

з) стационарные наблюдения,

и) опытные работы,

к) лабораторные исследования,

л) выводы,

м) перечень выполненных работ (геологическая, гидрогеологическая и литологическая съемка, разведочные выработки, опытные выработки, пункты стационарных наблюдений),

н) список использованной литературы и материалов,

о) приложения: графический материал, ведомости стационарных наблюдений, таблицы опытных работ и ведомости аналитической обработки.

В заключении по инженерно-геологическим условиям участков должны быть даны ответы по следующим разделам:

а) основание гидросооружений,

б) береговые примыкания плотин и дамб,

в) трассы водосливных сооружений и шлюзов,

г) условия фильтрационных потерь по узлу сооружения,

д) трассы деривации,

е) участки отдельных сооружений,

ж) чаши водохранилищ и возможные потери воды,

з) магистральные ирригационные каналы,

и) массивы орошения,

к) данные по обеспеченности строительными материалами,

л) сравнение вариантов отдельных створов или трасс и

м) выводы с указанием более благоприятных по инженерно-геологическим условиям вариантов.

III. ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ

В стадии технического проектирования циклом геологических исследований охватываются площадки узлов сооружений, чаши водохранилищ, массивы орошения или обвалования, окончательно выбранные на основании проектного задания по данной проблеме, рассмотренного и утвержденного в соответствующих инстанциях. В этой стадии должны быть освещены также и участки ответственных вспомогательных сооружений, ж. д. переходов, временных тепловых станций и т. п.

На данной стадии проектирования требуется детализация исследований в значительно больших размерах, чем в предшествующих стадиях. Такая детализация заключается не только в уточнении мест расположения сооружения (в пределах данного участка), но и в отношении высотных отметок заложения фундамента, отметок будущего подпора, отметок дна каналов.

Особое значение в данной стадии проектирования приобретают опытные работы и лабораторные испытания, на основании которых даются проектировщику расчетные величины (по осадкам грунтов, фильтрации и пр.).

В результате произведенных под технический проект исследований и проработки полученных материалов должны быть получены исчерпывающие данные об инженерно-геологических условиях, гарантирующие правильное составление проекта и безошибочное решение в вопросах плана производства работ.

Технический проект является документом, по которому открывается строительный кредит по данной проблеме: смета к техническому проекту твердо определяет верхний предел строительной стоимости данного объекта.

Цикл геологических исследований для обоснования технического проекта, как и в предыдущих стадиях проектирования, разбивается на следующие виды работ:

- 1) геологическая съемка,
- 2) геолого-разведочные работы,
- 3) стационарные наблюдения,
- 4) опытные работы,
- 5) лабораторные испытания и определения,
- 6) топографические работы (как вспомогательные),
- 7) камеральная обработка материалов полевых исследований и лабораторных испытаний и определений.

1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

В зависимости от утвержденного проектного задания и с учетом ранее выполненных исследований, программой работ должна быть предусмотрена следующая съемка:

а) на ирригационных массивах и на площадях, подлежащих обвалованию размером свыше 100000 га — в масштабе 1 : 50000;

б) то же для площади менее 100000 га — в масштабе 1 : 25000;

в) то же на участках, требующих особой детализации (опытные поля, стационары) — в масштабе 1 : 10000.

Нужно оговориться, что во всех этих случаях масштаб съемки зависит также и от рельефа орошаемой территории, литологических и гидрогеологических особенностей района. Чем однообразнее природные условия, тем мельче может быть принят масштаб и наоборот;

г) по чаше водохранилища с охватом прибрежной зоны подтопления — в масштабе 1 : 50000 — 1 : 25000. Ширина прибрежной полосы, которая должна быть при этом заснята, зависит от наличия населенных пунктов, промышленных и транспортных предприятий и ценности сельскохозяйственных угодий. Одной из задач съемки является установление прогноза физико-геологических изменений в зоне подпора;

д) инженерно-геологическая съемка для отдельных участков зоны подтопления, требующих более детального изучения (преимущественно на участках, занятых городами или крупными промышленными предприятиями) — в масштабе 1 : 10000 — 1 : 5000;

е) детальная инженерно-геологическая съемка по узлам сооружений в масштабе 1 : 5000 — 1 : 2000;

ж) то же для очень малых площадок (узкие ущелья, места под водосливные плотины и гидростанции, отдельные сооружения и пр.) — в масштабе 1 : 1000.

2. ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Так как геологические исследования в стадии технического проектирования преследуют цель уточнения изучения рельефа и качества коренных пород, литологии наносов и пр. не только для гидросооружений, но и для объектов строительства подчиненного значения (не имеющих влияния на принципиальное решение о строительстве). — то программа геологоразведочных работ должна отразить все эти требования.

Детализация исследований требует от геолога — составителя программы и руководителя исследований — исчерпывающего знакомства с ранее накопленным материалом и с проектом.

Подходя к отдельным объектам исследований, в первую очередь коснемся тех, которые были перечислены в стадии проектного задания, а затем уже рассмотрим и те объекты, которые включаются в программу лишь в стадии технического проекта.

а) Створ плотины.

В том случае, когда имеется уверенность, что намеченное направление оси плотины по данным исследований для проектного задания не вызывает никаких возражений, дополнительные разведочные работы производятся по оси плотины и по двум параллельным створам. Если же имеются основания найти более выгодное расположение оси, то неизбежны разведочные работы по новым створам на данном участке.

Наиболее часты такие случаи, когда речь идет о сложном рельефе скального основания и об изменчивой верхней толще скалы, которая ввиду разрушенности или сильной трещиноватости должна подлежать выемке при заложении фундамента. Последние два фактора могут резко повлиять на количество бетона, загружаемого в основание сооружения. Вызываемые дополнительными исследованиями расходы могут быть с излишком покрыты экономией при уменьшении бетонной кладки.

В таком случае необходимо предусмотреть контрольные створы для окончательного выбора оси плотины (для чего закладывается 3—5 буровых поперечников), а также детальные разведочные работы по окончательно выбранной оси плотины и двум ближайшим к ней створам.

Для скального основания со сложным рельефом (изверженные породы, кристаллические и метаморфизированные сланцы при крутом падении пород, осадочный комплекс разнородных по твердости пород при крутом падении пластов), расстояние между створами определяется от 30 до 100 м; между скважинами в пойменной части долины по оси плотины — 10—30 м, а на параллельном створе — 20—50 м. На примыканиях расстояния между скважинами можно назначать в пределах 30—60 м.

В отношении определения глубин скважин необходимо учесть, что, как правило, геологическая структура района и участка сооружения должна быть с достаточной полнотой освещена уже в предшествующих стадиях проектирования.

Разведочные выработки в стадии технического проектирования преследуют в основном цель уточнения геологического строения и качества пород в пределах глубин заложения фундамента сооружений и зоны, связанной с фундаментом. Эти исследования должны осветить, в частности, возможность уплотнения мягких пород при возведении тяжелых сооружений и условия цементации скальных трещиноватых пород. Само собой разумеется, что не все скважины должны быть запроектированы до предельных глубин. Если речь идет о толщах сжимаемых пород под основанием плотины, то всю мощность, которая находится в сфере сжатия, достаточно пройти двадцатью—тридцатью процентами общего количества скважин.

В случае скального основания, основная масса скважин приходится на глубины, обеспечивающие точную характеристику основания, и лишь часть скважин углубляется на 20—40 м ниже, с целью изучения явлений фильтрации в более глубоких зонах.

В районах развития тектонических нарушений дополнительно проектируются разведочные штольни и шахты.

Последний метод разведки принимает более широкий масштаб при проектировании плотины на известняках.

Для иллюстрации объема и характера разведочных выработок по плотинам при наличии скального основания, укажем на ряд примеров главным образом при неблагоприятных геологических условиях.

1) Плотина Ariel на р. Lewis в штате Вашингтон.¹

Общая характеристика узла сооружения: плотина арочного типа; длина ее по гребню, включая гравитационную часть правобережья, — 496 м, при максимальной высоте 95,5 м и напоре 61 м. Паводочный водослив для пропуска воды 3520 м³/сек расположен в гравитационной части на правом берегу. Деривационный туннель длиной 445 м, сечением 7,6 × 7,6 м для пропуска 420 м³/сек воды в период строительства — расположен на левом берегу. Наконец, гидростанция расположена в нижнем бьефе.

В геологическом отношении участок долины р. Lewis, где расположен узел сооружений, представляет ущелье шириной у уреза воды 38—70 м, прорезанное в массиве базальта и андезита. Левый берег ущелья крутой и обрывистый, правый — более пологий. Разведочным бурением установлено, что здесь расположен древний водопад с отметкой дна на 22,5 м ниже современного уровня моря. Ширина каньона на данной отметке 16,8 м. Максимальная мощность аллювия 38 м. Состав аллювия: песок и гравий, в нижней части встречаются и валуны гранита, занесенные сюда в период развития порогов.

Выбор створа плотины, произведенный на основании предварительных исследований, состоявших в геологической съемке, в разведке геофизическими методами и бурении, был проверен путем постановки разведочных работ (в широком масштабе) по следующей программе (см. также рис. 2):

По 11-ти створам, расположенным перпендикулярно течению реки и отстоящим друг от друга на среднем расстоянии 33 м, а также и в некоторых дополнительных пунктах, было заложено 120 скважин гидравлического и колонкового бурения.

Скважины располагались в таком порядке: 37 на левом берегу, 40 в русле реки и 43 скважины на правом берегу. Общий метраж бурения равен 7930 м, что дает среднюю глубину скважины, равную 66 м. Кроме буровых скважин, были заложены и другие разведочные выработки — 12 шурфов, траншеи, штольни и расчистки общим протяжением порядка 700 п. м.

По густоте вертикальных разведочных выработок по понятным причинам первое место занимает русло реки; здесь расстояние между скважинами по профилям колеблется в пределах 10—20 м, одна буровая приходится на площадь 285 м².

¹ Ariel Dam—An Example of Modern Damconstruction Practice. Eng. News-Record 12/III 1931.

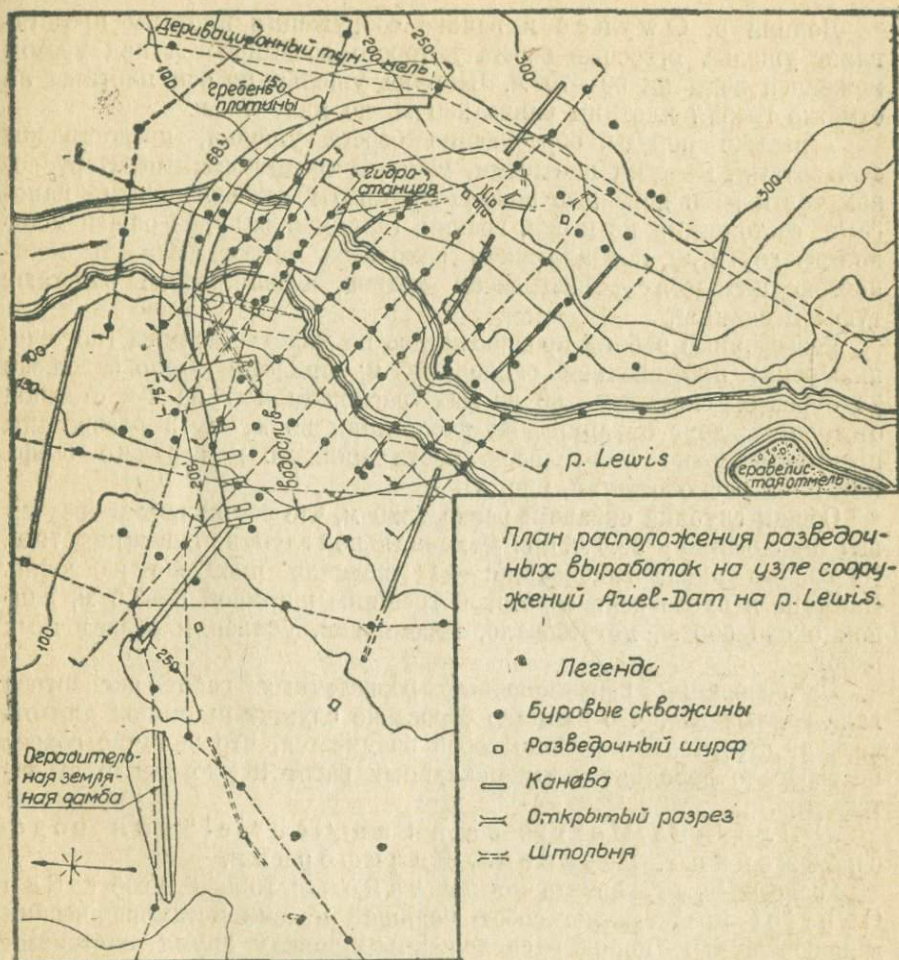


Рис. 2.

На правом берегу 16 скважин, т. е. 37%, расположены в районе водослива.

В результате столь тщательного геологического изучения участка сооружений, стоившего 150 000 долларов, ось плотины была смещена на 38 м выше ранее намеченного створа. Это смещение дало уменьшение объема бетона на 75 000 куб. ярдов, что при объеме бетонных работ 300 000 куб. ярдов составляет экономию в 25%, а в переводе на стоимость — около 600 000 долларов.

2) Плотина Оууеес на реке Оууеес, США.¹

Характеристика плотины: массивная арочно-гравитационная, высота от основания до гребня 123 м, длина по верху 260 м.

¹ Губин Ф. Ф. — «Современное гидростроительство США», 1934 г.

Долина р. Оуһее в районе сооружения плотины представляет ущелье, отвесные берега которого возвышаются над урезом меженной воды на 60—70 м. Ширина ущелья по оси плотины на отметке гребня плотины равна 230 м, по низу 70 м.

Коренные породы, образующие берега ущелья, представлены фельзитами, местами плотными, местами трещиноватыми. В русловой части реки коренные породы прикрыты аллювиальными наносами, состоящими из песка, гравия, гальки и валунов общей мощностью до 18 м; под аллювием находятся также фельзиты мощностью пятьдесят—шестьдесят метров, а еще ниже залегают туфы и сланцы.

Разведочные работы производились на участке долины (по течению реки) протяжением около 1000 м; при этом было заложено 73 буровых скважины, 60 из них располагались на 4-х створах, стоящих друг от друга на расстоянии 30 м, а 13 разбросаны преимущественно в русловой части нижнего и верхнего бьефа (см. план расположения, рис. 3).

Общая глубина скважин равна 2380 м, что составляет в среднем на одну скважину 32,6 м, при максимальной глубине скважины 79 м. Из общего числа 73 скважин—11 скважин пройдено наклонно. Наличие в русле реки сбросовой трещины шириной 3—3,5 м, длиной около 500 м, потребовало, несомненно, усиления разведочных работ.

На основании перечисленных разведочных работ экспертиза дала заключение, что наличие сброса не служит причиной для отказа от строительства. Само собой разумеется, что наличие сброса потребовало дополнительных скальных работ и удорожило строительство.

3) Плотина Morris на р San Gabriel¹ для водоснабжения г. Pasadena, Калифорния.

Геологическая характеристика района: горный хребет San Gabriel представляет собою большой массив метаморфических и изверженных пород расположенный между двумя системами сбросов San Andreas на севере Sierra Madre на юге.

Горный хребет в целом является горстом.

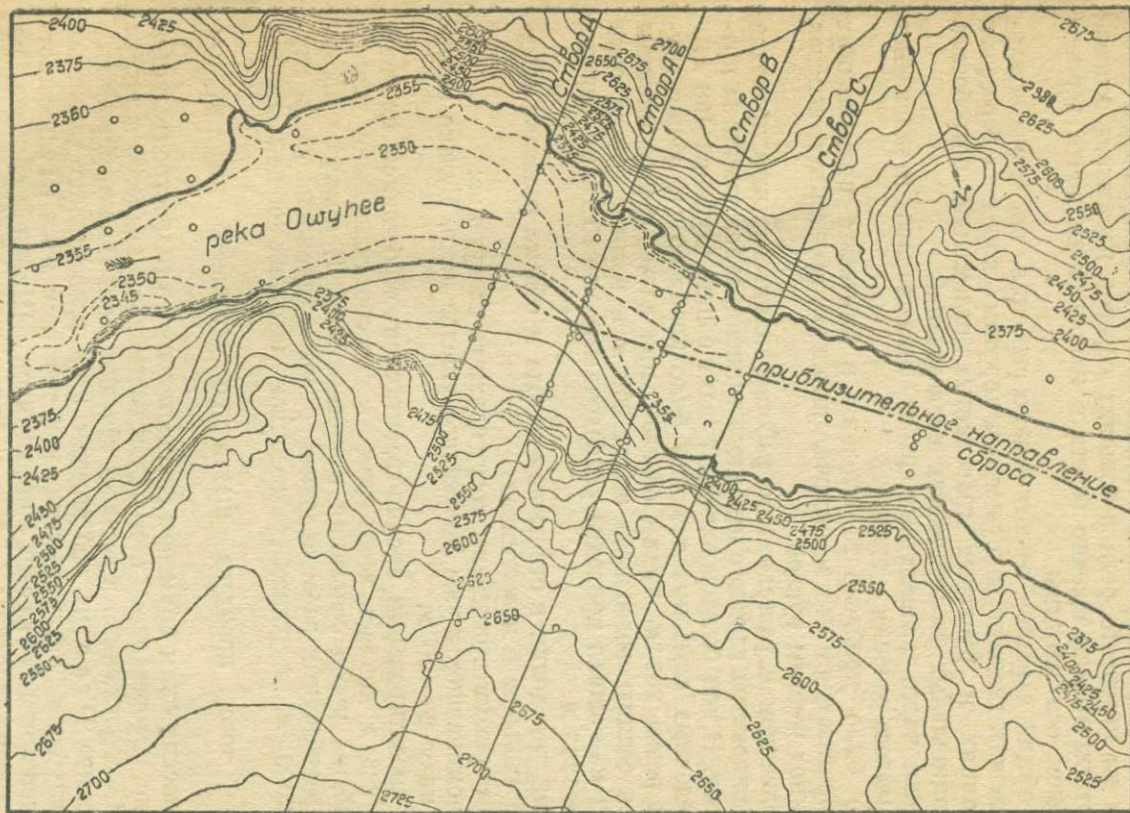
Основной массив пород горного хребта разбит системой второстепенных сбросов на серию глыб.

Участок плотины расположен в наиболее суженной части каньона San Gabriel.

Коренные породы представлены главным образом гнейсом и гранодиоритом. Местами последние пересекаются дайками аплита и диабаза.

Многочисленные незначительные сбросы, плоскости скольжения и трещины имеются на участке плотины. Однако, эти факторы не служат доказательством современных смещений.

¹ Morris S. B. A Concrete Gravity Dam for a Faulted Mountainous Area. Eng. News-Record. 27/XII 1935.



План расположения разведочных скважин
на участке плотины Оуыhee С.Ш.К.

Горизонталы
в футах

0 100 200 300 400 фута.

Рис. 3.

Отсутствие смещения в древних русловых отложениях гравия подтверждает факт, что смещения пород могли иметь место не позже, как в период времени порядка 10 000 лет тому назад.

Один из подобного рода небольших сбросов пересекает основание плотины вблизи правого берега в направлении почти перпендикулярном оси плотины.

Как общий характер геологического строения, так и значительная мощность делювия разрушенных коренных пород на береговых примыканиях и русловых гравелистых отложений потребовала самых тщательных геологических исследований.

Главная часть разведочных работ заключалась в заложении штолен малого сечения и шахт.

Всего было пройдено 23 штольни в береговых примыканиях общим протяжением 842 м, включая штольню, пройденную поперек каньона под речным руслом.

Дополнением к разведочным работам явилась также проходка первого километра главного отводного туннеля, заложенного на правом берегу. В нем были заложены 7 шахт общей глубиной 158 м.

Разведочных алмазных скважин было пройдено 11, общая глубина их равна 267 м. Таким образом, при длине гребня плотины (включая секцию водослива) около 200 м и ширине русла реки около 30 м — общая проходка разведочными выработками определяется в 1267 м.

Особый тип долин в отношении метода и объема разведки представляют каньоны в известняках.

Характерными примерами могут служить следующие:

1) упоминавшееся уже Черкейское ущелье на р. Сулаке шириной по низу 20—30 м.

При проектировании арочно-гравитационной бетонной плотины высотой 223 м явилась необходимость в особо тщательном изучении качества пород основания и примыкания. В процессе производства разведочных работ заложены буровые скважины общей глубиной 2000 м, а также разведочные штольни общей длиной 500 м.

Кроме того, пройдена шахта со штольной под руслом реки.¹

2) Классическим примером осуществленного гидростроительства в каньоне, прорезанном в толще известняков, является плотина Sauret, сооруженная в верхнем течении реки Дгас (Франция). Здесь долина Дгас на протяжении 1 км представляет типичный каньон глубиной 200 м, прорезанный течением реки в толще плотных тонкослоистых юрских известняков. Ширина каньона на отметке гребня плотины (+766 м) равна 80 м, а ниже, начиная с отметки +725 и до +635 м (дно каньона) колеблется в пределах от 8 до 20 м.

¹ Чичинадзе В. А. „Первоочередность гидростанций на Северном Кавказе“. Гидротехническое строительство, 1935 г. № 4.

Плотина, имея высоту (от основания до гребня) 126 м, является самой высокой плотиной, когда-либо построенной на известняках, и одновременно второй по высоте плотиной в Европе.

Основные разведочные работы заключались в проходке штолен в береговых примыканиях общей длиной 500 м, а также в проходке шахты глубиной 34 м на левом берегу, и со дна последней штольни длиной 32,5 м под руслом реки.

Несмотря на то, что в процессе исследования не было обнаружено никаких нарушений в напластованиях, в период строительства была произведена в высшей степени тщательная цементация пород как основания, так и береговых примыканий. Глубина скважины для цементации равнялась 30—60 м, общая проходка скважин 6000 м. Расход цемента 3000 т.¹

3) Плотина Ontelaunee, Филадельфия, США.

При устройстве диафрагмы для земляной плотины длиной около 820 м, при максимальной высоте 6 м, строителям пришлось встретиться с рядом неожиданностей и осложнений, несоответствующих масштабу сооружения. Причиной этих явлений оказалась недостаточная изученность как геологической съемкой, так и буровыми скважинами основания диафрагмы, образованного сильно размытыми с поверхности и кавернозными известняками, несмотря на значительный объем предварительных буровых работ.

В результате получились следующие расхождения в объеме работ:

	Проект	Действительность	Увеличение в %
Выемка скалы . . .	340 м ³	3580 м ³	1053
Бурение скважин для цементации . . .	1000 м	3190 м	319
Расход цемента . . .	200 т	2880 т	1440

При производстве цементации в 10 скважинах расход цемента на каждую превышал 60 т, а в одной из них достиг 212 т, т. е. превысил запроектированное количество на все основание.

В конечном счете, стоимость цементации получилась равной проектной стоимости всего сооружения.²

4) Примером крупнейшего сооружения при благоприятном геологическом строении скального основания и береговых примыканий является плотина Boulder на р. Колорадо в США.

Ущелье Black Canyon, где расположена плотина, образовано андезитами и андезитовой лапой и туфобрекчией. Берега возвышаются на 250 м над меженим горизонтом реки. Ширина ущелья по низу 100 м. Мощность аллювиальных образований,

¹ 1) Lugeon M. Barrages et Géologie, 1933.

² 2) Rich Th. Le Sautet Hydroelectric Development, Engineering, 23/VIII, 1935.

³ 3) Sutherland R. A. French Built High Dam in Narrow Limestone Canyon. Eng. News-Record, 21/XI 1935.

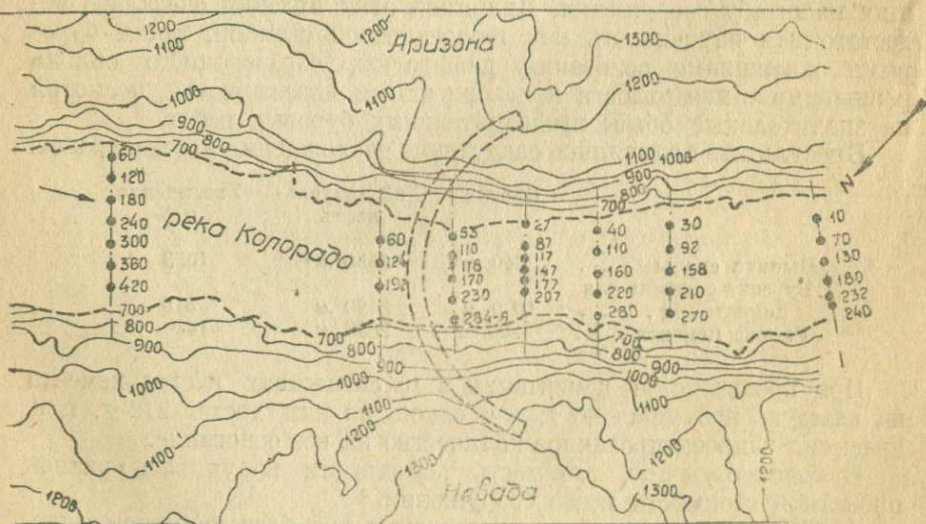
⁴ 4) Gannet F. Unmapped Erodet Limestone Complicates Corewall Job. Eng. News-Record, 5/XI, 1935.

состоящих из песка, гравия и валунов, достигает максимальной глубины 45 м.

При высоте плотины (от основания до гребня) 223 м, длине по требню 360 м и ширине у основания 198 м, разведочные работы заключались в проходке 38 скважин, расположенных на 7 поперечниках в русловой части долины. Расстояние между крайними поперечниками, соответствующими расположению осей временных перемычек, равно около 600 м, а между 5 средними — около 60 м. Расстояние между скважинами 10—25 м. Глубина скважин колеблется от 10 до 60 м, при проходке в скале 3—15 м. Одна скважина (39-я), расположенная на террасе левого берега, была углублена до 175 м (см. рис. 4).¹

План расположения буровых скважин
на площадке плотины Вулдер.

0 100 500 футов.



● Буровые скважины
горизонталы в футах

Рис. 4.

Переходя к рекам равнинного типа с широкими долинами и с преобладанием в основании плотин и их примыканиях осадочных коренных пород или рыхлых делювиальных и аллювиальных образований, отметим, что ввиду большего однообразия в геологическом строении разведочные выработки закладываются более разреженно.

¹ Губин Ф. Ф. Современное гидростроительство США. 1934.

Однако, и здесь расстояния между скважинами не должны превышать 50—75 м с тем, однако, чтобы на участках выявленных тектонических нарушений разведка производилась еще более тщательно. На береговых примыканиях расстояние между скважинами можно принимать от 75 до 200 м.

1) При проектировании бетонной Ярославской плотины на Волге, где фундамент должен быть заложен на юрских глинисто-песчаных отложениях, расстояния между разведочными скважинами принимались в 50 м.

Несмотря на относительно небольшую длину плотины — 568 м и при незначительном напоре — 10 м, на данной площадке потребовались разведочные работы в большом масштабе, так как рельеф коренных пород (юрских глин), в силу неравномерного размыва, отличался волнистостью, а сами породы, на которых должен был быть заложен фундамент сооружения, — крайне неравномерной мощностью (от 0,8 до 8 м).

В один только последний год технического проектирования (1934) по 8 поперечникам через Волгу и по трем профилям по шлюзу было заложено 158 буровых скважин общей глубиной 8084 м, из них 7990 м пройдено ударным бурением и 94 м — колонковым. Средняя глубина скважин 51,16 м, глубины отдельных скважин достигали 120 м.

2) Камгэсстрой. Узел сооружений состоит из следующих основных сооружений:

плотина при напоре 17 м длиной (створ Б)	600 м
гидростанция длиной	234 "
левобережная дамба протяженностью	1380 "
шлюз шириною	80 " ¹

Геологическая характеристика района сводится к следующему: коренными породами являются осадки пермской системы, представленные в верхней толще перемежающимися слоями слабых мелкозернистых песчаников, плотных трещиноватых глин, мергелей. Ниже залегают крепкие мергелистые трещиноватые известняки, тонкослойные известковистые мергеля и глинистые мергеля. В этих породах отмечено наличие небольших карстовых каверн и гипсовых включений. Ниже следует гипсово-доломитовая толща, представленная преимущественно ангидридами с включением мергеля и редкими вкраплениями гипса:

Аллювиальные отложения мощностью от 1 м до 20 м состоят в верхней части из суглинка, переходящего ниже в пески с галькой. Заложение основания плотины запроектировано на коренных породах ².

Ввиду неблагоприятных инженерно-геологических условий, разведочные и опытные работы приняли весьма крупный масштаб. По Левшинской площадке в период технического проектирования

¹ По материалам Гидроэнергопроекта.

² Веденев, Б. Е. „Плотины на Волге“, 1934 г.

1933—1935 г. по 9-ти поперечникам и 3-м продольным профилям пройдено 446 буровых скважин общей глубиной 15200 м, из них 3815 м ударным бурением и 11385 м — колонковым. Средняя глубина скважин 34,85 м. Если добавить проходку разведочных выработок в стадии схематического проектирования по Левшинскому и Добрянскому варианту по 4 поперечникам в количестве 113 буровых скважин общей глубиной 3354 м, то суммарный метраж при 559 скважинах выразится цифрой 18554 м.

3) Рыбинский узел сооружений. По 4-м створам: Волга, Шексна, Шунга, Маль за время 1933—35 г.¹ заложена 241 буровая скважина общей глубиной 4452 м.

4) По Свирьстрою. Геологические условия Нижне-Свирского строительства характеризуются следующими особенностями: основанием плотины являются пестроцветные перемежающиеся друг с другом пески и глины. При общей мощности девонских глин около 100—150 м, отдельные слои глин имеют мощность то несколько миллиметров, то 0,5—2 м.

Как глины, так и пески отличаются крупностью зерна, плотностью сложения и разной окраской. Характерна для этих пород также и трещиноватость. Пески насыщены напорной водой и это обстоятельство влияет на свойства всей толщи девона.²

Столь неблагоприятные условия для типичных недеформируемых сооружений вызвали необходимость в детальных разведках и большую потребность в стационарных наблюдениях и опытных работах. Всего по узлу сооружений было заложено более 200 скважин, три шахты глубиной 28 м и множество шурфов.³

5) Узел сооружений Fort Peck на реке Миссури, США (см. рис. 5).

Как по размерам строящихся сооружений, так и по типу конструкции плотины узел занимает в практике гидростроительства в условиях равнинной реки особое положение.

Основные сооружения узла такие: земляная намывная плотина длиной по гребню 2745 м, шириной у основания 876 м и по верху 30,5 м, при максимальной высоте над меженным горизонтом воды 73,7 м; левобережная дамба длиной 3507 м, 4 деривационных туннеля длиной от 1640 до 2212 м, диаметром 8 м, заложенных по правому берегу, и боковой водослив и водосливной канал длиной 3000 м.

Коренными породами являются плотные глинистые сланцы с тонкими прослойками бентонита. По своей структуре породы являются водонепроницаемыми. Однако, имеет место трещиноватость и многочисленные смещения пород, достигающие в отдельных случаях до 20 м, вызванные сбросами.

¹ По материалам Гидроэнергопроекта.

² Тимофеев, В. М. „Гидрогеологические данные о месте Нижне-Свирского сооружения“, Свирьстрой, 1932 г.

³ Графтио, Г. О. — Свирьстрой, 1934 г., ноябрь.

Исследованиями установлено, что зон сплошной трещиноватости, угрожающей уходу воды в песчаники, подстилающие сланцы, не имеется, тем более, что мощность сланцев достигает 300 м и выходы их прослеживаются на протяжении 175 км в восточном направлении.

Восточное примыкание плотины сложено главным образом сланцами, прикрытыми остатками ледниковых наносов.

Пойменная часть долины заполнена аллювиальными отложениями, состоящими из гравия, песка, ила и глины, достигающими

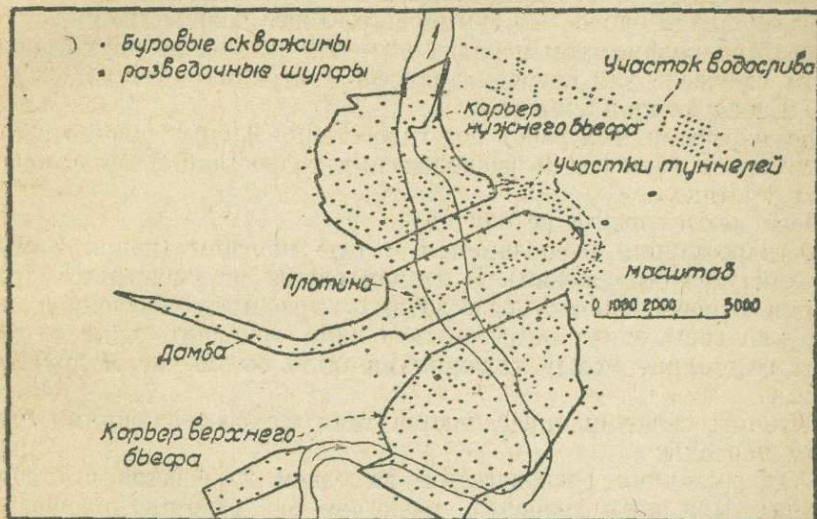


Рис. 5. План расположения разведочных выработок под основание плотины, под туннели, водослив и на карьерах строительных материалов для намывной плотины „Fort Peck“.

максимальной мощности 48 м и прикрывающими глинистые сланцы.

Западное примыкание с поверхности и до глубины от 38 до 51 м сложено ледниковыми наносами, состоящими из неравномерной, но плотной смеси гравия, песка и глины; ниже залегают доледниковые аллювиальные образования, представленные песками, илом и глинами; еще ниже лежат сланцы.

Разведочные скважины по оси плотины закладывались через интервалы 100 м. Параллельно оси плотины было заложено 3 поперечника в верхнем и 6 поперечников в нижнем бьефе на расстоянии 300 м друг от друга.

Так как основанием плотины являются аллювиальные отложения, то детальной мелкой разведкой требовалось определить мощность слоя глинистых пород («gumbo»), подлежащего свосу, объем которого определялся в 3 млн. м³.

Потребность в стройматериалах для намывной плотины объемом 75 млн. м³ вызвала необходимость в детальных разведках на двух

карьерах, расположенных непосредственно у плотины в нижнем и верхнем бьефе. На основании детальных литологических карт, составленных для различных глубин, являлась возможность в процессе строительства регулировать подачу того или иного стройматериала.

Участки туннеля и водослива также были освещены детальной разведкой.

Общий метраж бурения достиг 24620 м; при этом дополнительно 25 шурфами было пройдено 330 м. Учитывая, что на 1/V 1935 г. метраж проходки 18230 м относился к 657 законченным скважинам и составлял около 75% суммарного, общее количество скважин определится количеством порядка 850—900 шт; около двух третей из них заложено для изучения наносов и стройматериалов.¹

б) Гидростанция.

Объем разведочных работ под гидростанцией определяется в зависимости от размеров и расположения гидростанции по отношению к плотине.

Могут быть следующие случаи:

а) гидростанция располагается в теле плотины (напр., Камышинский узел сооружений). В данном случае на площадке гидростанции к основной сети разведочных выработок, заложённых по створу плотины, могут потребоваться лишь дополнительные с тем, чтобы расстояние между скважинами было бы 30—50 м друг от друга.

Глубины скважин определяются теми же соображениями, что и для плотины;

б) гидростанция располагается на одном из берегов в створе плотины. При этих условиях геологическое строение площадки освещается определенной группой разведочных выработок, располагаемых как по осям фундаментов стен, так и по осям фундаментов механических агрегатов, как наиболее ответственных участков в отношении сосредоточенной нагрузки.

При скальном основании глубины скважин намечаются гарантирующие на 5—10 м проходку в здоровой скале, а для рыхлых пород — определяются шириной сооружения, помноженной на коэффициент 1.2.

в) гидростанция располагается в нижнем бьефе непосредственно у плотины (установка *Boulder, Sautet*).

В данном случае схема проектирования разведочных работ аналогична случаю «б» с учетом размера сооружения.

г) гидростанция располагается вне узла плотины, на расстоянии нескольких километров или десятков километров от последнего, иногда в бассейне других рек; при этом и в высотном отношении смещение может иметь место на сотни и тысячи метров. Такие условия характерны для горных районов (Альпы, Кавказ, Средняя Азия и др. районы).

¹ Eng. News-Record 1935: 10/1; 9/V; 29/VIII.

Естественно, что площадка гидростанции может находиться в совершенно иных геологических условиях, чем участок плотины, а потому и схема разведочных работ здесь принимает самостоятельный характер. Здесь разведочные работы не должны ограничиваться площадкой, на которой производится разведка по схеме «б». Они должны проводиться дополнительно на площади, охваченной инженерно-геологической съемкой, а также и по оси отводного канала, где проектируются скважины через 50—100 м и буровые поперечники (по 3 скважины) через 100—200 м.

д) гидростанция находится в подземной выработке.

Основным условием такой конструкции, помимо экономических предпосылок, должно являться благоприятное геологическое строение, а потому основную разведку необходимо проектировать в форме проходки штольни с дополнительными из последней скважинами в разные стороны.

Примерами такой установки являются:

1) запроектированная на Кавказе гидроустановка Храм мощностью 90000 квт при напоре 424 м. Гидростанция расположена в горной выработке в гранитном массиве.

2) Сооруженная во Франции на р. Брим гидростанция мощностью 167000 квт, расположенная в выработке высотой 29 м и в плане 75×22 м.¹

в) Боковой (береговой) водослив и водосливной канал.

Разведочные работы проектируются по оси водослива через 20—40 м (с учетом выполненных при исследовании в стадии проектного задания), а по оси водосливного канала — как в подводящей, так и отводящей его части — через 50—100 м с заложением поперечников по 3—5 скважины через 100—200 м.

При определении проектных глубин выработок необходимо руководствоваться теми же соображениями, что для гидростанции и плотины, с учетом глубины фильтрации и необходимости цементации в трещиноватых скальных породах.

г) Деривационный канал.

Разведочные работы проектируются по окончательно выбранной трассе на основании данных проектного задания с предварительной разбивкой трассы канала в натуре. Разведочные выработки закладываются по оси канала на расстоянии 100—250 м и по поперечникам по 3 выработки через 250—500 м.

Наиболее сгущенная разведка требуется при трассировке канала по склону долины, образованному делювием, так как в данном случае возможна наибольшая пестрота литологического состава пород и наименьшая их устойчивость (сползание, просадка и пр.). Глубина выработок определяется не только глубиной канала и добывочной проходкой 10—15 м ниже отметки дна его, но и необходи-

¹ Зуратов, Г. Г. и Бугаева, О. Е. — Гидротехнические туннели. I часть, 1934 г.

мостью для полного освещения геологических и гидрогеологических условий отдельными скважинами войти в коренные породы (через промежутки по трассе в 500—1000 м).

Если при трассировке канала выше отметок заложения дна канала будут встречены и скальные породы, то верхи таковых должны быть разведаны главным образом шурфами с целью выяснения объемов скальной выемки, а также и тех инженерно-строительных мероприятий, которые могут быть вызваны разрушенностью, раздробленностью и сильной трещиноватостью пород.

При необходимости проектирования на деривационном канале сбросов, акведуков, сифонов и пр. участки этих сооружений должны быть освещены дополнительными исследованиями, как площадки отдельных сооружений, о чем будет указано ниже.

д) Деривационный туннель.

Роль деривационного туннеля для гидростроительства была охарактеризована в главе II.

Разнообразие геологических условий, в которых может проходить трасса туннеля, имеет решающее значение для оценки строительной стоимости последнего.

Так как литологический состав пород, который выявлен при производстве геологической съемки и редкой разведке в стадии проектного задания, не гарантирует однородности технических свойств пород, то разведочными работами должны быть уточнены особенности пород в отношении сопротивления выемке, производимому давлению пород (устойчивые, подвижные и проч.), водоносности и пр.

Методами разведочных работ должны явиться электроразведка, бурение, шурфы, штольни.

Пункты наблюдений для электроразведки целесообразно наметить по трассе туннеля через 50—60 м и разбить ряд поперечников с такими же расстояниями между пунктами.

Расстояния же между буровыми скважинами можно запроектировать в 100—200 м. В зонах тектонических нарушений, на склонах, покрытых делювием, скважины заменяются штольнями.

Глубина разведочных скважин определяется отметками заложения дна туннеля и дополнительной проходкой 10—20 м как в целях изучения возможных (ожидаемых) деформаций в породах, так и в отношении изучения вопроса потребности цементации в скальных трещиноватых породах.

В следующих примерах будет отмечена роль разведочных работ при трассировке туннелей.

1) Деривационный туннель гидроустановки *Lièvre* в Канаде (рис. 6 и 7).

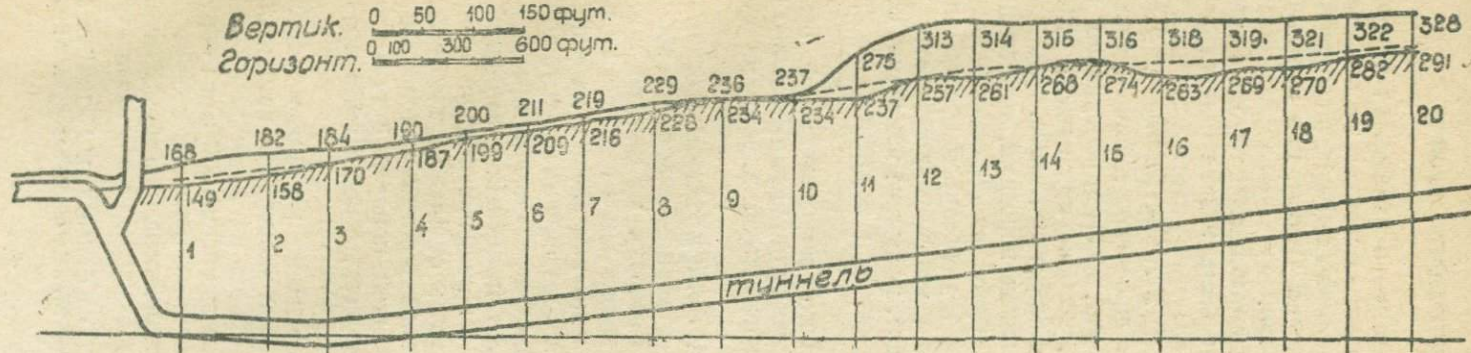
В геологическом строении района принимают участие докембрийские и палеозойские осадки, прикрытые главным образом ледниковыми отложениями, состоящими из валунов, песков и глин.

Длина туннеля, расположенного на левом берегу реки, равна 1500 м.

Туннель Lievte

Масштаб:

Вертик. 0 50 100 150 фут.
Горизонт. 0 100 300 600 фут.



Условные обозначения:

- ||||| Положение коренной породы по данным бурения
- Положение " " " " электро-разв.
- 1-20 Контрольные буровые скважины
- 168 } Отметки в футах
- 149 }

Рис. 6.

Разведочные работы состояли в заложении 63 наблюдательных пунктов электроразведки (электробурение), на основании чего была составлена карта изогипс коренных пород, послужившая ориентировкой для выбора направления трассы, и в контрольном бурении 20 скважин по трассе туннеля.

Данные электроразведки в отношении глубины залегания коренных пород в данном случае были весьма близки к данным бурения.¹

2) Гидроустановка *Sernf—Niederbach*, Швейцария.

К строительству туннеля проектной длиной 4,4 км, расположенного на левом берегу р. *Sernf*, было приступлено на основании геологического заключения, которое признавало условия как для плотины, так и для туннеля благоприятными.

Левый склон долины сложен породами, относящимися к двум системам: в то время как крутой склон выше плотины образован меловым флишем (песчаник и мергель) и скалы выступают непосредственно у берега, ниже плотины выступают конгломераты пермской системы «*veggisano*», покрытые наносами, которые в нижней части состоят из морены, а в верхней — из крупнообломочного делювия (щебень).

По данным геологического заключения, 4 вспомогательных штольни, заложенные перпендикулярно направлению борта долины, должны были встретить устойчивую породу на расстоянии (от устья) 200—250 м.

Когда штольни II, III, IV были пройдены соответственно на 320, 280 и 168 м, и на этих расстояниях как будто вошли в устойчивую породу, была начата проходка из каждой штольни туннеля в двух направлениях. В то время как в штольне IV наличие устойчивой породы было обнаружено немедленно, на участках штольни II—III устойчивая порода вскоре сменилась грубо-обломочным материалом, песчано-глинистым, часто песчаным и водоносным, что вызвало необходимость в применении забивной крепи.

На участке туннеля II—I на протяжении 80 м проходка велась в сильно трещиноватой скале; отдельные трещины, достигавшие ширины 2 м, были заполнены рыхлым материалом, насыщенным водой, или же сухой глинистой породой с галькой и валунами. Приток воды доходил до 50 л/сек, а когда было пройдено 140 м — увеличился до 117 л/сек.

После того как суммарно на всем участке туннеля было пройдено 625 п. м была образована экспертная комиссия, которая, изучив материалы и ознакомившись на месте работ с геологическим строением, признала наличие значительной зоны обрушения и указала на возможность современных подвижек пород. Работа по проходке туннеля была приостановлена и вспомогательные штольни

¹ Schlumberger C. et Léonardon E. G. Application de la prospection électrique à l'étude des projets de tunnels et de barrages. Annales des ponts et chaussées. 1932. II.

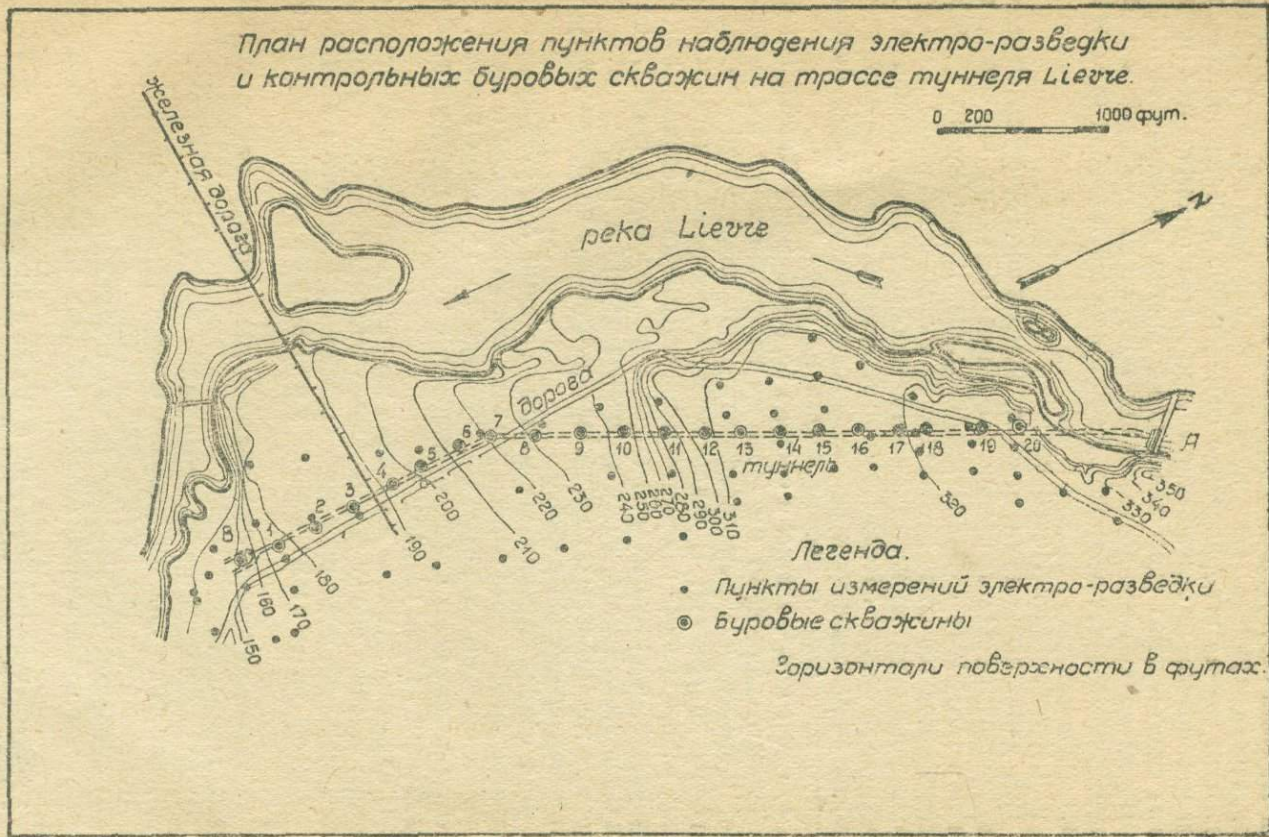


Рис. 7.

II и III были соответственно удлинены до 560 и 380 м. От этих новых забоев туннель был пройден в благоприятных условиях. В данном случае игнорирование своевременно поставленных исследований повело к осложнениям в процессе строительства и вызвало значительное удорожание работ против проектной сметы.¹

Недостаточные же исследования по трассам туннелей в США явились причиной следующих неожиданностей в период строительства:

3) *Colorado River Aqueduct.*

При длине забоя туннеля 60 м, заложенного от одной из шахт, углубленной на 244 м приток в среднем составлял 110 л/сек, достигнув 1/XII-1934 г. максимума 475 л/сек. Столь мощный приток вызывал неоднократное затопление не только туннеля, но и шахты. После установки соответствующего насосного оборудования и откачки воды общим объемом 665000 м³ решено было западный забой закрыть и приступить к работе в восточном, но и здесь повторилось то же самое, и насосы вышли из строя.²

4) *Coast Range Tunnel* в системе водоснабжения Сан-Франциско.

Туннель длиной 46 км (40,4 км восточная и 5,6 км западная часть) проложен в разнообразнейших по устойчивости породах от пльвуна до гранита. В основном же преобладали, мягкие песчаники, раздробленные глинистые и кристаллические сланцы. Помимо трудностей, вызываемых качеством пород, проходка туннеля осложнялась наличием газов. Сероводород вызывал беспокойство тем, что при значительных количествах действовал на зрение, являясь причиной временной слепоты.

Для обезвреживания же метана, который обнаруживали в отдельных гнездах, требовалось усилить вентиляционную систему для обеспечения подачи воздуха в туннель до 113 м³ в минуту. Несмотря на все меры предосторожности, в туннеле произошел взрыв, повлекший гибель 12 рабочих.

В одном из пунктов в туннель прорвался пльвун, заполнив его на протяжении около 800 м. После очистки туннеля от пльвуна вторично произошел прорыв в сравнительно меньшем размере.³

е) Водоприемники и уравнивательные сооружения.

В гидроустановках альпийского типа преобладает следующая схема деривации:

- 1) водоприемник из водохранилища или озера,
- 2) напорная или безнапорная штольня,
- 3) уравнивательная камера или шахта,
- 4) напорный трубопровод (к гидростанции).

По оси водоприемника закладываются разведочные выработки

¹ Schweizerische Bauzeitung, Bd. 6 № 1 от 6/VII 1935.

² Jarret Excessive Water and Running Ground Presents Hazard Jacinto Tunnel Construction. Western Construction News, Апрель 1935.

³ Leslie W. Stocker. Drilling and Lining the World's Longest Tunnel. Western Construction News, Февраль 1935.

через 30—50 м; глубина их определяется отметкой заложения дна водоприемника плюс дополнительная проходка (в случае наличия рыхлых пород) 5—10 м.

Разведочные работы по оси штольни намечаются в пределах программы, указанной для туннеля.

Напорные камеры или шахты устраиваются преимущественно в скальных породах и разведочные работы могут быть ограничены в первом случае двумя, а во втором — одной скважиной. Глубина последних определяется отметкой заложения дна или забоя.

Напорный трубопровод, достигающий длины нескольких сот метров, при прокладке по склону требует устойчивых опор. Разведочные выработки закладываются в пунктах заложения анкерных опор. При крутом склоне и наличии скальных пород разведка ведется шурфами; при пологом склоне, прикрытом мощным делювием, разведка производится буровыми скважинами. Глубина последних определяется глубиной залегания устойчивых коренных пород.

ж) Плотоходы и рыбоходы.

Разведочные работы производятся в объеме программ, предусмотренных по оси шлюзового канала. Означенные сооружения проектируются главным образом для низконапорных узлов сооружений.

з) Временные перемычки.

Как в случае устройства ряжевых, так и земляных перемычек основной задачей исследований является изучение литологии аллювиальных отложений и их коэффициента фильтрации, знание которого необходимо для расчета водоотлива из строительного котлована.

Временные перемычки в отдельных случаях достигают значительной высоты, являясь по существу глухими земляными плотинами, сооружаемыми на аллювиальных отложениях.

Так, например, перемычки плотины *Boulder* имеют следующие размеры):¹

Высота	30 м	(верхняя перемычка)	20 м	(нижняя)
Длина по гребню	146 м	"	107 м	"
Ширина в основании . .	262 м	"	168 м	"
Ширина по гребню	21 м	"	15 м	"

Ответственность этих сооружений требует разведочных работ по осям перемычек через 30—50 м в узких, горного типа долинах и через 100—200 м — в условиях равнинных рек. Скважины углубляются до коренных пород.

На основании разведочного бурения намечается опытная площадка для изучения коэффициента фильтрации, о чем будет упомянуто в главе «Опытные работы».

и) Мостовые переходы.

К моменту производства окончательных исследований должно быть составлено проектное задание по сооружению моста, чтобы

¹ Eng. News-Record. 26/XII. 1935.

иметь возможность детально изучить места заложения береговых устоев и русловых быков. Разведочное бурение под каждый береговой устой заключается в заложении 3-х скважин (или шурфов — при незначительной глубине наносов) по оси устоя; под быки же скважины закладываются как по оси моста, так и по оси быка, всего 5 буровых. Если имеются основания считать, что рельеф коренных (скальных) пород отличается наличием отдельных выступов, то буровые скважины закладываются также и вне быков, на расстоянии 10—20 м от последних. В случаях, когда предполагается скальное основание, бурение проводится на глубину 5—6 м и отдельными скважинами на 10 м в скале.

При наличии основания, сложенного песчано-глинистыми породами, бурение проводится ниже отметки заложения фундамента на глубину, необходимую для расчета осадок фундамента.

В узких ущельях, когда возможно применение одноарочных конструкций,¹ исследования производятся под устои арок путем заложения 2—3 скважин на каждой площадке.

к) Путьевые подходы к ж. д. мостам и к гидросооружениям.

В случае сложного рельефа поверхности и пестрого состава литологии пород, для определения трасс подходов и объема земляных и скальных работ разведочное бурение производится через 50—150 м; кроме того, через 200—300 м закладываются поперечники по 3 скважины.

л) Крупные вспомогательные береговые сооружения.

В большинстве случаев крупное гидростроительство требует сооружения ряда вспомогательных сооружений значительного масштаба, к которым могут быть отнесены:

1) временная тепловая электростанция, задачей которой является обслуживание энергией механизмов электростроительства и освещение как строительной площадки, так и служебных помещений и жилых домов рабочих и служащих;

2) цементные заводы, которые могут возникнуть при наличии сырья и дальнейших перспектив сбыта цемента после окончания гидростроительства;

3) камнедробильные заводы;

4) бетонные заводы;

5) механические мастерские (или ремонтный завод);

6) водонапорные башни;

7) башни электропередач (с одного берега реки на другой);

8) крупные гражданские сооружения (управление строительства и пр.).

Для всех этих сооружений требуется разведка основания. Количество буровых скважин, в зависимости от размеров участков и

¹ Пролет одноарочного мостового перехода Днепростроя через Старый Днепр равен 224 м.

геологического строения, колеблется в пределах от 3-х до 10-ти. Глубины буровых скважин определяются отметками заложения фундаментов и их шириной.

м) Чаша водохранилища.

Более уточненное изучение инженерно-геологических условий чаши водохранилища в стадии технического проектирования относится к области количественного определения потерь воды из водохранилища, так как общая характеристика геологии чаши дается на основании исследований в стадии проектного задания.

Отказ от произведения на отдельных участках водохранилища съемок крупного масштаба и специальных разведочных работ может повести иногда к большим неожиданностям и осложнениям при наполнении водохранилища водой.

Необходимость специальных разведочных и опытных работ особенно остра, когда породами, подстилающими речной аллювий и делювий склонов, являются известняки (независимо от возраста), доломит, гипс, ангидрит, т. е. породы легкорастворимые под влиянием механического и химического воздействия воды.

Примером недооценки роли известняков как пород, образующих ложе и берега речной долины, может служить водохранилище *Samarasa* на р. *Noguera Pallaresa* в Испании.

Наличие кавернозных средне-юрских доломитизированных известняков в чаше водохранилища, а также нескольких источников на месте проектируемой плотины и в нижнем бьефе, были отмечены при производстве предварительных геологических исследований, но уточнение исследований перед сооружением плотины не производилось. Последствия такого положения не замедлили сказаться при заполнении водохранилища.

При высоте плотины 92 м и отметке гребня + 377 м проектный напор равнялся 83 м.

Первые заметные потери воды были обнаружены при заполнении водохранилища до отметки + 331 м. Вторичное усиление утечки наступило при заполнении чаши до отметки + 341 м и следующие на отметках + 350 и + 364 м.

Выходы источников в нижнем бьефе располагались по фронту 1200 м, отстоящему от оси плотины на 400—500 м.

Расход отдельных источников доходил до 3 м³/сек, а суммарно потери воды из водохранилища в феврале 1927 г. достигали 11.26 м³/сек, увеличиваясь ежегодно, считая с момента окончания строительных работ в ноябре 1920 г., на 5%.

Вновь организованными исследованиями выявлено, что в водохранилище площадь доломитизированных известняков средней юры равнялась 500—600 тыс. м². Порода напоминала собою губку.

Для борьбы с утечкой воды были организованы работы по цементации для образования водонепроницаемой завесы по створу осплотины по их береговым туннелям общей длиной 1209 м.

Буровые скважины глубиной от 112 до 394 м проходились до непроницаемых мергелистых известняков лейаса.

Работа по цементации (с февраля 1927 г. до сентября 1931 г.) потребовала:

проходки бурением в бетоне	1251,6 м
" " в скале	48369,4 "
скважины заброшенные	261 "
повторное разбуривание	82118 "
<hr/>	
Всего 224 скважины	132000 м
Расход материалов:	
цемент	40734,3 т
шлака	19075,0 "
песка и гравия	129516,0 "
древесных опилок	112 "
волокон асбеста	10 "
асфальта	770 "
<hr/>	
Всего	190817,3 т

Учитывая 5% нарастания, потери в сентябре 1931 г. составили бы 13895 м³/сек.

Предпринятыми работами они были снижены на 81,25% и составляли к этому сроку около 2,6 м³/сек.

Несмотря на благоприятный результат работ по цементации, последние на этом этапе были приостановлены по соображениям экономического порядка.¹

Необходимо отметить, что для водохранилища существенную роль играет не абсолютная величина потерь воды, а относительная, а также и динамика роста потерь. Последнее обстоятельство указывает на расширение путей, по которым происходит утечка воды, а это в конечном счете должно привести к катастрофе.

н) Насосные станции ирригационных систем.

Насосные станции состоят из следующих основных сооружений: водоприемника, подводящего канала, отстойного бассейна, здания насосной станции и напорного трубопровода. При последовательном расположении сооружений участок такого комплекса достигает в длину нескольких сот метров при ширине в несколько десятков метров.

Задачей геолого-разведочных работ является выявление литологических и гидрогеологических особенностей района. Разведочные выработки проектируются по оси сооружения через 30—50 м, а по поперечникам через 50—75 м; кроме того, по контуру здания через 20—30 м. Глубина разведочных выработок определяется отметками заложений фундаментов зданий, а по трассе напорного трубопровода — отметками заложения анкерных опор. Количество необходимых выработок колеблется в зависимости как от особенностей геологического строения, так и от масштабов сооружений.

¹ Lugeon M. Barrage et Géologie 1933 г.

Для иллюстрации отметим, что насосные станции для ирригации Заволжья запроектированы в следующем количестве и следующих мощностей.

По проекту проф. А. В. Чаплыгина.

а) Перекачечные насосные станции на каналах: расход от 10 до 100 м³/сек, манометрическая высота — 30—60 м, число агрегатов — 4—8, установленная мощность — 4600—88000 квт.

б) Основные станции на Волге: расход — 50—100 м³/сек, манометрическая высота — 30—60 м, число агрегатов — 4—8, мощность — от 22000 до 88000 квт.

По данным Нижневолгопроекта: расход от 1.3 до 91.3 м³/сек, манометрическая высота — 4—97 м, число агрегатов — 3—6, общая мощность от 195 до 48000 квт.¹

Само собой разумеется, что при оценке основания для фундаментов должна быть учтена и динамичность нагрузок на грунт, особенно для мощных установок.

в) Ирригационные каналы.

В стадии технического проектирования разведочные работы должны производиться по трассам магистральных каналов и распределителей, разбитым в натуре.

Разведка же по массиву орошения в основном проводится при гидрогеологической съемке соответствующего масштаба.

Так как для проектирования необходимо знать кроме литологического и гидрогеологического разреза также и физико-механические свойства грунтов в ненарушенном состоянии, то разведочные выработки закладываются в таком порядке:

1) по оси канала — через 1 км, скважина глубиной 15 м, в промежутке через 0.5 км скважина глубиной 10 м и в промежутке между скважинами через 0.25 км шурф глубиной 3—5 м.

2) Поперечники закладываются через 1—2 км по 3 скважины (включая центральную на оси) глубиной 15 м.

Такая схема является, само собой, ориентировочной для подсчета объема работ, а расположение выработок уточняется на основе литологической карты района. При однообразии литологического строения возможны большие расстояния между разведочными выработками, а при более пестром литологическом составе пород на отдельных участках, возможно потребуются и более густая сеть выработок. Необходимо учесть, что нередко оросительные каналы проходят по склонам долин в мощном делювии, тогда здесь как и для деривационных каналов неизбежна и более глубокая разведка, определяемая отметкой заложения основания и дополнительной проходкой 5—10 м в случае наличия мягких отложений.

Сечение каналов иногда столь значительно и расход их столь велик, что по существу речь идет иногда о довольно мощном водном потоке, который стремится проложить себе новый путь, а по-

¹ Стащук, И. Т. — Способ определения стоимостей насосных станций и гидростанций. Гидротехническое строительство, № 10, 1935 г.

тому необходимо довольно детальное изучение трассы таких каналов.

п) Шлюз-регулятор.

Одним из основных сооружений на канале, отводящем непосредственно воду из реки или водохранилища, является его головное сооружение — шлюз-регулятор.

Здесь разведочные работы проводятся по оси шлюза и вдоль его стен через интервалы 20—30 м. Глубина скважины в мягких породах определяется отметкой заложения фундамента и шириной последнего.

р) Разные сооружения на каналах.

Как при устройстве деривационных, так и оросительных каналов часто встречается потребность в следующих сооружениях: 1) сбросы, 2) акведуки, 3) сифоны, 4) шлюзы-распределители, 5) шоссейные и мелкие железнодорожные мостовые переходы.

Более или менее точный подход к определению объема разведочных работ может быть сделан на основании результатов исследований в предыдущей стадии проектирования для каждого отдельного случая, применительно к типу сооружений. Здесь же могут быть указаны лишь следующие ориентировочные объемы разведочных работ: 1) для сбросов и шлюзов закладывается по 3—5 скважин по осям взаимно перпендикулярным; 2) по акведукам, сифонам, мостовым переходам разведочные выработки закладываются по оси сооружения через 30—100 м, в зависимости от длины трассы и геологического строения участка.

Глубины скважин или шурфов определяются отметками заложения фундаментов и шириной последних.

с) Оградительные валы.

По трассам оградительных валов (дамб) разведочные скважины закладываются на расстоянии 250—500 м, а буровые поперечники (по 3 скважины) — через 1—2 километра. Глубина скважин 10—15 м. Осевые скважины на поперечниках проходятся на глубину, обеспечивающую пересечение 1-го водоносного горизонта.

т) Строительные материалы.

На важность вопроса стройматериалов для стоимости проекта было указано при описании работ по проектному заданию. В стадии технического проектирования, когда известны определенно места сооружений, род и объем потребных строительных материалов, — роль разведочных работ сводится к уточнению запасов стройматериалов в месторождениях, намеченных вблизи строительства, а также условия их добычи (вскрыша, водоотлив, прокладка подъездных путей, возможность механизированной разработки и пр.).

Так как при производстве разведочных работ необходим тщательный отбор образцов для определения качеств стройматериалов, то разведки ведутся преимущественно путем заложения шурфов и лишь при значительной мощности наносов (от 5—6 м и более) закладываются буровые скважины, преимущественно в рыхлых по-

родах, глубиной — до 15 м. Расстояния между рядами выработок, а также между отдельными выработками диктуются формой месторождений и постоянством литологического состава. В то время как при пластовых залежах допустимо заложение выработок на взаимном расстоянии в 50—100 м, для гнезд или линзообразных скоплений требуется более густая сеть разведочных пунктов — через 25—50 м.

Отбор образцов должен обеспечить лабораторные исследования для определения гранулометрического состава, естественной влажности, удельного и объемного веса, порозности, числа пластичности, угла внутреннего трения, угла естественного откоса, зависимости влажности от давления, коэффициента фильтрации, засоления грунтов, временного сопротивления сжатию и морозоустойчивости.

В результате разведочных буровых работ должна быть обеспечена потребность строительства в следующих стройматериалах: 1) глина, 2) суглинок, 3) песок для тела плотины, 4) песок для бетонных работ или для цементного раствора, 5) гравий, 6) галька, 7) камень.

Особое внимание в местах будущих карьеров должно быть уделено вопросу выветривания пород, намечаемых для использования как в виде инертного материала для бетона, так и для бутовой кладки.

В этом отношении мергелистые породы наиболее подозрительны. В виде примера укажем на третичные мергеля (Средний Коун) по р. Сумгаит-Чай в Бакинском районе. По внешнему виду порода в свежем виде в высшей степени компактна, временное сопротивление сжатию по лабораторным исследованиям равно 1000—1500 кг/см². Вынутый же мергель при проходке разведочной штольни, пролежав около шести месяцев в отвалах, превратился частично в щебень, частично в рыхлую мелочь.

3. СТАЦИОНАРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Поскольку стадия технического проектирования предрешает будущее строительство, то и объекты изучения путем стационарных наблюдений ограничиваются вполне определенными площадками.

Особое значение приобретают стационарные наблюдения по следующим объектам:

а) Створ плотины. Здесь, помимо данных по изучению режима аллювиального водоносного горизонта, нередко требуется изучение также и напорных горизонтов в отложениях коренных пород.

Так, например на площадке Ярославской плотины на Волге гидрогеологические условия следующие: отметка меженного горизонта Волги + 80.90 м, мощность аллювия, считая от уреза воды, колеблясь от 13.80 до 19.0 м, составляет в среднем 16.53 м; средняя мощность юрской глины, подстилающей аллювий, равна 3.14 м (колебания от 0.8 до 8 м); под глиной залегают водоносные юрские пески с отметкой кровли + 54.39 + 61.30 м, в среднем + 58.79 м;

отметка установившегося напорного юрского водоносного горизонта в среднем равна + 84.53 м.

В период паводка 1934 г. (21—22/IV) отметка воды в Волге достигала + 88.50 м, а установившегося уровня (в наблюдательных скважинах) напорного юрского водоносного горизонта + 88 + 89 м.

При отметках заложения фундаментов гидростанции + 66 + 71 м, создаются неблагоприятные условия для вскрытия котлована, так как дно (юрская глина) последнего будет находиться после водоотлива под напором 2—2.5 атмосфер.

Последнее обстоятельство вызвало необходимость включения в проект мероприятий по искусственному понижению уровня напорного водоносного горизонта до производства водоотлива и вскрытия дна котлована, т. е. мероприятий, связанных со значительными расходами.

Наличие в девонских глинах района Свирьстроя напорных вод также требовало путем стационарных наблюдений тщательного изучения распределения давления и движения напорных вод. Здесь было установлено, что дно котлована плотины, гидростанции и шлюза после откачки воды будет находиться под угрозой прорыва под влиянием напора артезианских вод, достигающего отметок +9 +12 м при отметке меженного горизонта реки около +7 м. Для разрядки давления в период строительства потребовалось заложение 52 буровых скважин.

б) Источники нижнего бьефа. Основная цель этих наблюдений заключается в выявлении зависимости между повышением уровня воды в реке и дебитом источников нижнего бьефа, т. е. в выявлении связи между бьефами при сооружении плотины.

в) В чаше водохранилища стационарные наблюдения проводятся в двух направлениях: 1) для расчета будущего подъема грунтовых вод в связи с устройством плотины и угрозы, в связи с этим, подтопления существующих населенных пунктов, отдельных предприятий или сооружений; 2) для изучения движения грунтовых вод как одного из факторов образования оползней.

Наблюдения первого порядка проводятся по створам разведочных выработок (буровых скважин и шурфов), заложенных перпендикулярно направлению долины реки через интервалы 250—1000 м в пределах интересующего нас участка водохранилища.

Количество выработок определяется крутизной склона и отметкой проектного подпора. Расстояние между отдельными наблюдательными пунктами от 30 до 100 м.

Наблюдения второго порядка должны производиться на участках, представляющих тот или иной интерес как возможные площадки строек, так как весь комплекс явно оползневой зоны может быть объектом лишь специального изучения.

Стационарные наблюдения на участках, подверженных оползанию, являются лишь составной частью комплекса исследований по изучению оползней. В этом случае наблюдения должны выявить роль грунтовых вод и консистенцию пород в зависимости от степени

увлажнения: наблюдениям в оползневом районе должны сопутствовать параллельные исследования таких же пород в районе, спокойном в отношении оползания.

г) На массивах орошения стационарные наблюдения преследуют цель изучения уровня стояния грунтовых вод и направления потока, как факторов, имеющих большое значение при решении вопроса о дренаже орошаемых площадей.

На основании разведочных профилей, которые закладываются в стадии проектного задания для стационарных наблюдений, выбираются площадки с наиболее высоким уровнем стояния грунтовых вод. Количество площадок зависит как от размеров орошаемого массива, так и от геоморфологии района.

На каждой площадке закладывается 3—5 наблюдательных пункта. Продолжительность стационарных наблюдений по возможности должна быть не менее полного года.

4. ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ

Опытные работы в стадии технического проектирования по сравнению с предыдущими стадиями принимают максимальный масштаб.

Основные задачи, которые должны быть разрешены опытными работами, следующие:

- а) изучение явлений фильтрации,
- б) определение направления и скорости грунтового потока,
- в) изучение осадок грунтов под нагрузкой.
- г) изучение просадок грунтов на орошаемых массивах.

а) Фильтрация.

Объектами для изучения явлений фильтрации являются: основание плотины, береговые примыкания, основание гидростанции, основание берегового водослива, участок шлюза, основание временных перемычек (или участок котлована плотины), отдельные участки чаши водохранилища, трассы деривационных и ирригационных каналов и трассы оградительных дамб и валов.

При наличии рыхлых пород в основании сооружений, исследование явлений фильтрации должно быть предусмотрено путем заложения опытных площадок. Исследования по определению коэффициента фильтрации проводятся методом опытных откачек при наличии водоносного горизонта, а в случае его отсутствия — путем нагнетания или наливания воды в исследуемый слой или комплекс пород.

На каждом опытном участке проектируется заложение в среднем 5—7 выработок, причем одна из них является центральной (опытной), а 4—6 — наблюдательными. Само собой разумеется, что литологические особенности пород должны быть учтены при определении расстояний между наблюдательными выработками. Последние закладываются по 2-м взаимно перпендикулярным лучам, один из которых располагается в направлении грунтового потока.

Глубины выработок определяются глубиной залегания испытываемого слоя и его мощностью. Опытные площадки закладываются в пределах участков каждого сооружения и лишь при большом разнообразии литологического и механического состава пород допускается данные одной площадки, в отношении величины коэффициента фильтрации, распространять на соседние сооружения.

Для плотин же целесообразно проектировать заложение не менее 3 площадок: одна (а в отдельных случаях и две) в основании плотины и по одной на каждом береговом примыкании, с учетом будущего подпора воды плотиной.

Продолжительность опытов по наливанию и нагнетанию воды в зависимости от механического состава пород варьирует в широких пределах. Ориентировочно следует принять для песков 15—30 дней, для суглинков — 30—60 дней.

Продолжительность опытных откачек может быть принята в 10—20 дней для песков и 20—30 дней для песчано-глинистых пород.

Особые условия для изучения явления фильтрации представляют трассы деривационных и ирригационных каналов; первые из них, проходя часто по склонам долин, отличаются пестротой литологии, а вторые своей длиной, равной нередко десяткам, а иногда и сотням километров.

Количество опытных площадок должно быть ориентировано применительно к числу комплексов литологических разностей.

Учитывая относительно незначительную глубину заложения дна каналов, опытные определения целесообразно запроектировать путем наливания воды в шурфы по методу Болдырева-Замарина. Продолжительность каждого опыта определяется от 6 до 12 часов.

Когда основанием сооружения являются скальные трещиноватые породы, исследования для определения водопотребления должны производиться путем нагнетания воды при помощи тампонирующего оборудования. Так как степень трещиноватости пород весьма различна для одного и того же петрографического состава, то исследования должны в первую очередь проводиться по одиночным разведочным скважинам, разбросанным по всему узлу сооружения, что обеспечит выявление условий фильтрации по всему сечению речной долины. Контрольные же опытные площадки необходимо предусмотреть на участках наиболее опасных в отношении фильтрационных потерь. Давление, под которым нагнетается вода в скважину, должно соответствовать или немного превышать величину будущего напора. Как в отдельных скважинах, так и на опытных площадках опробование под давлением производится по отдельным интервалам.

Глубина скважин определяется соображениями, положенными в основу для выбора глубин при разведочных работах. При наличии в основании гидросооружений известняков с горизонтальным или пологим залеганием, опытные выработки проходятся до подстилающего известняки слоя. Продолжительность опытных работ в тре-

щидоватых скальных породах определяется в зависимости от количества отдельных выработок и площадок, а также и от числа отдельных опытов в каждой выработке на опытной площадке.

Для опытных работ по отдельным скважинам рекомендуется предусмотреть затрату времени 1—2 дня на каждую, для опытных площадок по 15—20 дней, не считая времени на подготовку и монтаж насосных станций, трубопроводов и пр., что в условиях горных рек и особенно в глубоких ущельях требует значительной затраты времени.

Так как изучение путем нагнетания воды степени трещиноватости и раздробленности пород, хотя и выявляет порядок возможных фильтрационных потерь и объем работ по цементации, но все же не может дать представления о характере раздробленности пород, размерах трещин и крупности обломочного материала, заполнении трещин рыхлым материалом продуктов выветривания и пр., то целесообразно в сомнительных случаях заложение скважин колонкового бурения больших диаметров, позволяющих изучение пород по крупным кернам, а также и путем непосредственного осмотра зон раздробления.

В практике плотностроения США имеются следующие примеры заложения контрольных колонковых скважин диаметром 915 мм (36"), по существу являющихся шахтами.

Плотина *Grand Coolee* на р. Колумбия.

Основанием плотины является гранит. Помимо 164 разведочных скважин, перед приступом к цементации основания по оси плотины длиной 1311 м, через интервалы 60 м были заложены контрольные скважины диам. 915 мм на глубину 17—20 м.¹

Плотина *Bonneville* на реке Колумбия.

Коренные породы представлены глинистыми сланцами, песчаниками и конгломератами, имеющими интрузии андезитовой лавы. Помимо разведочных скважин, шурфов и штолен, были заложены также и скважины диам. 915 мм, глубиной до 20 м.²

Плотина *Wheeler* на р. Теннесси.

Основанием плотины являются перемежающиеся слои кремнистых и известковистых пород, местами разбитые трещинами. Имеются также небольшие каверны. По линии разведочных скважин, заложённых на расстоянии 30 м друг от друга, были пробурены 3 скважины диаметром 915 мм под водосливной частью плотины, 1 под главной частью глухой плотины и 1 около гидростанции.²

б) Направление и скорость грунтового потока.

Опытные работы по определению направления и скорости грунтового потока могут иметь место как на узлах сооружений, так и на орошаемых участках. Для определения направлений потока

¹ Compressed Air Magazine, т. 40, № 10, 1935.

² Чиков, В. Р. Работы в бассейне р. Теннесси. „Американская техника и промышленность“. 1935, № 11

требуется заложение минимум трех выработок до уровня грунтовых вод с точным нивелированием устьев выработок и замеров глубин.

Для определения скорости грунтового потока наиболее распространены способы: подкрашивания, химический и электролитический (по Слехтеру). Два первых способа требуют заложения наблюдательных выработок в количестве 3—4; для способа Слехтера достаточно двух скважин.

Длительность опытов без учета времени на проходку опытных и наблюдательных выработок определяется от 10 до 20 дней.

в) Опытные нагрузки.

При возведении сооружения на пластичных грунтах (глины, суглинки и супеси) величина возможных осадок сооружений приобретает для проектирования особо важное значение. В решении этой сложной задачи известное место должно быть отведено и опытам по определению осадок под действием вертикальных нагрузок на грунт.

Опытные нагрузки при помощи штампов должны быть запроектированы на участках сооружений на отметках заложения фундаментов как для грунтов с естественной влажностью, так и для грунтов при полном насыщении водой (для суглинков и супесей).

Программой исследований для глинистых грунтов необходимо предусмотреть производство опытных нагрузок штампами трех различных размеров (площадь штампа) в каждом опытном шурфе.

Потребное время на один штампо-опыт может быть принято в среднем равным пяти—шести суткам, в каковой срок включается установка штампа, нагрузка и время на ее затухание, разгрузка для определения величины упругой деформации и разборка установки.

г) Просадка лесса и лессовидных суглинков.

Отмеченные за последние годы в ирригационных районах (Средняя Азия, Северный Кавказ, Закавказье) просадки грунтов, выразившиеся в опускании дна каналов и прилегающей к ним полосы, достигающей 1—2 м по вертикали, вызывают не только потерю командования канала над определенным орошаемым участком, но и угрожают перерывом в действии всей системы. Основная причина этих явлений кроется в физико-механических свойствах лесса и лессовидных суглинков, обладающих большой порозностью (45—50%) и нередко значительной засоленностью.

Изучение явления возможных просадок требует, помимо детальных литологических съемок и лабораторных испытаний грунтов, также и опытных полевых работ по замачиванию грунтов в котлованах. Котлованы закладываются по трассам каналов на участках, выбранных на основании литологической съемки, разведочных выработок и лабораторных определений.

Размеры котлованов по ширине и глубине целесообразно принять равными проектным для канала, а длину принять не меньше ширины. Участок опытного котлована, а также прилегающая территория шириной не менее 50 м от бровки каналов, покрывается

густой нивелировочной сетью, с установкой контрольных реперов вне возможной зоны просядок.

Для учета уровня воды в котловане устанавливаются рейки.

Отбор образцов пород производится до начала смачивания как из котлована, так и с прибрежной полосы.

Котлован заполняется водой до проектной отметки. Как в период наполнения водой котлована, так и после его заполнения — при поддержании одного и того же уровня — производятся нивелировочные промеры дна и бортов.¹

Продолжительность опытных наблюдений целесообразно определить периодом летних полевых исследований в данном районе.

5. ТОПОГРАФИЯ

Как отмечалось в предыдущей главе, топографические работы должны быть отражены в программах на инженерно-геологические исследования в части плановой и высотной привязки к ближайшим реперам или триангуляционным пунктам: а) разведочных выработок как по углам сооружений, так и по месторождениям стройматериалов, б) пунктов стационарных наблюдений, в) опытных выработок, г) выходов источников, д) обнажений горных пород, требующих особо точных съемок, е) реперов, расположенных в зонах оползневых явлений, установленных для наблюдений за просадкой грунтов и пр.

Время, потребное для выполнения топографических работ, исчисляется на основании подсчета общей длины теодолитно-нивеллирных ходов.

6. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В программу работ по лабораторным исследованиям должно быть внесено:

1) изучение физико-механических свойств грунтов, образующих основания сооружений,

2) то же для грунтов, в которых закладываются каналы,

3) то же для грунтов, являющихся стройматериалами,

4) химизм вод, омывающих сооружения.

Существенное расхождение в характере лабораторных исследований, а также и в их объеме наблюдается в зависимости от того, проектируется ли сооружение на скальном основании, или же основанием являются рыхлые или пластичные породы.

В таком подразделении и будет рассмотрен перечень лабораторных исследований, необходимых для стадии технического проектирования.

При скальном основании лабораторные исследования ограничиваются микроскопическим изучением пород, а также опре-

¹ Замарин Е. А. и Решеткин М. М. „Просадка и водопроницаемость лёсса“. 1932 г.

делением временного сопротивления сжатию и морозоустойчивости пород.

а) Микроскопическое определение пород является контрольным к макроскопическому, гарантирующему от возможных ошибок.

б) Для определения временного сопротивления сжатию образцы пород отбираются в различной стадии сохранности на различных глубинах, чтобы установить границу сильного выветривания, а, следовательно, глубину съема пород. Определение временного сопротивления производится как на образцах естественной влажности, так и на образцах, насыщенных водой.

в) Для определения морозоустойчивости пород (при 25-ти кратном замораживании) образцы пород должны быть отобраны с разных глубин и разной сохранности в отношении выветривания.

г) В отношении скальных пород, используемых как строительные материалы, достаточны определения и испытания, перечисленные в пунктах «а», «б» и «в».

д) Циркулирующие в трещиноватых скальных породах воды подлежат изучению в отношении их химического состава.

При наличии рыхлых и пластичных грунтов в основании сооружения и в виде строительных материалов, дополнительно к опытным полевым работам по их изучению необходим цикл лабораторных исследований, который в основном сводится к следующему:

- а) определение гранулометрического состава пород,
- б) определение удельного и объемного веса,
- в) определение пористости и естественной влажности,
- г) определение пределов пластичности по Аттенбергу,
- д) определение угла внутреннего трения и угла естественного откоса как для образцов с естественной влажностью, так и под водой,
- е) исследования зависимости влажности от давления (компрессионные кривые),
- ж) определение коэффициента фильтрации песков,
- з) то же — суглинков и глин в монолитах,
- и) определение максимальной молекулярной, полной и капиллярной влагоемкости,
- к) водные вытяжки,
- л) соляно-кислые вытяжки.

При исследовании мягких пород, как строительных материалов для сооружения плотин, дамб и насыпей для каналов — указанный перечень определений может быть сокращен применительно к целевой установке использования грунта.

Грунтовые воды, образующие водоносные горизонты в мягких отложениях, подвергаются изучению как полевыми, так и полными химическими анализами.

При решении вопроса о количестве образцов пород из разведочных выработок, подлежащих лабораторной обработке, следует иметь в виду, что благодаря разнообразию геологического строения строи-

площадок и пестроте литологического состава пород, а также и обилию типов сооружений, количество необходимых определений колеблется в больших пределах. В то время как отдельные определения могут быть единичными (например, для угла внутреннего трения), механические анализы (гранулометрический состав) должны быть массовыми и т. д.

Необходимо учесть, что для большинства определений для связанных пород требуется отбор образцов пород с ненарушенной структурой (объемный вес, коэффициент фильтрации, капиллярная влагоемкость, угол внутреннего трения, компрессионные кривые).

7. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

Для геологического обоснования технического проекта программой работ должно быть предусмотрено представление следующих материалов по обработке полевых исследований и лабораторных испытаний и определений.

1) Геологический отчет.

2) Заключение по инженерно-геологическим условиям участков сооружений и массивов орошения.

Геологический отчет должен состоять из следующих глав:

- а) программное задание и объем выполненных работ,
- б) геоморфология района,
- в) гидрография,
- г) стратиграфия,
- д) тектоника и сейсмичность,
- е) литология,
- ж) гидрогеология,
- з) строительные материалы и прочие полезные ископаемые,
- и) описание производства опытных работ и результаты последних,
- к) данные стационарных наблюдений.

Примечание: Данные лабораторных исследований приводятся соответственно в каждой из перечисленных глав.

л) общие выводы,

м) перечень использованных литературных и архивных материалов.

Приложения к геологическому отчету:

а) карты: геологическая, литологическая, гидрогеологическая, полезных ископаемых, в том числе и стройматериалов, геотехническая, глубин залегания коренных пород под сооружениями — в масштабах, соответствующих произведенным съемкам;

б) геологические разрезы по:

- 1) оси плотины,
- 2) параллельным поперечникам,
- 3) по чаше водохранилища,

- 4) по участку долины реки (продольный),
- 5) по оси шлюзового и водосливного канала,
- 6) по трассам деривационных туннелей и каналов,
- 7) по трассам ирригационных каналов и оградительных валов,
- 8) по осям гидростанции и вспомогательных гидросооружений,
- 9) по осям мостовых переходов.

в) Гидрогеологические разрезы по поперечникам зоны подтопления, в местах угрожаемых населенным пунктам или промышленным предприятиям;

г) профили по оси плотины, характеризующие гранулометрический состав пород, величину коэффициента фильтрации, удельного водопоглощения, несущую способность грунта, сохранность коренных пород;

д) профили по трассам каналов с указанием величин коэффициента фильтрации;

е) ведомости стационарных наблюдений и опытных исследований;

ж) ведомости подсчетов запасов стройматериалов;

з) буровые журналы разведочных, наблюдательных и опытных выработок;

и) ведомости координат выработок по узлам сооружений, трассам каналов и туннелей.

Так как геологический отчет является документом, на основании которого экспертиза проверяет свое заключение, то все данные отчета должны быть исчерпывающими.

* Геологическое заключение должно состоять из следующих разделов:

а) краткая геологическая характеристика участков сооружений и массивов орошения;

б) инженерно-геологические условия для оснований сооружений и береговых примыканий плотины как в отношении несущей способности грунтов, так и фильтрационных потерь;

в) обеспеченность стройматериалами;

г) прогноз (с расчетными данными) вероятного повышения уровня грунтовых вод в зоне подпора;

д) выводы.

е) приложения (главные карты и разрезы, графики и ведомости).

СПИСОК ГЛАВНЕЙШИХ ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ВОПРОСАМ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ГРУНТОВЕДЕНИЯ

1. Терцаги К. — Инженерная геология, 1934 г.
2. Lugeon M. — Barrages et Géologie 1933 г.¹
3. Бобков Н. В. — Инженерно-геологические исследования в связи с проектированием различных инженерных сооружений. 1932 г.
4. Саваренский Ф. П. — Инженерно-геологические исследования для площадок промышленного строительства. 1935 г.
5. Саваренский Ф. П. — Гидрогеология. 1935 г.
6. Методы и организация комплексной геологической съемки. 1933 г.
7. Инструкция по водно-энергетическим изысканиям. Часть III. Инженерная геология. 1934 г.
8. Цытович П. А. Основы механики грунтов. 1934 г.
9. Грунты и фундаменты. — Под редакцией Мелкумова С. М. 1935 г.
10. Иванова М. В. — Методы исследования грунтов. 1933 г.
11. Герсеванов Н. М. — Основы динамики грунтовой массы. 1933 г.
12. Терцаги К. — Механика грунтов. 1933 г.
13. Замарин Е. А. и Решеткин М. М. — Просадка и водопроницаемость лёсса 1932. г.
14. Труды ВИОС.
15. Журналы: Гидротехническое строительство, Строительная промышленность, Стройиндустрия.

¹ В июне 1936 г. вышла в переводе („Плотины и геология“) Евдокимовой Н. А. под редакцией Гришина М. М. и Семенова М. П.

ПРОГРАММА
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДЛЯ ВОДНО-МЕЛИОРАТИВНОЙ СХЕМЫ
ПО ПРОБЛЕМЕ ОБЬ—ИРТЫШ

Составлена автором; приложена
как пример составления про-
граммы по комплексной водо-
хозяйственной проблеме

При проработке вопроса комплексного использования водных ресурсов рр. Оби и Иртыша объектами геологических исследований в стадии схемы являются:

I. Степной массив междуречья в части, намеченной под орошение на площади брутто 5.000.000 га.

II. Часть бассейна р. Оби от Барнаула до Новосибирска.

1) Новосибирский узел сооружений (варианты: Нижне-Чемский и

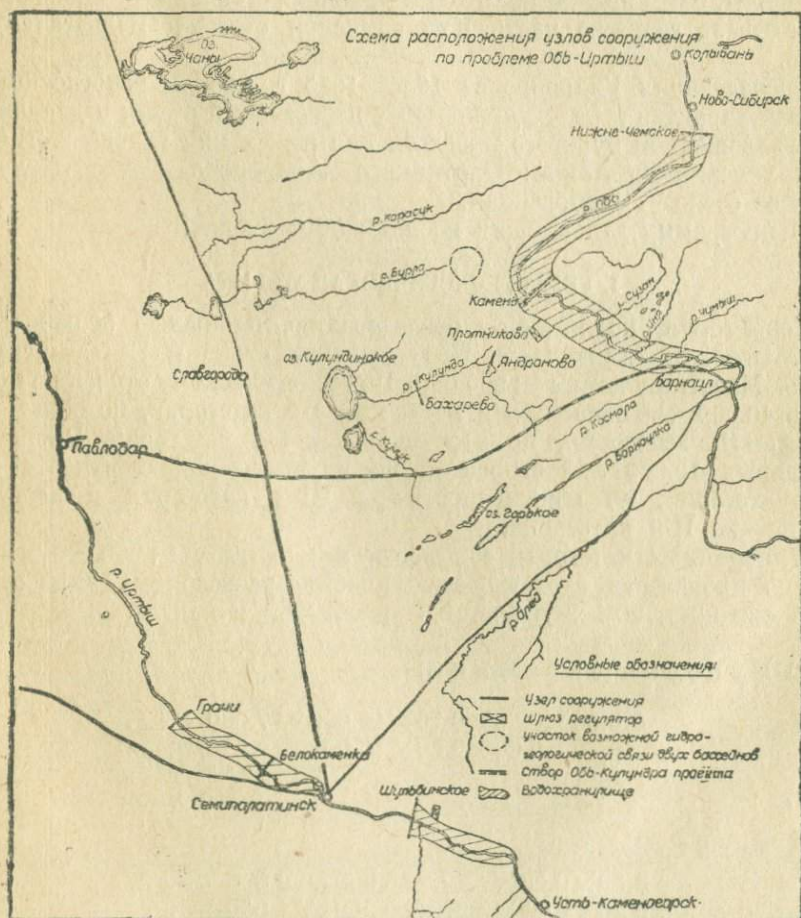


Рис. 8.

Мало-Кривошековский), 2) шлюз-регулятор магистрального Кулундинского канала, 3) чаша Новосибирского водохранилища, 4) водораздел между Обью, Бурлой и Карасуком, 5) Барнаульский узел.

III. Часть бассейна р. Иртыша от п. Донского до Омска.

1) Шульбинский узел сооружений, 2) Белокаменский узел сооружений, 3) Грачевский узел сооружений, 4) шлюз-регулятор Бельагачского магистрального канала, 5) чаша нижнего водохранилища до Семипалатинска и 6) чаша Шульбинского водохранилища.

IV. Участки под глухие плотины на р. Кулунде у с. Андроново и Бахарево. (Рис. 8).

I. СТЕПНОЙ МАССИВ

Территория, подлежащая обследованию, площадью 50000 км² захватывает главную часть Кулундинской степи и Бельагачскую степь.

Обследования Гидропроиза 1934—1935 г. носили рекогносцировочный характер в виде маршрутных пересечений степи, и дополнялись заложением бурового профиля для выяснения гидрогеологических условий по линии: Плотниково—Андроново—Баево—Кулундинское озеро—Черноречья.

В программу дальнейших исследований входит:

I. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Территория, подлежащая обследованию, площадью 50.000 км², захватывает главную часть Кулундинской степи и Бельагачскую степь. Масштаб съемки 1 : 200.000. По геологическому строению площадь 40.000 км² относится к местности 1-й категории, по обнаженности—III категория, по доступности—1-я категория. Площадь остальных 10.000 км² относится по геологической сложности к II-й категории, по обнаженности—к III-й категории и доступности—к II-й категории.

Для данных категорий местности и масштаба 1 : 200.000 необходимо произвести следующее количество разведочных выработок (70% скважин, 20% шурфов, 10% расчисток и каналов).

а) Буровые скважины:

$$0,50 \times 0,50 \times 0,70 \times 40.000 = 7.000 \text{ п. м.}$$

$$0,50 \times 0,66 \times 0,20 \times 10.000 = 2.310 \text{ п. м.}$$

$$9.310 \text{ п. м.}$$

б) Шурфы:

$$0,50 \times 0,50 \times 0,20 \times 40.000 = 2.000 \text{ п. м.}$$

$$0,50 \times 0,66 \times 0,20 \times 10.000 = 660 \text{ п. м.}$$

$$2.660 \text{ п. м.}$$

в) Расчистки, канавы:

$$0,50 \times 0,50 \times 0,10 \times 40.000 = 1.000 \text{ п. м.}$$

$$0,50 \times 0,60 \times 0,10 \times 10.000 = 330 \text{ п. м.}$$

$$1.330 \text{ п. м.}$$

2. РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Разведочное бурение намечается глубиной до 25 м. Скважины разбиваются по поперечникам, отстоящим на расстоянии 20—25 км друг от друга, при расстоянии между скважинами 10—15 км. Расположение и количество поперечников устанавливается перед приступом к работе, с учетом геоморфологических особенностей района.

При 14 поперечниках средней длиной 250 км и средних расстояниях между скважинами 12,5 км общий объем буровых работ определяется следующим метражем: $14 \times 20 \times 25 = 7000 \text{ п. м.}$

Данными профилями должны быть в общих чертах выявлены гидрогеологические условия степей.

Разведочное бурение производится буровым комплектом 127/115 мм, обеспечивающим производство пробных откачек штанговым насосом. Грунты II-й категории.

3. ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ

Опробование водоносных горизонтов производится в одиночных скважинах, расположенных по профилям. Всего 280 опытных откачек продолжительностью 3 смены — 840 отрядо-смен.

Полевые анализы проб воды производятся из каждой скважины, а также из существующих колодцев, расположенных по маршрутам съемки или по геологическим профилям на водоразделах. Ориентировочно число колодцев для опробования принимается на всю площадь равным 500 шт. Около 100 проб воды для исследования дают открытые водоемы.

Таким образом, общее количество полевых анализов воды = $= 280 + 500 + 100 = 880$, контрольные полные анализы воды — 6% — 50 анализов.

Попутно с отбором проб воды замеряется температура последней.

Для характеристики водопроницаемости грунтов до глубины 2 м производятся исследования в шурфах по методу Болдырева, из расчета в среднем 1 опыт на 50 га — всего 100 опытов. Продолжительность опыта — 3 смены.

4. СТАЦИОНАРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Для изучения режима грунтовых вод дополнительно к разведочным профилям закладываются площадки для стационарных наблюдений и организуются временные станции по подземным водам.

Площадки намечаются в различных геоморфологических районах, а именно:

- а) 3 площадки на водораздельных плато и пологих склонах;
- б) 2 площадки на приозерных впадинах;
- в) 3 площадки в прибрежных (речных) районах (древние террасы).

На каждой опытной площадке закладываются в среднем по 6 буровых скважин средней глубиной 20 м, всего бурения $8 \times 6 \times 20 = 960$ м в грунтах II категории.

Скважины закрепляются фильтрами и обсадными трубами.

Диаметр скважин:

8 скважин диаметром	127/115 мм
40 » »	89/78 »

Наблюдения за уровнем грунтовых вод производятся в течение полного гидрологического года.

Наблюдения производятся через каждые 5 дней, за исключением периода паводка (2—3 декады) в прибрежных районах, когда необходимы замеры уровня воды по 3 раза в день, параллельные с замерами на водомерных постах открытых водоемов.

Пробные откачки производятся 4 раза в течение года.

Полевые химические анализы воды — через 15 дней, а в период паводка — через 3 дня.

Контрольные полные химические анализы производятся из расчета 1 анализ на площадку ежемесячно.

При замерах уровней производится также и определение температуры воды.

Для определения коэффициента фильтрации производятся опытные откачки с трехкратным понижением уровня воды.

Длительность откачки 6 суток считая установку оборудования.

5. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Для плановой и высотной увязки буровых скважин по профилям и на опытных площадках производятся теодолитно-нивеллирные ходы. Нивелировка двойная. Всего ходов — $14 \times 250 + 3 \times 12.5 = 3600$ п. км.

6. ЛАБОРАТОРНАЯ ОБРАБОТКА ОБРАЗЦОВ ПОРОД

При общем метраже скважин и шурфов 12.930 м лабораторной обработке подвергаются:

а) механические анализы	1000 образцов
б) определение удельного веса, объемного веса, естественной влажности и пористости	650 »
в) определение числа пластичности	100 »
г) коэффициент фильтрации (в монолитах) су-глинков и глин	50 »
д) то же песков	50 »
е) валовые химические анализы грунтов	100 »
ж) водные вытяжки	200 »

з) угол внутреннего трения	10 образцов
и) угол естественного откоса	50 »
к) палеонтологические определения	200 »
л) петрографические определения	50 »
м) испытание на временное сопротивление сжа- тию	20 »
н) испытания на морозоустойчивость	20 »
о) полные химические анализы воды	100 »
п) полевые » » »	180 »

7. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

В результате камеральной обработки полевых материалов и лабораторных данных представляется:

а) очерк по степному массиву с гидрогеологической характеристикой отдельных районов, позволяющих сделать выбор площадей наиболее благоприятных для ирригации в отношении уровня грунтовых вод, дренажа и засоления воды и подлежащих в следующей стадии проектирования более детальным исследованиям;

б) гидрогеологическая карта в масштабе 1 : 200.000 на площади 50.000 км²;

в) литологическая карта в масштабе 1 : 200.000 на площади 50.000 км²;

г) карта засоления грунтовых вод в масштабе 1 : 200 000;

д) гидрогеологические разрезы по буровым профилям — 14 шт.;

е) гидрогеологические профили по опытным площадкам;

ж) график и колебания уровня грунтовых вод;

з) ведомость анализов, коэффициентов фильтрации;

и) буровые журналы разведочных выработок.

II. БАССЕЙН ОБИ

1. НОВОСИБИРСКИЙ УЗЕЛ СООРУЖЕНИЙ

На участке Оби от истоков до Новосибирска главным узлом сооружения является Новосибирский. Основным створом является Нижне-Чемский, расположенный в наиболее благоприятных условиях в отношении топографии.

В качестве основания плотины здесь разведкой выявлены глинистые девонские сланцы.

Попытки перенести створ в зону гранитной интрузии (против с. Бугры) не увенчались успехом. Заложенные в русловой части долины 3 буровые скважины встретили гранит на глубинах около 32 м от меженного уровня Оби.

На основании геологической съемки имеются данные в районе Мало-Кривощечкова встретить в русле реки под аллювием кремнистые сланцы, а на Нижне-Чемском створе № 2 — туфогенные песчаники.

Для стационарных наблюдений используется 8 скважин, за-проектированных по оси плотины на правобережье и левобережье (2-я терраса).

Скважины оборудуются фильтрами.

Наблюдения производятся за уровнем и температурой воды один раз в 5 дней, за исключением периода паводка, когда наблюдения производятся 3 раза в день в соответствии с наблюдениями на водомерном посту на Оби.

Продолжительность наблюдения — 1 год.

ж) Топографические работы.

Для плановой и высотной увязки разведочных выработок требуется теодолитно-нивеллирного хода 20 п. км.

з) Лабораторные работы.

1. Механические анализы грунтов	200 образцов
2. Определение удельного веса, объемного веса, естественной влажности, порозности	80 »
3. Определение числа пластичности	20 »
4. Коэффициент фильтрации суглинков (в монолитах) ,	10 »
5. То же песков	6 »
6. Компрессионные кривые суглинков	6 »
7. Валовые химические анализы пород	6 »
8. Водные вытяжки	12 »
9. Определение временного сопротивления сжа- тию коренных скальных пород	20 »
10. То же морозостойчивости	20 »
11. Определение угла внутреннего трения	6 »
12. Определение угла естественного откоса	10 »
13. Петрографические определения	40 »
14. Палеонтологические определения	20 »
15. Химические анализы воды (полевые)	50 »
16. » » » (полные)	10 »

Простейшие определения производятся полевыми лабораториями, более сложные — центральной лабораторией.

и) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки материалов полевых исследований и лабораторных испытаний и определений представляется следующее:

1) гидрогеологическая и литологическая карты в масштабе 1 : 10.000 на площади 30 км ²	2 шт.
2) карта глубин залегания коренных пород (скальное основание) в масштабе 1 : 10.000	1 »
3) геологические профили по оси плетного канала и гидростанции	3 »

- 4) графики наблюдений за уровнем воды, ведомость коэффициентов фильтрации, анализов и пр. лабораторных определений;
- 5) геологический отчет по выполненным работам;
- 6) геологическое заключение (обоснование).

Б. НИЖНЕ-ЧЕМСКИЙ СТВОР

Предварительные разведочные работы были проведены по 1-му варианту Нижне-Чемского створа. Здесь длина плотины и правобережной дамбы при отметке подпора +137 м (отметка межениного горизонта р. Оби +94 м) — около 5500 м.

В основании залегают в круто падающих пластах девонские глинистые сланцы, чередующиеся местами с песчаниками.

Второй вариант створа расположен в 2 км выше от первого в районе выходов туфогенных песчаников в русле реки и на правом берегу (в 800 м от уреза воды). Длина плотины с дамбами около 8200 м. В отношении основания плотины имеются перспективы встретить главным образом туфогенные песчаники, т. е. породы более устойчивые, чем глинистые сланцы, а, следовательно, возможно и менее эродированные. Большая длина плотины может быть компенсирована меньшей глубиной заложения фундамента.

Программой предусматриваются следующие работы:

а) Инженерно-геологическая съемка.

Съемка в масштабе 1:10.000 охватывает 1-й и 2-й варианты. Площадь съемки — 20 км². Местность по геологической сложности III категории, по обнаженности — III категории, по доступности — II категории.

б) Разведочные работы при съемке:

зондировочное бурение до 8 м	35×20=700	п. м.
шурфы	25×20=500	п. м.
расчистки, канавы	40×20=800	п. м.

в) Разведочные работы:

по оси плотины — в русле реки	6	скважин
на берегах	14	”
в верхнем и нижнем бьефах	5	”
по оси гидростанции и каналов	6	”

Всего 31 скважина

Общая проходка при средней глубине 40 м: 31×40=1240 м.	
Из них: колонкового бурения в грунтах III категории	500 м.
ударного 168/155	” III ” 100 м.
” 127/115 мм	” II ” 500 м.

Бурение производится в первую очередь в русловой части реки, так как глубина залегания коренных кород и их качество даст решающее указание для дальнейшей работы.

г) В ближайшем к створу районе, на правом и левом берегу Оби, для разведки стройматериалов (камня, гравия, песка, суглинков и глин) закладывается 40 шурфов средней глубиной 4 м — всего 160 п. м.; из них в грунтах II категории — 100 п. м., III категории — 60 п. м.

Примечание: Учитывая наличие крутого падения пластов, целесообразно часть русловых и ближайших к руслу скважин колонкового бурения пройти наклонными под углом 45—50°.

д) Опытные работы проводятся одновременно с разведочными работами и состоят в исследовании трещиноватости коренных пород путем нагнетания воды в 20 буровых скважин, считая по 6 смн на каждую скважину — 120 отрядо-смн.

е) Стационарные наблюдения проводятся на правобережной и левобережной террасах Нижне-Чемского створа, для чего разведочные скважины в количестве 6 шт. оборудуются фильтрами. Длительность наблюдений — 1 год. Замер уровней через 5 дней за исключением периода паводка, когда наблюдения проводятся 3 раза в день. При замерах уровней определяется температура воды. Химические анализы воды производятся ежемесячно.

ж) Топографические работы.

Плановая и высотная привязка буровых скважин и шурфов с разбивкой створов плотины и закреплением реперами и сигналами проводится на общем протяжении теодолитно-нивеллирного хода 40 км.

з) Лабораторные работы.

1) механические анализы грунтов	200 образцов
2) определение удельного веса, объемного веса, естественной влажности, порозности	80 »
3) определение числа пластичности	20 »
4) коэффициент фильтрации рыхлых отложений террас — суглинков (в монолитах)	10 »
5) коэффициент фильтрации песков	6 »
6) компрессионные кривые суглинков с нарушенной структурой	6 »
7) валовые химические анализы рыхлых пород береговых примыканий	6 »
8) водные вытяжки	12 »
9) определение сопротивления временному сжатию коренных пород	20 »
10) то же — морозостойчивости	20 »
11) определение угла внутреннего трения	6 »
12) петрографические определения	40 »
13) палеонтологические определения	20 »

и) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки представляется:

- 1) гидрогеологические и литологические карты в масштабе 1 : 10.000 на площади 20 км² 2 шт.
- 2) карты глубин залегания коренных пород скального основания масштаба 1 : 10.000 1 »
- 3) геологические профили по осям плотины шлюзового канала и канала гидростанции 4 »
- 4) Графики наблюдений, таблицы анализов, коэффициентов фильтрации.
- 5) Геологическое описание — очерк на основании съемочных и разведочных работ.
- 6) Инженерно-геологическое заключение.

В. ЧАША ВОДОХРАНИЛИЩА

а) Гидрогеологическая съемка. При сооружении плотины Ново-Сибирского узла подпор распространяется до Барнаула.

На этом участке производится гидрогеологическая съемка в масштабе 1 : 200.000 на площади 2000 км². Местность по геологической сложности и обнаженности относится к III-й категории, по доступности — ко II-й категории.

Съемка прибрежной полосы Оби производится с заходом по притокам и балкам с целью выяснения возможных карстовых образований и других неблагоприятных геологических явлений, могущих вызвать потерю воды из водохранилища, а также с целью изучения зоны будущего подпора.

Средняя ширина береговой полосы 2 км. В площадь съемки не включена пойменная терраса, а также площадь, ранее уже покрытая геологической съемкой.

б) Разведочные выработки, соответственно масштабу съемки и категории местности, намечаются в следующем объеме:

бурение 70% .	$0,50 \times 0,70 \times 2000 = 700$	п. м.
шурфы 20% .	$0,50 \times 0,20 \times 2000 = 200$	п. м.
расчистки 10% .	$0,50 \times 0,10 \times 2000 = 100$	п. м.

в) Лабораторные работы.

1) механические анализы рыхлых пород районов подтопления	200 образцов
2) палеонтологические определения	200 »
3) петрографические определения	100 »
4) анализы воды полевые	200 »
5) анализы воды полные	20 »

г) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки представляется:

- 1) гидрогеологическая карта в масштабе 1 : 200.000 на площади 2000 км².

2) литологическая карта в том же масштабе на площади 2000 км²,

3) схематические геологические разрезы по долине Оби — 10 шт.

4) геологический очерк с характеристикой района, как района подтопления, с указанием участков, где в последующей стадии проектирования должны быть произведены дополнительные геологические исследования в более крупном масштабе.

2. ВОДОРАЗДЕЛ

На левом берегу по водоразделу рр. Алеуса, Бурлы и Карасука для изучения возможной гидрогеологической связи бассейна Оби со степными реками производятся следующие работы:

а) Гидрогеологическая съемка в масштабе 1:50.000 на площади около 500 км². Местность II-й категории по геологической сложности, III — по обнаженности и II — по доступности.

Количество разведочных выработок:

зондировочное бурение 70%	3 × 0,66 × 0,70 × 500 = 600	п. м
шурфы 20%	3 × 0,66 × 0,20 × 500 = 200	п. м
расчистка 10%	3 × 0,66 × 0,10 × 500 = 100	п. м

б) Разведочное бурение.

168/155 мм—2 скважины	× 75 м = 150 м
127/115 мм—3	× 40 м = 120 м
89/7 мм—4	× 25 м = 100 м
	370 п. м

Грунты II-й категории	. . . 295 м
„ III-й	„ . . . 75 м

в) Стационарные наблюдения за уровнем воды в скважинах на этом участке проводятся в течение гидрологического года, замеры производятся через 5 дней, за исключением периода паводка, когда замеры производятся 1 раз каждый день. Анализы воды производятся через каждые 15 дней, а в период паводка — через 5 дней.

г) Топографические работы.

Разбивка буровых створов, плановая и высотная привязка скважин по району съемки 1:50.000 — 50 п. км теодолитно-нивеллирного хода (двойное нивелирование).

д) Лабораторные работы.

1) механические анализы пород 200 образцов
2) удельный и объемный вес, порозность, естественная влажность 100 »
3) палеонтологические определения 200 »

4) петрографические определения	10	»
5) анализы воды полевые	20	»
6) анализы воды полные	10	»

е) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки представляется:

- 1) гидрогеологическая карта в масштабе 1:50.000,
- 2) литологическая карта в масштабе 1:50.000,
- 3) гидрогеологические профили по водоразделу Алеус—Бурла—

Карасук — 2 шт.,

4) гидрогеологический очерк с приложением буровых журналов разведочных выработок, ведомостей анализов и пр.,

5) заключение о возможной гидрогеологической связи бассейна Оби со смежными реками.

3. УЗЕЛ ГОЛОВНОГО СООРУЖЕНИЯ ГЛАВНОГО КУЛУНДИНСКОГО КАНАЛА

Шлюз-регулятор Кулундинского магистрального канала проектируется у с. Плотниково. Ввиду ответственности данного сооружения (ширина отверстия 100 м), уже в стадии схемы требуются исследования значительного масштаба.

Здесь намечаются следующие работы:

а) Инженерно-геологическая съемка в масштабе 1:10.000 на площади 10 км². Местность III категории по сложности и обнажениям и II категории — по доступности.

б) Разведочные работы, связанные со съемкой:

зондировочное бурение	35 × 10 = 350	п. м
шурфы	25 × 10 = 250	п. м
расчистка	40 × 10 = 400	п. м

в) Разведочные работы по оси канала и оси головного сооружения:

1) шурфов глубиной до 5 м — 10 шт. 50 м,

2) 10 буровых скважин, из них 3 скважины по 50 м

и 7 средней глубиной 30 м, диаметром 127/115 мм

3 × 50 + 7 × 30 360 п. м.

Грунты II-й категории.

г) Опытные работы.

1) Из одиночных скважин производятся опытные откачки — 5 опытов по 3 смены.

2) Наливание воды в шурфы с целью изучения водопроницаемости по методу Болдырева — 5 опытов.

д) Топографические работы по увязке в плановом и высотном отношении буровых скважин. Общая длина теодолитно-нивеллирного хода (двойное нивелирование) — 15 км.

е) Лабораторные работы.

1) механические анализы	200 образцов
2) определение удельного и объемного веса, естественной влажности, порозности	200 »
3) коэффициент фильтрации суглинков (монолиты)	10 »
4) то же песков	10 »
5) компрессионные кривые (монолиты с ненарушенной структурой)	10 »
6) число пластичности	40 »
7) валовые химические анализы пород	10 »
8) водные вытяжки	20 »
9) анализы воды полные	5 »
10) анализы воды полевые	20 »

е) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки представляется:

- 1) гидрогеологическая карта в масштабе 1:10.000,
- 2) литологическая карта в масштабе 1:10.000,
- 3) геологические разрезы по оси канала и по оси головного сооружения,
- 4) геологическая записка с заключением по инженерно-геологическим условиям и приложением графиков водомерных наблюдений, таблиц анализов и пр.

4. БАРНАУЛЬСКИЙ УЗЕЛ СООРУЖЕНИЙ

Для увязки общей схемы регулирования стока бассейна Оби (в энергетическом отношении), как для района 2-й очереди, Барнаульский узел, расположенный в зоне выклинивания подпора Новосибирского водохранилища, подлежит лишь рекогносцировочному обследованию с незначительным объемом буровых работ по оси плотины.

Здесь проектируется:

- а) рекогносцировка 100 п. км.
- б) бурение ударно-вращательное диаметром 127/115 мм

средней глубиной 30 м—10 скважин	300 п. м.
из них в грунтах III-й категории . . .	150 п. м.
„ II-й „	150 п. м.
- в) опытные откачки из 6 скважин—18 отрядо-смен,
- г) топографическая разбивка створа и увязка в плановом и высотном отношении разведочных выработок. Теодолитно-нивеллирный двойной ход—20 п. км.

д) Лабораторные работы:

1) механические анализы	50 образцов
2) палеонтологические определения	20 »

- 3) петрографические определения 10 »
 4) анализы воды полные 4 »

е) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки представляется:

1) геологический разрез долины Оби по оси проектируемой плотины,

2) геологическая записка с приложением данных аналитической обработки и буровых журналов.

III. БАССЕЙН ИРТЫША

Основной задачей проектирования является вывод воды из р. Иртыша для Бельгагачской степи и Прииртышских степей ниже Семипалатинска.

Здесь намечаются исследования по следующим объектам.

А. ШУЛЬБИНСКИЙ УЗЕЛ СООРУЖЕНИЙ

1. Первый вариант Шульбинского створа.

Шульбинский створ расположен в 3-х километрах ниже пос. Шульбинского.

В 1935 г. Гидропрозом здесь было произведено:

а) разведочное бурение по оси плотины — 5 скважин,

б) гидрогеологическая съемка в масштабе 1:25.000 на площади 52 км² и в масштабе 1:5000 (в несколько упрощенном виде в отношении разведочных выработок) на площади 10 км².

Дополнительное бурение по оси плотины требуется в таком объеме:

а) в русле реки 2 скважины $\times 30$ м	60 п. м.
б) на левом берегу 1 скв. $\times 40$ м . .	40 п. м.
в) на правом берегу 3 $\times 30$	90 п. м.

Всего 6 скважин 190 п. м.

из них 100 п. м. колонкового бурения в грунтах III-й категории и 90 п. м. ударного ручного бурения диаметром 168/155 мм в грунтах III-й категории.

Буровые скважины в коренных породах опробуются нагнетанием воды под давлением. Всего 4 опыта по 6 смен.

Так как первый створ не дает уверенности в выявлении благоприятных геологических условий для устройства плотины высотой 50—55 м, то является необходимым разведать створ по второму варианту.

2. Второй вариант намечается в 1 км ниже первого, где по береговому обнажениям геологические условия более благоприятны. Ось плотины по этому варианту пересекает приблизительно посредине остров Веритин. Длина плотины по низу около

700 м, по верху — около 1000 м, а включая правобережную дамбу — около 3000 м.

а) По оси плотины проектируется заложение 12 буровых скважин, из них в русловой части долины, включая и остров, — 5 скважин, на левом берегу — 2 и на правом берегу — 5.

Вне створа в русловой части по 2 скважины, в нижнем и верхнем бьефе на расстоянии 150 м от оси плотины. Средняя глубина русловых скважин 30 м: $9 \times 30 \text{ м} = 270 \text{ п. м.}$

береговые: $2 \times 60 \text{ м} = 120 \text{ п. м.}$

„ $5 \times 40 \text{ м} = 200 \text{ п. м.}$

Бурение с учетом геологического разреза намечается комбинированное:

30% — ручное ударно-вращательное 168/155 мм всего : 180 п. м.
и 70% колодковое механическое : 410 п. м.

Грунты для ручного и колонкового бурения III категории.

б) Для разведки стройматериалов закладываются шурфы в количестве 20 шт., средней глубиной 4 м в грунтах III категории — 40 м и в грунтах II категории — 40 п. м.

в) При производстве буровых работ производится опробование трещиноватости коренных пород в 8 буровых скважинах нагнетанием воды продолжительностью в среднем по 6 рабочих смен в каждой скважине.

Примечания: 1) Ввиду крутизны берегов, подача воды к береговым скважинам, как для промывки так и для нагнетания, производится специальной насосной установкой.

2) Буровые скважины закладываются в первую очередь в русловой части долины по 2-му варианту. Если по этим скважинам выявятся более благоприятные геологические условия, чем по первому варианту, то основным створом будет второй вариант, а разведочные работы по первому отменяются.

г) Топографические работы.

Разбивка створа, плановая и высотная привязка буровых скважин и шурфов с ближайшими реперами, закрепление оси плотины реперами и сигналами (на берегах).

Общая длина теодолитно-нивелирного хода (двойное нивелирование) — 5 км.

д) Лабораторные работы.

1) механические анализы рыхлых пород поймы и береговых примыканий	60 образцов
2) определение удельного и объемного веса, порозности, естественной влажности	30 »

3) определение угла внутреннего трения	2	»
4) определение коэффициента фильтрации песка	5	»
5) то же — суглинков	2	»
6) испытание на сжатие	12	»
7) испытание на морозоустойчивость	12	»
8) петрографические определения	20	»
9) анализы воды из буровых скважин полные	6	»
10) анализы воды из Иртыша	2	»

е) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки представляется:

- 1) геологические разрезы долины р. Иртыша по оси плотины (1 и 2 вариантов) — 2 шт.
- 2) карты глубин залегания коренных пород в масштабе 1 : 5000 — 1 шт.
- 3) геологический разрез по оси шлюзового канала — 1 шт.,
- 4) геологическая записка с приложением ведомостей констант грунтов, анализов и буровых журналов разведочных выработок,
- 5) заключение по инженерно-геологическим условиям участка.

Б. ЧАША ШУЛЬВИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

а) Гидрогеологическая съемка.

Гидрогеологическая съемка производится в масштабе 1 : 200.000 в пределах зоны подпора до пос. Донского на площади $100 \times 4 = 400 \text{ км}^2$. Съемка охватывает прибрежную полосу Иртыша около 2 км с заходом по притокам и балкам.

Местность относится: по геологическому строению — к III-й категории, по обнажениям — ко II-й категории и по доступности — к III-й категории.

б) Разведочные работы при съемке проводятся из расчета 0,33 н. м. на 1 км^2 .

Зондировочное бурение	$0,33 \times 0,30 \times 400 = 40$	н. м.
Шурфы	$0,33 \times 0,25 \times 400 = 33$	н. м.
Канавы, расчистки	$0,33 \times 0,45 \times 400 = 60$	н. м.

в) Лабораторные работы.

1) механические анализы грунтов	50	образцов
2) палеонтологические определения	50	»
3) петрографические определения	25	»
4) полевые анализы воды	50	»
5) полные анализы воды	5	»

г) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки представляется:

- 1) гидрогеологическая карта в масштабе 1 : 200.000 на площади 400 км^2 ,
- 2) литологическая карта в масштабе 1 : 200 000 на площади 400 км^2 ,

3) схематические геологические разрезы по долине р. Иртыша — 5 шт.,

4) гидрогеологический очерк с характеристикой территории, как района подтопления, с указанием участков, где в следующей стадии проектирования должны быть проведены дополнительные более детальные исследования.

В. БЕЛОКАМЕНСКИЙ УЗЕЛ СООРУЖЕНИЙ

Для орошения Прииртышской части степного массива ниже Семипалатинска вывод воды из Иртыша может быть запроектирован или у с. Белокаменка, расположенного в 80 км, или у с. Грачи, расположенного в 170 км от Семипалатинска вниз по течению Иртыша.

Так как нет материалов для суждения, какой из вариантов является наиболее благоприятным, то программой работ должны быть предусмотрены исследования по обоим вариантам, с тем, чтобы на основе предварительных исследований, детальные исследования в следующей стадии проектирования производились бы на одном из указанных узлов сооружений.

В районе Белокаменского узла сооружений развиты девонская песчано-сланцевая толща и каменноугольные известняки, прикрытые четвертичными отложениями.

а) Для выбора створа производится рекогносцировочное обследование района при длине маршрута 100 п. км.

б) Инженерно-геологическая съемка в масштабе 1:10.000 на участке узла сооружений производится на площади 10 км².

Местность по геологической сложности и обнаженности — III-й категории, по доступности — II-й категории.

в) Разведочные работы при съемке проектируются в следующем объеме:

зондировочное бурение до 8 м	35×10 = 350 п. м.
шурфы	25×10 = 250 "
канавы и расчистки	40×10 = 400 "

г) Геолого-разведочные работы по створу.

При длине плотины по верху, включая и береговые дамбы, около 4000 м, разведочные выработки намечаются в следующем объеме:

5 буровых скважин в русле реки и на пойме до глубины 30 м 5×30	150 п. м.
на берегах: 2 скважины × 50 м	100 "
" 8 " × 25 м	200 "
в верхнем и нижнем бьефе 5×30	150 "

Всего 20 буровых скважин общей глубиной . 600 п. м.

В том числе колонковое бурение в грунтах	
III категории	300 п. м.
ударное 168/155 мм в грунтах III категории .	100 „
„ 127/115 „ „ II „ .	200 „
6 шурфов на берегах глуб. 4 м×6 (в грунтах III категории)	24 „

д) Стройматериалы.

Для разведки строительных материалов, необходимых для обеспечения узла сооружений, закладывается 40 шурфов средней глубины 4 м, из них $20 \times 4 = 80$ п. м в грунтах II категории и $20 \times 4 = 80$ п. м в грунтах III категории.

е) Опытные работы.

Для изучения степени трещиноватости коренных пород, проходимых колонковым бурением, производится опробование нагнетанием воды 10 буровых скважин с затратой на каждую скважину 6 рабочих смен, всего 60 отрядо-смен.

ж) Топографические работы.

Разбивка створа, плановая и высотная привязка разведочных выработок; закрепление оси плотины реперами и сигналами. Общая длина теодолитно-нивелирного хода (двойное нивелирование) — 7 п. км.

з) Лабораторные работы.

1) механические анализы	30 образцов
2) определение удельного веса, объемного веса, порозности, естественной влажности	30 „
3) угол внутреннего трения	2 „
4) коэффициент фильтрации песков	4 „
5) коэффициент фильтрации суглинков	2 „
6) испытание на временное сопротивление сжатию	12 „
7) испытание на морозоустойчивость	12 „
8) петрографические определения	20 „
9) палеонтологические определения	20 „
10) анализы воды полные (из буровых скважин и из Иртыша)	8 „

и) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки материалов полевых исследований и лабораторных определений представляется следующее:

- 1) гидрогеологическая карта в масштабе 1:10.000 на площади 10 км² — 1 шт.,
- 2) то же литологическая карта — 1 шт.,
- 3) карта глубин залегания коренных пород (скальное основание) в масштабе 1:10.000 — 1 шт.,
- 4) геологический разрез долины иртыша по оси плотины — 1 шт.,

5) то же по оси шлюзового канала — 1 шт.,

6) геологический отчет по материалам исследований с приложением ведомостей констант грунтов, таблиц анализов, буровых журналов, разведочных выработок и пр.,

7) заключение по инженерно-геологическим условиям участка узла сооружений.

Г. ГРАЧЕВСКИЙ УЗЕЛ СООРУЖЕНИЙ

В районе намечаемого узла сооружений развиты следующие коренные породы: по левому берегу — липариты, липарит-граниты и туфогенные песчаники, а по правому берегу — граувакковые песчаники каменноугольного возраста.

На берегах коренные породы прикрыты делювиальной и аллювиальной глинисто-песчаной толщей, а в русловой части долины гравелисто-песчаными аллювиальными образованиями.

Здесь намечаются следующие работы:

а) Рекогносцировочное обследование для выбора места под узел сооружений: длина маршрута 100 п. км.

б) Инженерно-геологическая съемка в масштабе 1:10.000 на площади 6 км². Местность III категории по геологической сложности и обнаженности и II категории по доступности.

в) Разведочные работы при съемке:

зондировочное бурение	35 × 6 = 210 п. м.
шурфы	25 × 6 = 150 "
канавы и расчистки	40 × 6 = 240 "

г) Геолого-разведочные работы при ширине долины по низу 600 м и по верху 1300 м, при высоте плотины 15 м, намечаются в следующем объеме:

русло реки	4 скв. × 30 м = 120 "
левый берег	2 " × 40 " = 80 "
правый берег	4 " × 40 " = 160 "
в нижнем и верхнем бьефе	6 " × 25 " = 150 "

Итого 510 м

Из них механическое колонковое бурение	280 м
Ручное ударно-вращательное диам. 168/155 мм	160 "
" " " " " 127/115 мм	70 "

Породы III категории для колонкового и ударного 168/155 мм и II категории для ударного 127/115 мм.

д) Для разведки стройматериалов закладывается 30 шурфов средней глубиной 4 м, в грунтах III категории 60 п. м и в грунтах II категории 60 п. м.

е) Опытные работы.

При бурении в коренных скальных породах с целью изучения интенсивности трещиноватости производится опробование 8 буро-

вых скважин нагнетанием воды, считая по 6 рабочих смен на каждую скважину, а всего 48 отрядо-смен.

ж) Топографические работы по разбивке створа и увязке разведочных выработок в плановом и высотном отношении. Теодолитно-нивеллирный ход — 5 п. км.

з) Лабораторные работы.

1) механические анализы	50 образцов
2) удельный вес, объемный вес, пористость, естественная влажность	25 »
3) угол внутреннего трения	2 »
4) коэффициент фильтрации песков	4 »
5) коэффициент фильтрации суглинков	2 »
6) испытание на временное сопротивление ска- тию	10 »
7) испытание на морозоустойчивость	10 »
8) петрографическое определение	20 »
9) палеонтологические определения	20 »
10) анализы воды полные из буровых скважин и Иртыша	8 »

и) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки материалов полевых исследований и лабораторных определений представляется:

1) гидрогеологическая карта в масштабе 1:10.000 на площади 6 км² — 1 шт.,

2) то же литологическая карта — 1 шт.,

3) карта глубин залегания коренных пород (скальное основание) в масштабе 1:10.000 — 1 шт.,

4) геологический разрез долины р. Иртыша по оси Грачевской плотины — 1 шт.,

5) то же по оси шлюзового канала — 1 шт.,

6) геологический отчет по материалам исследований с приложением ведомости констант грунтов, таблиц анализов, буровых журналов разведочных выработок и пр.,

7) заключение по инженерно-геологическим условиям участка узла сооружений.

Д. ЧАША НИЖНЕГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ИРТЫШЕ

а) Гидрогеологическая съемка водохранилища от сел. Грачи до г. Семипалатинска на площади 700 км² производится в масштабе 1:200.000. Местность по геологической сложности относится ко II-й категории, по обнаженности — к III-й категории, по доступности — ко II-й категории.

В площадь съемки включается береговая полоса шириной в среднем по 2 км, с каждого берега с заходом по долинам притоков и балкам до отметки подпора.

б) Разведочные выработки для данной категории местности в масштабе съемки намечаются в следующем объеме: бурение — 70%, шурфы — 20%, расчистка — 10%.

Бурение $0.50 \times 0.70 \times 700$	245 п. м.
Шурфы $0.50 \times 0.20 \times 700$	70 "
Расчистки и каналы $0.50 \times 0.10 \times 700$	35 "

в) Лабораторные работы:

1) механические анализы грунтов	40 образцов
2) определение удельного веса, объемного веса, порозности, естественной влажности	20 »
3) химические анализы воды полевые	50 »
4) химические анализы воды полные	5 »
5) петрографические определения	30 »
6) палеонтологические определения	30 »

г) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки материалов полевых исследований представляется:

- 1) гидрогеологическая карта в масштабе 1 : 200.000 на площади 700 км² — 1 шт.,
- 2) то же литологическая карта — 1 шт.,
- 3) схематические геологические разрезы по долине р. Иртыша — 7 шт.
- 4) гидрогеологический очерк с характеристикой территории, как района подтопления с выделением участков, где должны быть произведены дополнительные, более детальные исследования в следующей стадии проектирования.

Е. УЗЕЛ ГОЛОВНОГО СООРУЖЕНИЯ ГЛАВНОГО ОРОСИТЕЛЬНОГО КАНАЛА БЕЛЬ-АГАЧСКОЙ СТЕПИ

Вывод воды из Иртыша при отметке горизонта в водохранилище 270 м намечается у с. Шульбинского. Узел головного сооружения (плюза-регулятора) располагается на правом берегу. Здесь проектируются следующие работы.

а) Инженерно-геологическая съемка в масштабе 1 : 10.000 на площади 10 км². Местность по геологической сложности и обнаженности относится к III-й категории, по доступности — ко II-й категории.

б) Разведочные работы для съемки определяются соответственно масштабу и обнаженности в следующем объеме:

зондировочное бурение	$35 \times 10 = 350$ п. м.
шурфы	$25 \times 10 = 250$ "
расчистки	$40 \times 10 = 400$ "

в) Разведочные работы по оси канала и оси головного сооружения:

1) шурфов глубиной 5 м—10 шт. (грунты II категории)	50 п. м.
2) буровых скважин—10 шт. (грунты I-Iй категории) глубиной	
3×50 м	150 »
7×30 „	210 „
	<hr/>
	360 п. м.

Из них колонковое бурение	120 п. м.
ручное ударное 168/155 мм	120 „
„ „ 127/115 мм	120 „

г) Опытные работы.

1) Для опробования водоносных горизонтов производятся откачки из одиночных скважин—5 опытов продолжительностью по 3 смены—всего 15 отрядо-смен.

2) Для определения коэффициента фильтрации песков производятся опыты по методу Болдырева—5 опытов, всего 15 отрядо-смен.

3) Опробование трещиноватых пород в 4-х скважинах нагнетанием воды, считая по 12 смен на каждую скважину, всего 48 отрядо-смен.

д) Топографические работы.

Плановая и высотная привязка буровых скважин и шурфов. Теодолитно-нивеллирный ход 15 п. км.

е) Лабораторные работы:

1) механические анализы пород	200 образцов
2) определение удельного веса, объемного веса, порозности, естественной влажности	200 »
3) коэффициент фильтрации суглинков (монолиты)	10 »
4) то же песков	10 »
5) компрессионные кривые (монолиты)	10 »
6) число пластичности	40 »
7) валовые химические анализы пород	20 »
8) анализы воды полные	5 »
9) анализы воды полевые	20 »

ж) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки данных полевых исследований и лабораторных определений представляется:

- 1) гидрогеологическая карта в масштабе 1:10 000 на площади 10 км²,
- 2) литологическая карта в том же масштабе,

3) геологические разрезы по оси канала и по оси шлюза-регулятора — 2 шт.,

4) геологический отчет с приложением ведомостей констант грунтов, таблиц анализов, буровых журналов разведочных выработок и пр.,

5) заключение по инженерно-геологическим условиям участка.

IV. ДОЛИНА РЕКИ КУЛУНДЫ

Для защиты от затопления Кулундинской впадины, при устройстве Новосибирской плотины, на р. Кулунде проектируется земляная глухая плотина — у с. Андроново или Бахарево. Окончательный выбор варианта может быть сделан лишь после уточнения подсчета объема земляных работ как по плотинам, так и по магистральным каналам. Значительно больший объем земляных работ по плотине нижнего варианта у с. Бахарево дает сокращение длины каналов, а, следовательно, и сокращение земляных работ при сооружении последних. Независимо от этого, на выборе варианта отразятся и выявленные геологические условия.

В программу включаются следующие работы:

а) Выбор мест сооружений производится на основании рекогносцировочного обследования при длине маршрутов 100 п. км.

Длительность рекогносцировочного обследования определяется в 10 дней.

б) Инженерно-геологическая съемка проводится в масштабе 1:10 000 у п. Андроново на площади 30 км² при длине оси плотины 10 км, у Бахарева — 40 км², при длине оси плотины 13 км.

Ввиду плохой обнаженности принимается:

Местность I категории по геологической сложности,

” II ” по доступности,

” III ” по обнаженности.

Общая площадь съемки — 70 км².

Общий метраж выработок на 70 км²

$$100 \times 0.50 \times 1 \times 70 = 3500 \text{ м; из них}$$

бурение — 36% 1260 ”

шурфы — 24% 840 ”

расчистки и канавы — 40% . 1400 ”

в) Разведочные работы при варианте расположения плотины у с. Андроново.

При отметке подпора водохранилища на Оби + 137 м, длина плотины у с. Андроново, включая дамбу, будет 10 км, при максимальной высоте 15 м.

Геологическое строение района характеризуется наличием мощной толщи рыхлых галечно-песчаных четвертичных отложений, подстилаемых неогеновыми глинами.

Скважины по оси плотины закладываются в среднем через 400 м. Более густо — в пониженной части долины и более редко по оси дамбы. Всего $10\,000 : 400 = 25$ буровых скважин.

Проектная глубина скважин:

3 скв. диаметром 168 мм — 60 м	180 м
22 " " 89 " — 25 "	550 "
В нижнем и верхнем бьефе закладывается 8 буровых скважин средней глубиной 30 м, диам. 127 мм.	240 "
	Итого . 970 м

Грунты II-й категории.

г) Разведочные работы при варианте расположения плотины у с. Бахарево.

При той же отметке подпора длина плотины равна 13 км, при максимальной высоте 30 м. В районе развиты четвертичные отложения, подстилаемые третичными глинами.

Среднее расстояние между скважинами принимается равным 300 м. В верхнем и нижнем бьефе закладывается 10 буровых скважин. Общее количество скважин $13\,000 : 300 + 10 = 53$.
Проектная глубина:

4 скв. диаметром 168 мм × 75 м	300 м
30 " " 127 " × 40 "	1200 "
19 " " 89 " × 20 "	380 "
	Итого . 1880 м

Грунты II-й категории.

Всего по двум вариантам 86 скважин — 2850 м.

Примечание: Так как в конечном счете будет построена плотина или в Андронове, или в Бахарево, то для первоочередной ориентировки разведочные работы по обоим створам производятся в 30% намеченного объема. Параллельно с этим производится изучение топографии района и проработка вопроса ориентировочной стоимости сооружений плотин и каналов. Когда будут выявлены данные инженерно-строительного порядка в пользу того или другого варианта, тогда геологические исследования производятся в полном объеме, предусмотренном программой, по одному из створов.

д) Опытные работы.

Опробование водоносных горизонтов производится в буровых скважинах откачкой воды (одиночные скважины). Считая, что

в 50% скважин водоносные горизонты будут опробованы, общее число откачек будет: $86 \times 0,5 = 43$. Продолжительность откачки с подготовительными работами — 3 смены, или 129 отрядосмен.

е) Стационарные наблюдения.

Для изучения режима грунтовых вод по створу у Бахарева 10 разведочных скважин остаются наблюдательными на весь период изысканий. Наблюдения за уровнем и температурой воды производятся 1 раз в пятидневку, за исключением периода весеннего паводка, когда наблюдения производятся ежедневно.

Периодически — ежемесячно — из скважин и из р. Кулунды производится отбор проб воды для полных анализов. В период паводка пробы отбираются через 5 дней. Контрольные полные анализы — 3 шт.

На створе у Андроново производятся такие же наблюдения по буровым скважинам.

После окончательного выбора створа по одному из вариантов стационарные наблюдения прекращаются.

ж) Топография.

Плановая и высотная привязка буровых скважин, разбивка створов плотин с закреплением их реперами и сигналами. Общее протяжение теодолитно-нивеллирного хода — 35 км (двойное нивелирование).

з) Лабораторные работы.

При общем количестве образцов пород, полученных при гидрогеологической съемке и разведке — около 6500 шт., лабораторная обработка производится в таком объеме:

1) механические анализы	650 образцов
2) удельный вес, объемный вес, порозность, естественная влажность	150 »
3) коэффициент фильтрации песков	20 »
4) то же суглинков (монолиты)	10 »
5) угол внутреннего трения	8 »
6) компрессионные кривые суглинков и глин с ненарушенной структурой	8 »
7) число пластичности	40 »
8) валовые химические анализы пород	20 »
9) водные вытяжки	60 »

Отбор образцов производится с таким расчетом, чтобы аналитическую характеристику дать комплексной по ряду скважин.

10) Химические анализы воды в период разведки — сокращенные	100 анализов
11) то же — полные	6 »
12) в период стационарных наблюдений	150 »
13) определения палеонтологические	20 образцов

и) Камеральная обработка.

В результате камеральной обработки материалов полевых исследований и лабораторных определений представляются:

1) гидрогеологическая карта в масштабе 1:100 000 по двум участкам общей площадью 70 км² — 2 шт.,

2) литологическая карта (такие же масштабы и площади) — 2 шт.,

3) геологические разрезы через долину р. Кулунды по оси Бахаревской и Андроновской плотины — 2 разр.

4) геологический отчет с приложением таблиц лабораторных определений, опытных откачек и данных стационарных наблюдений, ведомости констант грунтов и пр.,

5) заключение по инженерно-геологическим условиям участков сооружений.

V. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В данной программе поиски строительных материалов включаются в геологические съемки, которые, как правило, производятся по комплексному методу. Разведочные работы по определению приблизительных запасов (в объеме, потребном для строительства) стройматериалов включены в программу лишь по узлам сооружений.

Наиболее сложным является вопрос в отношении строительного камня для с. Бахарева, ввиду отсутствия в ближайшем районе скальных пород.

VI. СОДЕРЖАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОТЧЕТОВ

По содержанию геологические отчеты в основном состоят из 2-х частей:

1) Геологическая записка, или собственно отчет,

2) Заключение.

Записка разделяется на следующие главы:

а) Введение: цель исследований, стадия проектирования, основные задания, организация работ, объем выполненных работ, срок и стоимость работ, обзор использованных литературных и архивных материалов.

б) Естественно-исторический очерк:

1) географическое положение,

2) краткая характеристика климата и метеорологических условий,

3) геоморфология,

4) гидрография,

5) стратиграфия,

6) тектоника и сейсмичность,

7) литология,

8) гидрогеология,

9) строительные материалы и прочие полезные ископаемые,

10) опытные работы,

11) стационарные наблюдения,

12) лабораторные определения и испытания,

13) выводы,

14) программа геологических исследований для следующей стадии проектирования (проектное задание).

В заключении по инженерно-геологическим условиям района или участка в сжатой форме дается характеристика геологического строения с приведением окончательных выводов, подтверждаемых цифровыми показателями для:

- 1) основания и береговых примыканий, плотин и дамб,
- 2) гидростанций и шлюзов-регуляторов,
- 3) трассы водосливных и шлюзных каналов,
- 4) чаш водохранилищ,
- 5) площадок специальных гидрогеологических исследований,
- 6) орошаемого массива,
- 7) данные по обеспеченности стройматериалами всех сооружений,
- 8) сравнение вариантов отдельных створов или узлов сооружений.

VII. ОБЩИЙ ОБЪЕМ РАБОТ И СМЕТНАЯ ИХ СТОИМОСТЬ

Для иллюстрации общего объема исследований по водно-мелиоративной схеме проблемы Обь-Иртыш приводится сводная таблица. (См. стр. 100).

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА

ПОЛЕВЫХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ ВОДНО-МЕЛИОРАТИВНОЙ СХЕМЫ ПРОБЛЕМЫ ОБЬ — ИРТЫШ

№№ по бор.	Наименование работы	Измеритель	Степь	р. Обь	р. Иртыш	р. Кулунда	Всего
1	Рекогносцировка	п. км	—	100	200	100	400
2	Гидрогеологическая съемка в масштабе 1:200.000, местн. I × II × I категории	км ²	40.000	—	—	—	40.000
3	То же в местности II × III × II категории	"	10.000	—	—	—	10.000
4	" " III × III × II "	"	—	2.000	700	—	2.700
5	" " III × II × III "	"	—	—	400	—	400
6	То же в масштабе 1:50.000 в местности II × III × II категории	"	—	500	—	—	500
7	Инженерно-геологическая съемка в масштабе 1:10.000 в местности III × III × II категории	"	—	60	26	—	86
8	То же в местности I × III × I категории	"	—	—	—	70	70
9	Колонковое механическое бурение в грунтах III категории	п. м.	—	925	1.210	—	2.135
10	Ручное ударно-вращательное бурение						
	а) диам. 168/155 мм, глуб. 75 м в грунт. III кат.	"	—	75	—	—	75
	б) " 168/155 " " 75 " " " II "	"	—	75	—	300	575
	в) " 168/155 " " 60 " " " II "	"	—	—	—	180	180
	г) " 168/155 " " 30 " " " III "	"	—	270	120	—	290
	д) " 127/115 " " 40—50 м в груп. II кат.	"	—	810	—	1.200	2.010
	е) " 127/115 " " 30 м в груп. III кат.	"	—	250	120	—	370
	ж) " 127/115 " " 25—30 м в груп. II кат.	"	7.160	740	270	240	8.410
	з) " 89/78 " " 20—25 " в " II "	"	800	100	—	930	1.830
11	Зондировочное бурение до 8 м	"	2.300	3.500	1.195	1.260	8.255
12	Шурфы глубиной до 5 м в грунтах II категории	"	—	200	160	—	360
	Шурфы глубиной до 4 м в грунтах III категории	"	—	120	174	—	294
	" " 2 " " " II "	"	2.660	1.900	823	840	6.223
13	Канавы и расчистки	"	1.330	2.600	1.145	1.400	6.475
14	Опытные откачки	отр/см.	840	33	15	129	1.107
15	Опытные нагнетания в буровые скважины	"	—	210	180	—	390
16	Опыты Болдырева в шурфах	"	300	15	15	—	330
17	Стационарные наблюдения	отр/мес.	24	26	—	24	84
18	Двойные теодолитно-нивелирные ходы	п. км	3.600	125	32	36	3.793
19	Лабораторные определения (и испытания):						
	а) механические анализы пород	образц.	1.000	1.050	430	650	3.130
	б) определение удельного веса, объемного веса, порозности, естественной влажности	"	650	460	305	150	1.565
	в) определение числа пластичности	"	100	80	40	40	260
	г) " коэффициента фильтрации песков	"	50	22	24	10	106
	д) " коэффициента фильтрации суглинков	"	50	30	16	20	116
	е) определение угла внутреннего трения	"	10	12	6	8	46
	ж) " угла естественного откоса (под водой)	"	50	50	—	24	124
	з) построение компрессионных кривых	"	—	22	10	8	40
	и) валовые химические анализы пород	"	100	22	20	20	162
	к) водные вытяжки	"	200	44	—	60	304
	л) анализы воды полные	"	100	59	39	6	184
	м) " " полевые	"	880	240	120	250	1.490
	н) петрографические определения	"	50	200	115	—	365
	о) палеонтологические определения	"	200	280	120	20	620
	п) определения временного сопротивления сжатию	"	20	40	34	—	94
	р) испытания на морозоустойчивость	"	20	20	34	—	74

ПРОБЛЕМА ОБЬ — ИРТЫШ

ИТ. ОБЩИЙ ОБЪЕМ РАБОТ И СМЕТНАЯ ИХ СТОИМОСТЬ

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
I. Водно-мелиоративная схема	5
1) Комплексная геологическая съемка	5
2) Геолого-разведочные работы	7
3) Опытные работы	10
4) Стационарные наблюдения	10
5) Топография	10
6) Лабораторные работы	11
7) Камеральная обработка	12
II. Проектное задание	14
1) Геологическая съемка	14
2) Геолого-разведочные работы	15
3) Стационарные наблюдения	27
4) Опытные работы	29
5) Лабораторные исследования	30
6) Топографические работы	31
7) Камеральная обработка	31
III. Технический проект	33
1) Геологическая съемка	34
2) Геолого-разведочные работы	34
3) Стационарные наблюдения	59
4) Опытные работы	61
5) Топография	65
6) Лабораторные испытания и определения	65
7) Камеральная обработка	67
Список использованной литературы	69
Приложение: Программа инженерно-геологических исследований для водно-мелиоративной схемы по проблеме Обь—Иртыш	71

6 П0
~~557.492~~

627

626
551.491.

658.25
624

Ответств. редактор Г. М. Матлин. Техн. редактор Л. М. Волкович.

Сдано в производство 28/VIII 1936 г. Подписано к печати 29/IX 1936 г.

Колич. тип. зн. в 1 б. л. 95.000.

Ст. ф. 62×94. Авт. лист. 8,2.

Бум. лист. 3¹/₄. Тираж 1500 экз. Ленгорлит № 22335. Зак. № 2019.

Типография „Коминтерн“. Ленинград, Красная, 1.

Цена 3 рубля

5914

5914