

Г. С. ЗОЛОТАРЕВ, Э. В. КАЛИНИН, А. В. МИНЕРВИН

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Под редакцией Г. С. Золотарева

Допущено Министерством высшего и среднего
специального образования СССР в качестве учеб-
ного пособия для студентов вузов, обучающихся
по специальности «Гидрогеология и инженерная
геология»

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1970

Предисловие

Создание в 1953 г. на геологическом факультете Московского университета кафедры гидрогеологии и инженерной геологии, а в 1954 г. — кафедры грунтоведения и инженерной геологии обусловило значительное развитие учебных дисциплин инженерно-геологического цикла. В настоящее время в состав предметов инженерно-геологического цикла (не считая грунтоведческого направления) входят следующие курсы. «Инженерная геология», «Методы инженерно-геологических исследований», «Инженерно-геологические расчеты и моделирование», «Региональная инженерная геология», «Организация и планирование инженерно-геологических работ».

Придавая большое значение практическим и семинарским занятиям как активной форме овладения студентами материала, сотрудники кафедры грунтоведения и инженерной геологии МГУ подготовили настоящее методическое пособие.

Первый сборник задач по курсу военной и инженерной геологии был опубликован В. В. Поповым в 1940 г. Сборник задач по инженерной геологии применительно к курсам, читаемым в Московском университете и других вузах, составленный Г. С. Золотаревым, издан в 1956 г. Данное пособие является значительно расширенным и переработанным вторым изданием упомянутого сборника, отражает развитие новых методов и объектов инженерно-геологических исследований, в частности строительство высоких плотин в горноскладчатых областях, изучение массивов трещиноватых пород с прочными кристаллическими связями («скальных»).

Пособие предназначено для ведения семинарских и практических занятий по курсам: «Инженерная геология», «Методы исследований» и, частично, по курсу «Инженерно-геологические расчеты».

Разные виды строительства — гидротехническое, подземное, дорожное, промышленно-городское и другие — ставят перед инженерно-геологическими исследованиями множество вопросов в зависимости от геологической обстановки района и стадии исследования. Авторы не имели возможности разработать задачи применительно ко всем вопросам, встречающимся в практике изысканий. В связи с этим в настоящем пособии помещены задачи, освещающие вопросы, важные для усвоения курса и наиболее часто встречающиеся в практике. Задачи объединены в шесть групп, каждая из которых содержит различные темы:

- 1) изучение и обработка данных по трещиноватости пород;
- 2) изучение оползней, обвалов, устойчивости склонов и бортов карьеров;
- 3) инженерно-геологическая характеристика речных долин для оценки районов расположения плотин ГЭС, водохранилищ и каналов;

4) инженерно-геологическая характеристика участков строительства промышленных, городских, дорожных и подземных сооружений;

5) обработка данных инженерно-геологической съемки, разведки и опытных работ.

Кроме того, в отдельном разделе приведены темы докладов на семинарских занятиях и научных кружках по отдельным вопросам инженерной геологии.

В большей части задач рассматриваются вопросы инженерно-геологических исследований на начальных стадиях изысканий, когда сравниваются условия нескольких участков в целях выбора наилучшего варианта и определяется содержание дальнейших работ.

В каждой главе сборника имеется методическая часть, в которой приводятся основные положения по данному разделу инженерной геологии, расчетные формулы и другой материал, необходимый для решения задач. Однако не было возможности изложить все существующие расчетные методы, формулы и указания, поэтому в ряде случаев для решения той или иной задачи рекомендуется дополнительная методическая литература.

К задачам, предусматривающим инженерно-геологическую характеристику участка, указывается геологическая литература в целях усвоения студентами региональных геологических особенностей района, знание которых необходимо для конкретных выводов инженерно-геологического характера. Кроме того, в учебное пособие включено большое число приложений по различным расчетным методам, условные обозначения и легенды, образцы инженерно-геологических разрезов и другой инструктивный материал.

Настоящее учебное пособие рассчитано в основном на студентов специальности «гидрогеология и инженерная геология» университетов, а также соответствующих специальностей горных и политехнических институтов. Облегченные варианты задач успешно использовались в Московском университете на семинарских занятиях по курсу инженерной геологии для специальностей «геологическая съемка и поиски» и «геология месторождений полезных ископаемых».

Содержание 2-го издания методического пособия определилось в течение последних десяти лет в процессе ведения семинарских занятий. Большая часть задач составлена А. В. Минервиным, Э. В. Калининным и Г. С. Золотаревым. Подбор материалов для сборника и составление отдельных задач выполнено В. С. Федоренко, З. А. Кривошеевой и Ю. Д. Матвеевым. Руководство по составлению задач и их редактирование осуществлено Г. С. Золотаревым, им же написаны методические разделы сборника. Методические указания и приложения подготовлены Э. В. Калининным и Г. С. Золотаревым. В оформлении учебного пособия участвовали А. Ф. Бернгоф, Л. И. Яблокова и Н. С. Махалкина.

Авторы сознают, что второе издание сборника задач по инженерной геологии не свободно от недостатков, и будут весьма признательны за все критические замечания и пожелания, которые просят направлять по адресу: Москва В-234, МГУ, геологический факультет, кафедра грунтоведения и инженерной геологии. Приносится большая благодарность официальным рецензентам: профессору П. Н. Панюкову, профессору А. К. Ларионову и доценту В. М. Фурса, а также профессору И. В. Попову и кандидату геолого-минералогических наук В. Т. Трофимову за просмотр и ценные указания, сделанные в период подготовки пособия к печати.

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

§ 1. СОДЕРЖАНИЕ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Советская инженерная геология сформировалась как самостоятельная отрасль геологических наук в конце двадцатых — начале тридцатых годов под влиянием запросов развивающегося гидротехнического и железнодорожного строительства. Основположник советской инженерной геологии академик Ф. П. Саваренский в 1937 г. дал следующее определение: «Инженерная геология является отраслью геологии, трактующей вопросы приложения геологии к инженерному делу... Задача инженерной геологии — изучить геологические процессы и физико-технические свойства горных пород, определяющие условия возведения сооружений и направление инженерно-геологических мероприятий по обеспечению устойчивости естественных земляных масс».

И. В. Попов (1959) рассматривает инженерную геологию в теоретическом отношении как отрасль геологии, изучающую динамику верхних горизонтов земной коры в связи с инженерной деятельностью человека. Прикладной задачей инженерной геологии, по И. В. Попову, является прогноз взаимодействия инженерного сооружения с геологической обстановкой во время строительства и эксплуатации.

Е. М. Сергеев (1962) считает, что в геологической науке окончательно оформилось особое направление — инженерная геология, изучающая горные породы и геологические процессы в связи со строительством.

Советские ученые — И. В. Попов, Г. Н. Каменский, В. А. Приклонский и другие, развивая идеи Ф. П. Саваренского, подразделяют инженерную геологию на три части:

1. Специализированное изучение горных пород и почв как грунтов, в основе которого лежит учение о прочности (в широком смысле) и способах ее повышения; этот раздел получил название «грунтоведение».

2. Изучение природных геологических (эндогенных и экзогенных) процессов, воздействующих на инженерные сооружения, и геологических процессов, вызванных возведением и эксплуатацией сооружения или проведением инженерных мероприятий; этот раздел получил название инженерной геодинамики.

3. Региональная инженерная геология выявляет такие закономерности геологического строения, распространения подземных вод, геологической истории и физико-технических свойств пород, которые определяют инженерно-геологические условия крупных территорий — регионов, районов и т. п., рассматриваемых применительно к различным видам строительства.

С исследованием прочности и поведения массивов горных пород, геологических и инженерно-геологических процессов и явлений неразрывно связано изучение подземных вод как гравитационных, так и в связанных формах. Подземные воды, их режим и состав, а также степень и сезонность обводнения массивов горных пород, как правило, являются важнейшим фактором при инженерно-геологической оценке территории и прогнозах. Важным элементом инженерной геологии является геологическая история изучаемой территории: формирование и развитие пород, процессов и подземных вод.

Г. Н. Каменский (1936) назвал «геологические явления, которые возникают под влиянием инженерных сооружений, в отличие от природных явлений, — инженерно-геологическими». Такое понимание инженерно-геологических процессов в настоящее время глубоко вошло в теорию и практику инженерной геологии. Отличительной особенностью инженерно-геологических процессов по сравнению с природными является их интенсивный характер на относительно небольших площадях.

В научной литературе и в практической деятельности широко применяется понятие инженерно-геологические условия, включающее в себя совокупность действующих природных факторов, имеющих значение для проектирования, строительства и эксплуатации наземных и подземных сооружений, для выбора их местоположения, конструкций и производства работ.

Инженерно-геологическое изучение массивов горных пород предполагает оценку их свойств и развития в них геологических процессов, важных в первую очередь для намечаемого строительства. В проблеме изучения и оценки прочностных и деформационных свойств пород с различными водно-коллоидными и кристаллизационными связями между минералами, зернами и агрегатами главное место принадлежит вопросам формирования этих свойств и изменения под влиянием процессов выветривания, разгрузки в связи с эрозийным врезом, выщелачивания и др.

Когда осуществляется строительство какого-либо крупного или ответственного инженерного сооружения, почти всегда производятся специальные работы по улучшению пород основания, по повышению их прочности и устойчивости в откосах, уменьшению водопроницаемости, размываемости и т. д. Стоит ли задача борьбы с просадочностью лесов, уплотнения илов или придания монолитности массиву трещиноватых и разгруженных осадочных и изверженных пород — обязательна разработка научных основ технической мелiorации, а также знание геологических процессов уплотнения, литогенеза, метаморфизма, колматации и др., которые превращают рыхлые осадки в прочные и непроницаемые массивы пород.

Необходимость комплексного, на современном научном уровне (с использованием достижений и методов химии, физики, механики и математики) изучения пород, подземных вод, геологических процессов и геологической истории наиболее отчетливо проявляется при разработке следующих главных проблем инженерной геологии:

а) формирование и оценка карста, особенно в легко растворимых породах, когда растворяющая способность, количество и движение подземных вод обуславливают степень и интенсивность разрушения массива пород, а следовательно, и их механические и фильтрационные свойства;

б) изучение просадок в лессах, при которых изменение общей обводненности (начальной и конечной влажности), связанной с вод-

ным балансом и режимом подземных вод, является базой для прогноза величинны и времени просадочных деформаций;

в) изучение и прогноз обвалов, оползней и устойчивости склонов не представляется возможным без анализа геологической истории их развития, процессов разгрузки, выветривания, естественного напряженного состояния, выщелачивания и фильтрационного воздействия, резко изменяющих свойства пород в массиве, в приконтактных и трещиноватых зонах;

г) прогноз сдвижения горных пород над подземными выработками, возникновения провальных и других неблагоприятных явлений во взаимодействии с развивающейся депрессионной воронкой при водоотливе, при усилении суффозии и фильтрационного воздействия и, как следствие, изменение состояния и механических свойств массива пород;

д) прогноз устойчивости бортов и деформаций дна глубоких карьеров и выемок, в том числе в связи с действием напорных вод и водоопизнительных систем;

е) разработка инженерно-геологических критериев для оценки микросейсмических условий территории;

ж) инженерно-геологический анализ новейших структур и современных тектонических движений.

Изменяющаяся во времени обводненность отложений, режим подземных вод, их фильтрационное и химическое воздействие существенным образом влияют на состояние и прочность массивов пород, обуславливая возникновение опасных для сооружений инженерно-геологических процессов. Не менее важна геологическая история формирования (упрочнения и разрушения) пород, гравитационных и связанных подземных вод, а также геологических процессов, создавших современную инженерно-геологическую обстановку, которую необходимо оценить и дать прогноз ее изменения после возведения сооружений.

Характерной особенностью инженерной геологии является количественная оценка свойств горных пород и прогноз во времени геологических и инженерно-геологических процессов. Для такого прогноза и оценок выполняются инженерно-геологические расчеты и производится моделирование инженерно-геологических процессов. Необходимо иметь в виду, что изучение горных пород и количественная оценка их свойств невозможны в отрыве от протекающих природных геологических и инженерно-геологических процессов и, наоборот, процессы нельзя изучать вне конкретной обстановки — пород, окружающих массив, и подземных вод, в них заключенных.

Стадии проектирования и инженерно-геологических исследований¹

Любые инженерно-геологические исследования проводятся применительно к конкретным задачам и требованиям определенного вида строительства. Содержание инженерно-геологических исследований, виды и объемы работ определяются:

а) видом намечаемого строительства или использования территории; б) характером геологического строения и гидрогеологических условий территорий; в) стадией проектирования.

Выделяют следующие стадии проектирования гидротехнических сооружений:

¹ В настоящее время пересматривается стадийность проектно-изыскательских работ.

а) схема использования речного бассейна в целях выбора районов расположения первоочередных гидроузлов;

б) проектное задание, целью которого является выбор места, типа и размеров сооружений, а также определение стоимости и сроков строительства;

в) технический проект, при разработке которого окончательно уточняются конструкции сооружений и их размеры, определяется способ производства строительных работ и составляются рабочие чертежи.

На каждой из указанных стадий проектирования проводятся инженерно-геологические исследования. Эти исследования продолжаются при строительстве и эксплуатации сооружений.

Аналогичные стадии проектирования и соответствующие им инженерно-геологические исследования установлены и для других видов строительства. Так, например, проектирование городов и промышленных объектов подразделяется: а) схема районной планировки; б) проект генерального плана города; в) проект детальной планировки. Проектирование отдельных крупных городских и промышленных объектов также происходит в одну, две и три стадии в зависимости от класса сооружения и сложности геологических условий.

Сокращение стадий проектирования целесообразно при строительстве сооружений невысокой стоимости, местного значения и временного характера, а в особых случаях и при строительстве крупных сооружений. Правильная постановка вопросов инженерно-геологических исследований, различная на разных стадиях как по характеру, так и по глубине разработки, является залогом всестороннего изучения природных условий района строительства, обеспечивает минимальный объем изыскательных работ, уменьшение стоимости строительства и эксплуатации сооружения, а также предотвращает возможность катастроф.

На первых стадиях преобладают геолого-съёмочные, облегченные разведочные, а на стадии технического проекта — разведочные, опытные и лабораторно-экспериментальные работы.

Основные методы инженерно-геологических исследований и прогнозов

В инженерной геологии применяются следующие основные методы.

Инженерно-геологическая съёмка, как правило инструментальная (с использованием тахеометров, фототеодолита и аэрофототеодолитных снимков) при средних и крупных масштабах, позволяет давать приближенно-количественные характеристики геологическим явлениям, тектонической и экзогенной трещиноватости и обводненности массивов пород, геоморфологическим особенностям и водопроявлениям изучаемой территории.

Инженерно-геологическая разведка — бурение скважин с особым режимом, обеспечивающим высокую точность геологической документации: выявление тонких прослоев «слабых» пород, контактов, каверн, слабой обводненности отложений и трещин, степень сохранности структуры породы (керна) и проведение разного рода испытаний, геофизическое и гидравлическое опробование и режимные наблюдения в выработках. Применяются разные способы бурения скважин в зависимости от геологического строения, гидрогеологических условий и задач исследований — начиная от пенетрации с геофизическим опробованием и кончая проходкой скважин диаметром до 1300 мм.

Разведка горными выработками — шурфами, шахтами и штоль-

ями применяется в сочетании с бурением и дает хорошие результаты при изучении специальных вопросов — тектонической нарушенности и трещиноватости, закарстованности массивов пород, водопритока, строения оползней, зоны выветривания и для проведения фильтрационных и геотехнических опытов.

Опытные полевые работы ставятся для изучения: а) трещиноватости, водопроницаемости, выщелачиваемости и размываемости (эрозивной, абразионной и механической суффозии) массивов пород; б) прочностных и деформационных свойств и состояния трещиноватых и неоднородных пород в условиях естественного залегания (геомеханические опыты) — определение сопротивления сдвигу, сжимаемости, порового давления, модулей деформации, величин и распределения естественных напряжений.

Строительство крупных наземных и подземных сооружений в районах сложного геологического строения и рельефа, в условиях высокой сейсмичности, больших неравномерных и динамических нагрузок предъявляет новые требования к инженерно-геологическому обоснованию проектов, учета анизотропности фильтрационных, механических и других свойств массивов пород и обводненности, неодинаковой по объему и времени. В связи с этими особенностями наметились следующие направления в методике опытных инженерно-геологических работ.

Первое — массовое быстрое исследование фильтрационных и механических свойств и состояния пород так называемыми «экспресс-методами» — пенетрацией, зондированием, геофизическим опробованием, кратковременными откачками и наливками.

Второе — проведение сложных и длительных опытов по изучению фильтрационных и механических свойств, сопротивляемости размыву и выщелачиваемости достаточно большого объема массива пород, позволяющего выявить его анизотропность, влияние трещин и контактов, текстурных особенностей, залегания, неоднородности и т. п. Эти опыты обычно проводятся на стадиях технического проекта и отчасти проектного задания.

Третье — постановка опытов большого масштаба, воспроизводящих: фильтрационные и вызываемые ими процессы в породах, водоприток и распространение депрессионных воронок, изменение состояния и деформации пород основания и откосов и другие явления, по характеру, объему и интенсивности равные или даже превышающие возникающие после возведения сооружения. Эти наиболее сложные и трудоемкие опыты должны проводиться по специально разработанной программе и при соответствующем оборудовании.

Стационарные наблюдения за режимом подземных вод и геологическими процессами (неотектонических, сейсмических, экзогенных и инженерно-геологических), а также за состоянием выстроенных сооружений и эффективностью инженерных укрепительных мероприятий. Эти наблюдения имеют огромное значение для количественной оценки различных геологических процессов, роли подземных вод и для проверки инженерно-геологических прогнозов.

Геофизические методы исследования — электроразведочные, сейсморазведочные, радиометрические и другие находят все большее применение в инженерной геологии и в ряде случаев могут быстро дать ответ на вопросы, которые разрешить при помощи других методов было бы крайне трудно. В настоящее время меняется область приложения геофизических методов разведки; упор делается на исследования состояния и свойств пород — плотности, влажности, неоднородности, трещи-

новатости (в объемных характеристиках), динамических модулей и т. п., что имеет большое значение для инженерно-геологических заключений. Однако нельзя и переоценивать геофизические методы разведки в инженерно-геологических целях; наиболее эффективны они в сочетании с вышерассмотренными другими методами исследований.

Лабораторно-экспериментальные исследования позволяют изучить состав, состояние и различные свойства горных пород в образцах, что важно, но нередко бывает недостаточно, так как сооружение возводится на массивах пород, состояние которых обычно значительно отличается от такового в образце. Этим обусловлено все большее развитие полевых опытов по изучению состояния и свойств пород в условиях естественного залегания.

Для современного этапа развития инженерной геологии характерно проведение исследований на стендовых установках — моделирование геологических и инженерно-геологических процессов, определение величин и распределения напряжений в массивах неоднородных трещиноватых пород и т. п. Эти испытания весьма перспективны и помогут решить сложные инженерно-геологические задачи.

О методах оценки и прогноза инженерно-геологических условий. Для количественной характеристики роли отдельных природных или инженерных факторов в развитии геологических процессов, для оценки деформации и состояния массива пород и геологических явлений или инженерно-геологических условий территории, а также для прогноза различных неблагоприятных инженерно-геологических процессов применяются следующие методы:

Методы аналогий — в различных модификациях: сравнительно-геологический (по Г. С. Золотареву); природных аналогов (по Л. Б. Розовскому) и инженерно-геологических аналогий (по Н. В. Коломенскому).

Расчетные методы — весьма многочисленны и позволяют оценить напряженное состояние и деформацию массивов пород в основании сооружений, устойчивость склонов, силовое и гидрохимическое воздействие фильтрационного потока вод, размыв берегов и другие инженерно-геологические явления.

Методы инженерно-геологического моделирования — оптического, с эквивалентными материалами, механических деформаций на центрифугах, гидравлического, гидрохимического и других, получившие в последние годы широкое применение, — являются перспективными при изучении напряженного состояния и различных деформаций в неоднородных трещиноватых массивах пород и при оценке того или иного фактора или геологического явления в совокупности.

Преимущество методов моделирования, природных аналогов и сравнительно-геологического заключается в возможности охарактеризовать сложное инженерно-геологическое явление в целом как результат действия не одного, а многих факторов. Однако методы моделирования и аналогов имеют свои пределы применения и степень точности. Кроме того, необходимы специальные наблюдения по достаточно большому числу объектов, обобщение опыта строительства и высокая квалификация специалиста, делающего инженерно-геологические выводы. Рассматривая одну из важных проблем инженерной геологии — устойчивость склонов и откосов и возможность использования методов расчета, Н. Н. Маслов (1955) пишет, что «несмотря на огромную роль расчетных методов, как наиболее объективных, не следует забывать, что они являются все же лишь вспомогательными в общем инженерно-геологическом анализе всей естественно-исторической обстановки».

Успех применения расчетного метода заключается в выборе: а) инженерно-геологической расчетной схемы, наиболее полно соответствующей основным особенностям строения массива пород, генетическому типу оползня и механизму его движения (если речь идет об оползнях и устойчивости склона); б) расчетных значений показателей сопротивления сдвигу пород в состоянии наименьшей прочности при начале движения или других показателей свойств и состояния пород — сжимаемости, модулей деформации, коэффициента размыываемости, величин естественных напряжений и т. д.

Показатели механической прочности пород, деформируемости, фильтрационных и других свойств зависят от многих факторов — от состава, структуры, сложения и т. п., а также от различного рода трещиноватости, степени разгрузки и выветрелости массива пород. В связи с указанным надо всегда различать величину какого-либо показателя свойств петрографически-однородного слоя от показателя прочности массива пород. Так, сопротивление сдвигу пород меняется во времени: а) вследствие выветривания, увлажнения и выщелачивания (разрыхление, разрушение структурных связей и т. п.); б) при оползневом перемещении (повторные подвижки); в) при изменении влажности пород по сезонам и за несколько лет. Величины сопротивления сдвигу и других свойств пород также зависят от техники эксперимента и от размера образца.

Сказанное не исключает необходимости максимального внедрения расчетных методов в практику инженерно-геологических исследований. Задача заключается в разумном сочетании методов аналогии, расчетов и моделирования применительно к каждому конкретному инженерно-геологическому объекту, в определении возможностей и точности того или иного метода.

§ 2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КЛАССИФИЦИРОВАНИЕ ПОРОД, ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ

При любых инженерно-геологических исследованиях неизбежно возникают вопросы классифицирования и терминологии для характеристики пород и явлений. Поэтому целесообразно привести некоторые положения методического характера.

Как известно, инженерно-геологические классификации пород и процессов (явлений) разделяются на: а) общие, б) частные, в) региональные и г) специальные. Наибольшее практическое значение для оценки и прогноза инженерно-геологических условий конкретного района имеют региональные классификации, иногда доведенные до специальных. Общие классификации имеют главным образом методическое значение при разрешении тех или иных инженерно-геологических вопросов.

Схема сопоставления геологических и инженерно-геологических процессов и явлений. При инженерно-геологическом анализе и классифицировании следует различать: 1) факторы — природные и инженерные (вызванные деятельностью человека), обусловившие развитие того или иного геологического процесса; 2) собственно геологические и инженерно-геологические процессы; 3) условия или среду (обстановку), в которой развивается процесс; 4) результаты действия одного или совокупности процессов, приведшие к появлению нового или изменению ранее существовавшего геологического явления.

Вопросами классифицирования геологических и инженерно-геоло-

Важнейшие расчетные показатели свойств пород

Показатель	Обозначение и размерность	Использование в расчетах устойчивости сооружений и при прогнозах инженерно-геологических явлений
Объемный вес при естественных влажности и сложенности	$\Delta, т/м^3$	Расчет устойчивости оснований; расчет устойчивости откосов и склонов; расчет давления на подпорную стенку и др.
Гранулометрический состав	содержание различных фракций, %	Оценка возможности механической суффозии и расчет обратных фильтров; прогноз переработки берега; выбор диаметра отверстий фильтров буровых скважин; подбор оптимальных смесей грунтов дорожных покрытий и др.
Коэффициент фильтрации	$K_f, м/сут$	Расчет потерь на фильтрацию из водохранилищ, каналов, на участке плотины и т. д.; расчет подпора грунтовых вод; определение притока воды в водозаборные сооружения, дренажи, котлованы и т. п.; расчет осушения, искусственного водопонижения и т. п.
Недостаток насыщения	$\mu, \%$	Расчет подпора грунтовых вод во времени; водный баланс массива пород; расчет эксплуатационных запасов подземных вод; расчет дренажей; оценка трещиноватости; при проектировании противофильтрационных мероприятий
Водоотдача	$q_0, \%$	
Удельное водопоглощение	$q, л/мин$	
Высота капиллярного поднятия	$H_k, м$	Определение глубины заложения дрена, осушительных канав и фундаментов зданий; оценка устойчивости откосов и склонов (оползневых, обвальных и др.); оценка устойчивости основания сооружения (выпирание, плоский и глубокий сдвиги); оценка давления на подпорные стенки; расчеты устойчивости откосов
Коэффициент внутреннего трения	$tg \varphi$	
Сцепление	$c, кг/см^2$	
Угол и коэффициент сдвига	$\varphi_p; F_p$	
Модуль сжатия (по Н. Н. Маслову)	$E_c, мм/м$	Расчет уплотнения пород в основании сооружений; расчет деформации пород и устойчивости сооружений
Коэффициент уплотнения	$a, см^2/кг$	
Модуль полной деформации	$E_t, кг/см^2$	

Показатель	Обозначение и размерность	Использование в расчетах устойчивости сооружений и при прогнозах инженерно-геологических явлений
Коэффициент крепости массива пород (по М. М. Протодьяконову)	f	Определение горного давления на крепь подземных сооружений и выработок;
Коэффициент упругого сопротивления	$K, \text{кг/см}^3$	расчет крепления подземных сооружений;
Естественные напряжения в массиве пород: вертикальные горизонтальные максимальные скалывающие	σ_z σ_x, σ_y $\sigma_{\text{макс}}$	оценка деформируемости пород и расчеты устойчивости склонов и сооружений
Растворимость (содержание водорастворимых составляющих)	% к общему объему пород	Оценка химической суффозии и карстовых процессов;
Размываемость пород под воздействием волн и эрозионных процессов	$K_p, \text{тл/м}^3$	прогноз переработки берега водохранилища и формирования селей

гических явлений занимались Ф. П. Саваренский (1939), Н. И. Николаев (1947), И. В. Попов (1957), В. А. Приклонский (1955), Г. С. Золотарев (1956), П. Н. Панюков (1962), Ф. В. Котлов (1963), Н. Н. Маслов (1955) и другие исследователи. Еще большее внимание уделяется инженерно-геологическому классифицированию горных пород.

Были предложены многочисленные общие, частные и региональные классификации, которые подробно рассматриваются в курсах грунтоведения. Имея в виду назначение настоящего методического пособия, следует привести перечень основных расчетных показателей свойств пород и схему предварительного классифицирования пород, имеющую существенное значение для детальных работ и составления соответствующих карт и разрезов.

Показатели инженерно-геологических свойств и состояния пород. В инженерной геологии и грунтоведении принято разделять показатели состояния и свойств горных пород на классификационные, косвенные и прямые расчетные. Кроме того, различают частные и обобщенные показатели.

Важнейшие расчетные показатели сведены в табл. 1-1.

Схема инженерно-геологического классифицирования пород по полевым наблюдениям и опробованию

На начальных стадиях изучения района при предварительной разработке региональной инженерно-геологической классификации пород по материалам картирования следует исходить из формационно-генетического принципа и характера внутренних (структурных связей). До недавнего времени основными критериями для инженерно-геологического разделения пород служили данные лабораторного изучения состояния и свойств пород. В то же время полевые наблюдения за поведением и состоянием массива в различной природной обстановке могут дать очень важные материалы для предварительного их расчленения и оценки.

Представляется целесообразным инженерно-геологическое классифицирование проводить в два этапа. В первый этап, в основном по мате-

риалам инженерно-геологической съемки, составляется предельная классификация, учитывающая полевые описания и характеристику массива в природных условиях, результаты массового опробования пород и их разделение по простым показателям. В случае дальнейшего инженерно-геологического изучения пород лабораторно-экспериментальными методами или путем полевых опытов накапливаются данные для более детальной их характеристики, что позволяет составить окончательную классификацию. Опыт составления предварительных инженерно-геологических классификаций имеется; в частности они были составлены для красноцветных верхнепермских отложений района Нижнекамского водохранилища 1957—1958 гг. и для древних магматических и метаморфических пород района г. Красноярска. На значение подобных классификаций ранее указывал В. А. Приклонский. В целях большей конкретности классификаций рекомендуется составление их отдельно для континентальных (аллювиальных, гравитационных, ледниковых и других) комплексов пород; осадочных морских отложений, магматических и метаморфических пород.

Примерная схема классифицирования пород по материалам инженерно-геологической съемки применительно к континентальным и морским осадочным отложениям, дана в табл. 1-2. Классифицирование пород при инженерно-геологических съемках масштабов 1 : 100 000 и крупнее целесообразно начинать с выделения стратиграфо-генетических комплексов как составной части формации или субформации (схема И. В. Попова).

Предварительная инженерно-геологическая классификация позволяет более целенаправленно и на минимальном числе образцов определить методику дальнейшего опробования пород и изучения их состава, строения, физических, механических и фильтрационных свойств. Подобная классификация дополняет характеристику и оценку пород, явлений и других особенностей изучаемой территории, которые отражаются на инженерно-геологических картах и разрезах, составляя с ними единое целое.

Понятие об инженерно-геологических массивах и элементах. Увеличение размеров и веса сооружений значительно расширило сферу их влияния в толщах пород и вызвало необходимость, с одной стороны, выделения среди пород элементов с одинаковыми инженерно-геологическими свойствами, с другой — оценку состояния и свойств пород во всем объеме, реагирующих на механическое, фильтрационное и иное воздействие сооружения. Наличие в массивах пород различной (литогенетической, тектонической и экзогенной) трещиноватости, неоднородности состава, сложения и форм залегания, разгрузка напряжений, например при эрозионном расчленении, выветрелость и другие особенности определяют резкие различия в величинах показателей свойств образца и массива в целом. Некоторые исследователи по эмпирическим данным оценивают, например, уменьшение величины сцепления из-за трещиноватости и выветрелости в 450 раз (С. И. Попов, 1959). Величина модуля деформации монолитного гранита района г. Могилева (по данным Б. Д. Зеленского) составляет $500\,000\text{ кг/см}^2$, а при наличии узких трещин с интервалом 30 см — всего $12\,200\text{ кг/см}^2$. Об уменьшении прочности пород в массиве по сравнению с образцом в 30—50 и более раз указывают Г. Л. Фисенко, Н. Н. Куваев, Е. П. Емельянова и др.

Поэтому для прогноза инженерно-геологических процессов, расчетов деформации пород в основании сооружений, устойчивости откосов и т. д., а также при инженерно-геологическом моделировании необходимо различать — инженерно-геологические элементы и

Таблица 1-2

Схема предварительной инженерно-геологической классификации пород (по материалам инженерно-геологической съемки)

Стратиграфо-гео- технический комплекс	Фациальный (и микро- фациальный) ком- плекс	Геотехнический индек- с	Пострографи- ческий тип пород	Разрез	трещиноватость $K_{тр}$, %	выветриваемость	размываемость: а) срыв на склонах; б) в оврагах и про- моях; в) на бечениках рек; г) на отвесах озер, до- дохранилищ и морей	степень эрозивной расчлененности территории Σp	крутизна и состояние устойчивого откоса определенной высоты
				Графичес- кое изобра- жение комп- лекса пород	Степень трещино- ватости дается в ви- де площадного или объемного коэффи- циента с разделени- ем по генетическим типам трещин	Указывается ин- тенсивность, глубина и характер вы- ветрелых пород в разных горизонтах и на различных гео- морфологических элементах (по воз- можности), а также коэффициент степе- ни выветренности для разных горн- зонтов	Интенсивность смыва и размыва по- род на склонах и в оврагах дается в описательном виде с разделением на 3—4 категории. Раз- мыв пород в бечев- никах рек и на от- весах дополните- льно характеризуется средней крутизной	Под этим показа- телем понимается общий объем овра- гов голоценового (а при невозможности выделения и верхне- четвертичного) вре- мени, m^3 , отнесен- ный: а) к $1 км^2$ пло- щади, сложенной однотипными поро- дами; б) к единице энергии стекающих вод, $т.м$	Прочность пород характеризуется по предельной крутиз- не устойчивого от- коса определенной (типичной) высоты — 15—25 или 40 м и по состоянию по- верхности откоса

Продолжение табл. 1-2

Показатели состояния и свойства пород (массовое опробование)					Предварительная инженерно-геологическая характеристика	
влажность $W, \%$	объемный вес влагой породы $\Delta, \text{г/см}^3$	прочность по одностороннему сжатию, кг/см^2	соотношение по пектро- метру	динамический модуль упругости E_d , кг/см^2	размаха- ние, время и характер	типы или разновид- ности породы (слоя, контакта, зоны и т. п.)
1) значения показателей даны: в числителе — обобщенный, в знаменателе — пределы колебаний; 2) в случае невозможности определить сжатие на образцах цилиндрической формы (диаметр 4—6 см), допускается испытание образцов неправильной формы, о чем дается соответствующая оговорка; 3) величина динамического модуля конкретной породы или комплекса определяется в обнажении или стенке горной выработки микросейсмическим или ультразвуковым методом; 4) величины классификационных показателей приводятся отдельно для образцов различной трещиноватости, выветрелости и ориентировки слоистости или слоистоватости					массива (пачки) породы по совокупности признаков, индекс массива	Приводится обобщенная характеристика массива (толщи) пород, состоящего из нескольких слоев (типов) или инженерно-геологических (по Н. В. Колосменскому) элементов пород.
					Выделяются и оцениваются основные и важные в инженерно-геологическом отношении породы и контакты по совокупности полевых и предварительных лабораторных показателей	Указывается: вероятная реакция пород при разном воздействии на них инженерного сооружения и вод; прогноз изменения состояния и свойств массива пород, а также примерный коэффициент ослабления его механической прочности за счет неоднородности, трещиноватости, выветрелости и т. п.
						Индекс массива на разрезах, картах и в таблицах указывается римской цифрой, а его часть (субмассив) — дополнительно заглавной латинской буквой (II-A; II-B; II-C и т. д.)

массивы пород. Элементы (по Н. В. Коломенскому, 1956) представляют часть геологического разреза, обособленную по стратиграфическим, фациальным и петрографическим признакам (пачка, слой, линза, контактная зона и т. п.), в пределах которых породы обладают одинаковыми инженерно-геологическими показателями свойств, трещиноватостью, выветрелостью, другими особенностями и состоянием.

Сложнее вопрос о выделении инженерно-геологического массива пород; целесообразно различать два понятия в зависимости от стадии исследований и детальности изучения района. Когда известны тип, параметры, конструкция и режим работы сооружения, то можно с большей или меньшей точностью представить характер его влияния на геологическую обстановку (породы, подземные воды, геологические процессы). В этом случае возможно определить состояние и свойства всего массива пород или его части, реагирующих на воздействие сооружения. Такое положение имеет место при рабочем проектировании и частично при составлении проектного задания, когда и целесообразно обособление собственно инженерно-геологических массивов пород, как это было сформулировано П. Н. Панюковым (1962). При начальных стадиях исследований и проектирования, когда еще не выбраны тип и месторасположение сооружения, целесообразно применять термин региональный инженерно-геологический массив пород. Выделение инженерно-геологических массивов проводится по структурному, стратиграфическому, фациальному, петрографическому признакам, интенсивности трещиноватости, выветрелости и поведению в природной обстановке, а также по обобщенным показателям свойств пород.

§ 3. ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СЪЕМОК, КАРТЫ И РАЗРЕЗЫ

В течение многих лет обсуждается проблема инженерно-геологических карт; высказывались разные точки зрения на принципы их составления, назначение и содержание.

И. В. Попов в своем учебнике 1959 г. и во многих статьях подчеркивает важность оценки различных природных факторов и большое значение прогнозов инженерно-геологических явлений, отмечая, что спор о содержании инженерно-геологических карт «решается практикой, преимущественно в пользу составления специальных карт». Этой позиции придерживалось большинство участников совещаний 1949, 1953, 1962 и 1968 гг.

Достижения инженерной геологии, большой опыт изыскательских работ и строительства обязывают по-новому определить назначение и содержание инженерно-геологических карт и разрезов. Из истории инженерно-геологических работ для промышленно-городского строительства известно немало случаев, когда отсутствие обстоятельных инженерно-геологических материалов повлекло за собой неправильный выбор территории для застройки и неудовлетворительное решение проектных задач.

На совещании 1962 г., в котором участвовало 520 специалистов от 221 организации, были приняты следующие решения:

— мелкомасштабные карты (1:500 000 — 1:2 500 000) являются обзорными и предназначаются для общего планирования размещения всех видов строительства и для составления программ инженерно-геологических исследований;

— среднемасштабные карты (1:200 000 — 1:100 000) характеризуют региональные инженерно-геологические условия территории и

предназначены для начальных стадий проектирования различного вида сооружений и инженерных мероприятий;

— крупномасштабные карты (1 : 50 000 и детальнее) должны подробно отражать инженерно-геологические условия территории и в большинстве случаев являются специализированными картами, составляемыми применительно к требованиям проектирования конкретных видов строительства.

Все инженерно-геологические карты независимо от масштаба должны строиться на единых принципах. Принцип формационного литолого-генетического и структурно-трещинного анализа пород при инженерно-геологическом картировании является наиболее прогрессивным, отвечающим современному уровню развития геологических наук. При составлении инженерно-геологических карт всех масштабов целесообразно составлять карты вспомогательного характера, имеющие инженерно-геологическую направленность: гидрогеологическую, четвертичных отложений с элементами геоморфологии и др. Содержание вспомогательных карт не должно механически переноситься на инженерно-геологическую карту, оно должно использоваться в соответствии с ее типом и назначением.

Инженерно-геологические карты масштаба 1 : 1 500 000 и мельче составляются для выявления основных закономерностей инженерно-геологических условий территории и систематизации материалов по отдельным регионам. Эти карты могут служить учебными пособиями по инженерно-геологическим дисциплинам, преподаваемым в вузах. Инженерно-геологические карты масштабов 1 : 1 000 000, 1 : 500 000 и 1 : 200 000 считаются государственными инженерно-геологическими картами и используются при планировании изысканий и строительства, проектировании на ранних стадиях объектов городского и линейного строительства. Государственные инженерно-геологические карты масштаба 1 : 1 000 000 — 1 : 200 000 также предназначаются:

- а) для обобщения опыта изысканий, проектирования и строительства в различных инженерно-геологических условиях;
- б) для разработки районных нормативов и проектирования оснований сооружений;
- в) для разработки районных нормативных инструкций к проведению инженерно-геологических исследований;
- г) для решения задач, связанных с разработкой типовых проектов инженерных сооружений.

Государственные инженерно-геологические карты составляются при наличии геологических, геоморфологических и гидрогеологических карт с использованием данных дополнительных полевых исследований, во время которых изучаются инженерно-геологические особенности территории.

Крупномасштабные инженерно-геологические карты составляются для отдельных районов или участков с учетом показателей, которые требуются для данного вида строительства. Составление крупномасштабных инженерно-геологических карт, как правило, производится на основании специализированных инженерно-геологических площадных съемок и разрезов. Они в основном предназначены:

- а) для обоснования разработки схем районных планировок и промышленных узлов; генеральных и детальных планов городов и поселков, проектов дорог, гидротехнических сооружений, карьеров и других объектов строительства;
- б) для обоснования проектов и программ работ детальных инженерно-геологических исследований на поздних стадиях проектирования;

в) для обоснования мероприятий по инженерной подготовке территории и проектов борьбы с неблагоприятными геологическими явлениями.

Для наземного промышленно-городского, гидротехнического, дорожного и сельского строительства большое значение имеет крупномасштабное картирование, которое ведется многочисленными проектно-изыскательскими организациями в связи с выбором территории застройки, сравнением вариантов и иными задачами. Инженерно-геологические карты и разрезы масштаба $1:25\,000$ — $1:10\,000$ — $1:1\,000$ являются основными отчетными документами, в которых отражаются результаты инженерно-геологических исследований — съемочных, разведочных, стационарных, лабораторных и других работ. На инженерно-геологической карте отображаются те особенности геологической и гидрогеологической обстановки, которые важны для характеристики пригодности территории для строительства и обоснования укрепительных мероприятий.

Виды и содержание карт. В зависимости от задач исследований и природных условий инженерно-геологические карты объединяются в две крупные категории — карты инженерно-геологических условий и специальные. Они также могут быть:

а) аналитическими и рассматривать какое-либо одно явление или свойство пород;

б) синтетическими, когда отражается совокупность условий;

в) с оценкой пригодности территории и массивов пород и устойчивости склонов применительно к определенному виду строительства;

г) с прогнозом инженерно-геологических процессов.

В большинстве случаев на детальных инженерно-геологических картах в том или ином виде дается оценка современной геологической обстановки и прогноз ее изменения. К числу важнейших геологических факторов, оцениваемых в связи с требованиями конкретного строительства, относятся: породы, их состояние и свойства; геологическая история развития района; подземные воды; современные геологические процессы и явления.

Почти в каждом инженерно-геологическом отчете имеются аналитические, синтетические или другие виды инженерно-геологических карт. Для характеристики одного геологического явления или свойства пород, например — водопроницаемости, сжимаемости, оползней, просадок, карста и т. п. составляются аналитические инженерно-геологические карты. Они широко применяются и обосновывают наилучшее размещение сооружений, выбор конструкции и устойчивость сооружений; помогают оценить состояние массива пород и дать более точный прогноз инженерно-геологических явлений.

Инженерно-геологические карты с оценкой пригодности территории по совокупности природных условий или с прогнозом неблагоприятных явлений имеют различное содержание и широкое распространение. Все эти карты имеют целевое назначение, предполагают характеристику и оценку тех геологических явлений или особенностей пород, которые существенны для данного сооружения, а не вообще всех природных факторов. Вполне оправдано составление для территории крупного города двух инженерно-геологических карт: одной — характеризующей породы, подземные воды и процессы на глубину 12—15 м и предназначенной для обоснования и застройки жилыми и промышленными зданиями, и другой — для выбора и оценки инженерно-геологических условий трассы метрополитена.

Таким образом, крупномасштабные инженерно-геологические карты обладают следующими особенностями:

а) отображают, анализируют и оценивают геологическую обстановку (строение, подземные воды, геологические процессы и рельеф) с точки зрения пригодности (или устойчивости для склонов) для намечаемого строительства;

б) характеризуют свойства комплексов, массивов, толщ, пачек и отдельных пластов пород особыми знаками или в виде иллюстративных таблиц и графиков обобщенных и расчетных показателей (в зависимости от назначения и масштаба карты);

в) отображают взаимодействие сооружения и геологической среды; существующие или прогнозируемые инженерно-геологические явления показываются по возможности в количественных показателях и во времени;

г) характеризуют в первом приближении состояние существующих инженерных сооружений и эффективность укрепительных или защитных мероприятий, тем самым позволяя судить о достоверности инженерно-геологических прогнозов.

Инженерно-геологическая карта должна отвечать определенным условиям, иначе она превращается в упрощенный вариант геологической карты. В то же время на инженерно-геологической карте не должно быть механического совмещения различных геологических, гидрогеологических и геоморфологических данных.

Признав, что на картах должна даваться оценка геологических и гидрогеологических факторов и прогноз инженерно-геологических явлений, тем самым решается вопрос о содержании и назначении карт, так как вне зависимости от вида строительства или использования территории эти главные элементы не могут быть вообще показаны.

Большое значение для экономии средств и времени имеют правильно определенные условия (требования к инженерно-геологическим картам) в отношении обоснования их фактическим материалом — разведочными, лабораторными и другими данными.

Если решаются вопросы планировки и застройки территории на стадии схемы промузла или генплана города (съемки масштаба 1:25 000 — 1:10 000), нет надобности характеризовать состояние и свойства пород расчетными показателями, ибо на этом этапе проектирования не рассчитывается устойчивость отдельных сооружений. Гораздо важнее правильно проанализировать состояние и причины деформации зданий, расположенных на различных инженерно-геологических участках, учесть и обобщить опыт строительства. В то же время на инженерно-геологической карте масштаба 1:2000 — 1:1000 для определения неравномерных осадок сооружения или расчета геологического процесса нужно дать расчетные показатели для всех основных разновидностей пород, увязав их с действующими нормативами.

В одних случаях, например при решении планировки и застройки города или при изучении территорий будущих водохранилищ, наиболее существенно при составлении инженерно-геологических карт масштаба 1:25 000 — 1:10 000 выделение по одному или нескольким признакам инженерно-геологических участков. Опыт показывает, что целесообразно выделять типы участков, по степени пригодности или устойчивости обозначая их на карте цветными знаками и номерами, строго соблюдая генетический, возрастной и иные принципы расчленения пород и геологических явлений. В других случаях, например при изучении инженерно-геологических условий долины горной реки в целях выбора створа высокой плотины, содержание карты должно быть иное.

О содержании геологической, гидрогеологической, мерзлотно-геологической и других карт, составляемых при инженерно-геологических съемках и исследованиях. Государственные геологические и гидрогеологические карты масштаба 1 : 200 000 и 1 : 50 000 составляются по единой методике. Во многих случаях, особенно для масштаба 1 : 25 000 и крупнее, общие геологические и гидрогеологические карты не соответствуют задачам инженерно-геологических исследований и требуется их уточнение и конкретизация в отношении фаций, состава, залегания и мощности пород, характера и степени тектонической нарушенности и выветрелости. Например, на геологической карте, имеющей целью характеризовать инженерно-геологические условия городской территории, требуется показать породы на глубину 12—15 м. В то же время для прогноза подпора грунтовых вод после создания водохранилищ в пределах высоких (40—60 и более метров) речных террас на карте должны быть охарактеризованы фации, состав и залегание аллювия на глубину от будущего уровня подземных вод до подстилающих коренных пород, во всяком случае не менее 1—1,5 высоты подпора от уреза реки. Для прогноза переработки берегов важно знать разрез пород от уреза водохранилищ до поверхности земли.

Аналогичное положение с гидрогеологической картой. Для наземного строительства в большинстве случаев необходимо охарактеризовать первый от поверхности водоносный горизонт, с вредным влиянием которого придется бороться. Наоборот, назначение гидрогеологических карт другое; в первую очередь они характеризуют подземные воды для целей водоснабжения, бальнеологических, как химическое сырье, с точки зрения поисков месторождений полезных ископаемых и т. д. Таким образом, при инженерно-геологических исследованиях вполне целесообразно составление специализированных геологических и гидрогеологических карт, отвечающих на конкретные вопросы проектирования и строительства. Эти карты могут быть специализированными для промышленно-городского, тоннельного, карьерного или другого строительства.

Большое практическое значение имеет вопрос о числе карт, представляемых в отчете для обоснования проекта и ведения строительства. Целесообразно по возможности максимальное совмещение карт. Опыт составления карт масштаба 1 : 100 000—1 : 2000 для разных районов показывает, что вполне разумно объединение геологической и геоморфологической карт с нанесением опорных съемочных точек и разведочных выработок. Если главным содержанием карты является строение и оценка устойчивости склонов (инженерно-геологическая карта для оползневых, обвальных и аналогичных районов), то вполне возможно объединение этой карты с гидрогеологической. Совмещение карт допустимо при условии соблюдения их читаемости и наглядности изображения.

Об инженерно-геологической съемке и картировании. В процессе инженерно-геологической съемки изучается геологическое строение района, свойства пород, подземные воды, геоморфологические особенности, геологические процессы и явления, важные для характеристики оценки территории намечаемого строительства, а также для прогноза инженерно-геологических явлений. Съемка дает материал для выявления региональных инженерно-геологических закономерностей и прогноза их изменения в связи со строительством. Данные съемки позволяют экстраполировать результаты детального изучения инженерно-геологических условий на отдельных (опорных) участках на весь район исследований и учитывать региональные геологические особенности. Содержание и масштаб инженерно-геологической съемки определяются: а) за-

дачами исследований — видом строительства и использования территории, б) стадией проектирования, в) в значительной мере сложностью геологических и гидрогеологических условий.

Основные вопросы и содержание инженерно-геологических съемок можно сформулировать следующим образом:

1. На основе стратиграфии выделение петрографически разнородных слоев и пачек пород, обладающих разными показателями водостойкости (растворение, размыв), выветриваемости, механической прочности, водопроницаемости и т. п.; их картирование с использованием литологических признаков — карбонатности, цементированности, примеси характерных минералов, гумуса, текстуры, выявление «слабых» слоев, зон и контактов. Детальное петрографическое разделение изверженных и метаморфических пород. Изучение стратиграфии, литологии и фаций четвертичных отложений, особенно склоновых и аллювиальных.

2. Изучение малых структурных форм — складок и разрывных нарушений, определяющих распределение и движение подземных вод в массиве, развитие обвальных, оползневых, карстовых и других геологических процессов. Выявление интенсивности новейших и современных тектонических движений.

3. Полевое изучение тектонической, литогенетической и экзогенной трещиноватости; оценка тектонической нарушенности и трещиноватости массива горных пород, завершаемая структурно-трещинным анализом и выделением региональных инженерно-геологических массивов.

4. Картирование зон разгрузки и выветривания в осадочных, метаморфических и изверженных породах и в различных геоморфологических условиях и расчленение их на инженерно-геологические горизонты.

5. Определение классификационных показателей состава и свойств горных пород — естественной влажности, объемного веса, размокания, сопротивления одноосному сжатию, динамического модуля, пенетрации и т. п. на образцах и в обнажениях.

6. Картирование микрогеоморфологических элементов и последующая их типизация; выделение генетических и инженерно-геологических типов речных долин, береговых склонов, уступов высоких речных и морских террас, водораздельных поверхностей и других элементов рельефа и определение их взаимосвязи и истории развития.

7. Описание гидрогеологических элементов: водоявлений, сезонных и постоянных, на склонах и других геоморфологических элементах. Характеристика обводненности отдельных комплексов отложений и территории в целом, распространения подземных вод по разрезу и площади; сезонная обводненность. Определение залегания и распространения подземных вод (в колодцах, скважинах, шурфах, по родникам); выявление связи подземных вод с поверхностными водотоками и атмосферными осадками. Полевое изучение химизма и режима подземных вод.

8. Картирование и предварительная оценка в поле современных геологических процессов; классификация их по генетическому и возрастному признакам, по активности и характеру действия, по значению для намечаемого строительства.

9. Характеристика сезонных мерзлотных явлений, деятельного слоя и общее описание мерзлотно-геологических явлений (пучины, морозобойные трещины, разжижение пород при оттаивании, реликтовые формы многолетней мерзлоты и т. д.).

10. Картирование инженерно-геологических процессов и явлений: их виды, время возникновения, интенсивность и приуроченность к комп-

лексам пород с учетом воздействия сооружений и хозяйственной деятельности человека. Предварительное их классифицирование в целях постановки детальных исследований.

11. Разработка предварительной инженерно-геологической региональной классификации пород на основе возрастных, генетических и петрографических признаков, по данным полевых наблюдений за состоянием и поведением массивов пород по интенсивности развития в них различных геологических процессов.

12. Исследование состояния инженерных сооружений, предварительная оценка эффективности противооползневых и других укрепительных мероприятий и обобщение опыта строительства в конкретном инженерно-геологическом районе.

13. Выявление и общая характеристика территорий с возможными месторождениями естественных строительных материалов.

Спецификой инженерно-геологической съемки крупного масштаба является инструментальная привязка основных геологических и геоморфологических границ, разведочных и съемочных (опорных) точек, источников, оползней, воронок, маркирующих и обводненных слоев, съемка геоморфологических профилей и т. п. с использованием тахеометра, фототеодолита и аэрофотосъемки. Дешифрирование аэро- и фототеодолитных снимков используется для выявления и оценки, особенно в труднодоступных горных районах, новейших движений, степени трещиноватости и выветрелости массива, элементов залегания пород и трещин, обводненности, оврагов, карстовых воронок, подсчета объемов склоновых, пролювиальных и других образований.

Одновременно с инженерно-геологической съемкой обычно производятся поисковые работы по изучению месторождений строительных материалов и источников временного и постоянного водоснабжения строительства. Эти работы выполняются при изыскании для промышленно-городского, дорожного и гидротехнического наземного строительства. Поисковые работы проводятся обычно на площади большей, чем та, на которой осуществляется инженерно-геологическая съемка; их характер и деятельность также различны. Поэтому поисковые работы на стройматериалы и источники водоснабжения неправильно считать частью инженерно-геологической съемки; это самостоятельные целенаправленные геологические исследования со специальными методами.

При проведении инженерных изысканий в районах распространения многолетнемерзлых пород выполняется специализированная мерзлотно-геологическая съемка, детальность которой зависит от сложности природных условий и задач исследований в соответствии с действующими руководствами.

Следует различать понятия «инженерно-геологическая съемка» и «инженерно-геологическое картирование». Средне- и крупномасштабные съемки, являясь одним из важных видов работ, входят в комплекс инженерно-геологических исследований и имеют конкретное назначение, условия и содержание. Картирование включает в себя разнообразные виды полевых наблюдений нередко тематического характера и предполагает сбор материалов тематического характера и составление карт. Например, при составлении мелкомасштабных инженерно-геологических карт (1 : 500 000) на базе имеющейся геологической основы необходимы маршрутные пересечения со специализированным описанием территории. Аналогичное положение может быть при составлении инженерно-геологических карт крупного масштаба по имеющимся фондовым материалам, с небольшим по объему обследованием территории.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ И ВЫВЕТРЕЛОСТИ ПОРОД

Трещиноватость и выветрелость резко изменяют прочностные, деформационные и фильтрационные свойства пород, в связи с чем их изучение и оценка имеют первостепенное инженерно-геологическое значение. Инженерно-геологическое изучение обвалов, оползней, карста, эрозии и иных явлений не представляется возможным без генетической и количественных характеристик трещиноватости и выветрелости пород. На инженерно-геологических разрезах и картах необходимо отражать особыми знаками трещиноватость и выветрелость массива пород. Изучение тектоники и трещиноватости должно завершаться структурно-трещинным анализом, являющимся обоснованием для выделения инженерно-геологических элементов и массивов пород и исходным материалом для детального изучения их.

§ 1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ МАССИВА ПОРОД

Трещиноватость горных пород изучается геологами — тектонистами, литологами, рудниками, нефтяниками, гидрогеологами и инженерами-геологами с разных точек зрения. В инженерно-геологическом отношении трещиноватость горных пород важна как основной фактор, определяющий: а) водо- и газопроницаемость пород; б) прочность и деформируемость массива; в) развитие опасных для сооружений геологических и инженерно-геологических процессов. Задачу инженерно-геологического изучения трещиноватости нельзя считать успешно решенной, если не установлены количественная и корреляционная зависимость между характером и интенсивностью трещиноватости — состоянием и свойствами массива пород.

При инженерно-геологическом классифицировании трещин необходимо использовать следующие признаки: а) генезис трещин, отражающий факторы и механизм их образования; б) возраст и последовательность образования; в) ориентировку, протяженность и ширину; г) интенсивность (степень) трещиноватости, являющуюся ее количественной характеристикой; д) характер поверхности стенок; е) заполнитель трещин, оцениваемый с точки зрения водопроницаемости, вымыва, выпо-

Схема инженерно-геологической классификации трещин

Группы трещин	Генетические типы трещин	Характерные черты
Остывания или контракционные (первичной отдельности)	В интрузивных породах В эффузивных породах	Обычно волосные и узкие трещины, протяженные, закономерно ориентированные в трех направлениях Преобладают широкие трещины, образующие характерные столбчатые, матрацевидные и иные отделенности
Литогенетические	Напластования Объемного уплотнения (усадки): а) в илах, такахрах и т. п. б) в толщах древних глинистых и других пород	Возникают при высыхании, разной ширины, нередко образуют шестигранные отделенности; Микро- и волосные трещины, обнаруживающиеся при разуплотнении и выветривании
Тектонические (эндогенные)	Разломы: глубокие, региональные и локальные и их сочетание Разрывы Зоны трещин Трещины, образованные: а) при сдвигах и сколах; б) при сжатии (давлении); в) при растяжении (разрыве); г) при развальцевании и скручивании	Протяженность измеряется десятками и сотнями километров, ширина многие сотни метров Разного характера, с дроблением и смятием пород, шириной многие метры и десятки метров, различного заполнения, обычно вторично измененного; сопровождаются оперяющимися трещинами Обычно шириной несколько метров, чаще 1—2 м; заполнены разным материалом; прерывистые; значительно отражаются на прочности и напряженном состоянии пород Преобладают микро-, волосные, узкие и средние трещины; прерывистые и закономерно простирания; для каждой генерации характерны две основные системы и третья — менее четко выраженная; открытые и различно выполненные

Группы трещин	Генетические типы трещин	Характерные черты
Экзогенные; обычно наложены на другие типы трещин	Нетектонического давления — при гидратации ангидритов и других пород, от веса ледяного покрова и т. п. Разгрузки (разуплотнения) естественно-напряженного массива пород, в том числе бортового отпора (по А. Г. Лыкошину) Выветривания Мерзлотные (температурного напряжения)	Локальное распространение без четкой ориентации, узкие и волосные Обычно наложены на тектонические и первичные, проявляются при эрозионном расчленении Разного характера, выполнения и ориентации в различных горизонтах выветривания Дальнейшее развитие и расширение трещин разгрузки и выветривания, блок пород отчленяется от коренного массива под влиянием гравитационных сил: широкие десятки сантиметров, иногда метры Разных видов, связаны: а) с переменным оттаиванием и замерзанием пород, температурным сжатием; б) с буграми пучения, наледями и другими мерзлотно-геологическими явлениями, создающими локальные очаги давления
Оползневые: а) детрузивные (выдавливания), б) разрыва и бортового сдвига, в) зоны скольжения (перемещения) Сдвиги при обрушении кровли над карстовыми пустотами Просадочные в лессах и пепловых туфах	Оползневые: а) детрузивные (выдавливания), б) разрыва и бортового сдвига, в) зоны скольжения (перемещения) Сдвиги при обрушении кровли над карстовыми пустотами Просадочные в лессах и пепловых туфах	Разной ширины; приурочены к различным частям оползневого массива; отражают характер распределения напряжений при развитии и движении оползня В плане обычно концентрические, широкие Распространение, размер и количество определяется масштабом просадочных явлений и мощностью толщ
Первичные, измененные процессами выщелачивания — суффозии	Первичные, измененные процессами выщелачивания — суффозии	Обычно наложены на тектонические или литогенетические трещины, неравномерно расширяя их по простиранию; часто имеются скопления рыхлого материала

Группы трещин	Генетические типы трещин	Характерные черты
Техногенные; образованы в результате строительной деятельности человека	Разгрузки: а) в откосах карьера и котлованов, б) вокруг подземных выработок, в) взрыва (сотрясения) Сдвигения — при обрушении кровли подземных выработок Искусственно измененные (закрепленные природные трещины)	Простираение и ширина обусловлены размерами и ориентировкой борта карьера и подземной выработки, а также первичным напряженным состоянием и строением массива пород; обычно локального распространения, быстро затухающие с удалением от места взрыва Распространение, характер и ширина различны, зависят от пород, глубины обрушения и т. д. Вследствие цементации, силикатизации, глинизации, обжига и других средств технической мелниорации происходит частичное или значительное упрочнение массива пород
Трещины сложного генезиса		

Примечание. В возрастном отношении трещины классифицируются по времени их образования в соответствии со стратиграфическим делением данного района, а также (если они сформировались в одну геологическую эпоху) по последовательности образования (генерациям).

ра, ослабления или (когда происходит выпадение из растворов кварца или кальция) упрочнения массива пород; ж) возможные инженерные мероприятия по предотвращению неблагоприятного влияния трещин на состояние сооружений или на развитие опасных геологических процессов.

В практике инженерно-геологических исследований сложилось следующее, наиболее широко применяемое, разделение трещин по генетическому признаку (табл. 2-1).

По положению в массиве различаются тектонические трещины с прерывистым и сплошным простираением, с кулисообразным расположением, параллельно-секущие и др. Расположение трещин отражает распределение зон концентрации и ослабления тектонических напряжений, под действием которых находились массивы осадочных, изверженных или метаморфических пород.

Классификация трещин по ширине, характеру поверхности стенок, заполнителю и степени обводненности. Трещины каждой генетической группы подразделяются в зависимости от ширины, шероховатости стенок и выполнения с учетом характера пород и инженерно-геологической направленности исследований. При изысканиях для строительства гидроузлов, тоннелей, оценки устойчивости природных склонов и бортов карьеров в районах развития прочных осадочных, интрузивных, эффузивных и метаморфических пород рекомендуются следующие

градации ширины трещин (по Л. И. Нейштадт с некоторыми дополнениями):

микротрещины	— шириной до 0,1 мм; их число можно измерить в шлифе большого размера и они частично влияют на механическую прочность и деформируемость пород;
волосные (тонкие)	— шириной 0,1—1 мм; видимые на глаз, обычно закрытые, значительно отражаются на механических свойствах пород и процессах разгрузки;
узкие — шириной 1—5 мм	} открытые или заполненные, влияющие на напряженное состояние пород, механические и фильтрационные свойства массива, на развитие геологических процессов;
средние — шириной 5—20 мм	
широкие — шириной 20—100 мм	
очень широкие (крупные)	— шириной 100—500 мм; по ним образуются тектонические зоны, бортовой отпор, «рывы отседания» и др.

При оценке механизма сдвига массива, блока или пласта пород по одной или нескольким трещинам существенное значение имеет характер поверхности трещин, наличие неровностей и выступов. Методические и экспериментальные исследования А. М. Гуреева и Б. Д. Зеленского, изучение трещин и поверхностей смещения обвалов и оползней в известняках в районе Токтогульской ГЭС позволяют дать следующую классификацию поверхностей литогенетических и тектонических трещин:

гладкие (пришлифованные) — высота бугорков до 0,1 мм,

шероховатые — » » до 1 мм;

бугристые — » » до 10 мм;

неровные — на гладкой поверхности трещины на расстоянии от нескольких до 10—20 м друг от друга имеются относительно крупные сглаженные уступы, ступенчатая поверхность или бугры (волнистая поверхность).

Среди заполнителя следует различать:

а) тектонические брекчии в зонах разломов, разрывов, сбросов, надвигов и т. п.; состав их весьма различен: от раздробленных глыб до мелкодресвяной и глинистой массы;

б) минеральные образования, принесенные гидротермальными растворами (кварц, кальцит), полностью выполняющие трещины, чаще повышающие прочность массива пород;

в) продукты выветривания; дресвяно-щебнистый и глинистый материал, окислы железа, гипс, карбонаты и т. п., разной степени уплотненности и влажности, значительно влияющие на изменение естественного напряженного состояния, механических и фильтрационных свойств пород, развитие процессов суффозии;

г) накопления вмывания — глинистый или песчаный материал и гумус, принесенные фильтрующимися водами — частично или полностью колыматируют трещины.

Состав и сложение заполнителя оказывают влияние на возможность заделки трещин в целях укрепления массива и предотвращения неблагоприятных инженерно-геологических явлений. Поэтому при классификации трещин следует отметить возможный способ их залечивания.

Количественная характеристика трещиноватости и способы ее выражения. Для инженерно-геологической оценки трещиноватости нет универсального показателя; в зависимости от состава пород, типа трещин, цели изучения и стадий исследований возможно применение разных характеристик. В инженерной геологии используются следующие показатели трещиноватости:

1) модуль трещиноватости (Силин-Бекчурин, 1939) — количество трещин на 1 пог. м разреза породы в штольне, по скважине и в обнажении;

2) удельная густота трещин q (Пермяков, 1949) — определяемая по формуле

$$q = u_{\text{тр}} \cdot t_{\text{ср}}, \quad (2-1)$$

где $u_{\text{тр}}$ — число трещин одного простирания на 1 пог. м разреза, причем берется среднее число их в типичном сечении, протяженностью в 10—20 и более метров; $t_{\text{ср}}$ — средняя ширина трещин;

3) коэффициент трещинной пустотности (Нейштадт, 1957, 1969) — отношение в процентах общей площади трещин к площади изученной поверхности породы; в зависимости от величины коэффициента трещинной пустотности (площадного) породы разделяются:

слаботрещиноватые	— $K_{\text{тр}} < 2\%$,
среднетрещиноватые	— $K_{\text{тр}} = 2—5\%$;
сильнотрещиноватые	— $K_{\text{тр}} = 5—10\%$;
весьма сильно трещиноватые	— $K_{\text{тр}} = 10—20\%$.

4) коэффициент трещинной блочности — отношение объема (или площади) среднего элементарного блока породы к объему 1 м³ (или площади 1 м²). Условно принимается, что трещины, разделяющие элементарный блок, имеют ширину 1 мм. Таким образом, для породы с преобладающим размером блоков 0,1×0,1×0,1 м коэффициент трещинной блочности равен 0,001.

Косвенными относительными показателями степени трещиноватости массива являются:

— процент выхода керна при колонковом бурении при соблюдении постоянного режима (скорость вращения коронки, давление на забой, интенсивность промывки, число рейсов на пог. м и т. д.);

— величины удельных водопоглощений и водопритока в скважинах, получаемые при опытных поинтервальных нагнетаниях и откачках;

— динамический модуль E_d , характеризующий разную скорость прохождения упругих и других волн в различно трещиноватых породах, получаемый при помощи микросейсмоультразвуковой, радионинной разведке;

— объемный вес породы в разных частях зон разгрузки, выветривания и сдвижения, определенный в полевой обстановке на образцах большого размера (несколько кубических дециметров и более).

Многие из вышеперечисленных показателей трещиноватости были исследованы при «площадном», а не объемном изучении массива пород. То же время без объемных коэффициентов трещиноватости трудно сделать инженерно-геологическое заключение об ослаблении прочности массива пород, о прогнозе фильтрационных, суффозионных и иных процессов, о методах заделки трещин и т. п. Для решения этой задачи обязательно одновременное применение разных методов изучения трещиноватости, съемочных и геофизических, с установлением коррелятивной зависимости между ними. В целях повышения точности картирования трещин в обнажениях, на опорных площадках или в стенках што-

лен и скважин большого диаметра необходимо применять масштабное фотографирование, в частности при помощи фототеодолита, с последующей обработкой и подсчетом трещин на стереоавтографе.

Используя предложенные методы количественной характеристики трещиноватости, следует строго учитывать генезис и характер выполнения трещин, вычисляя вначале частные величины коэффициентов, а затем, после анализа их значения для прогноза того или иного инженерно-геологического явления или для оценки изменения свойств пород, устанавливается обобщенный показатель трещиноватости, используемый в последующих расчетах. Например, при расчленении зоны разгрузки на подзоны или элементы необходимо учесть все типы трещин разного простирания. Если же надо оценить изменение деформационных свойств массива пород из-за наличия трещин под плотной, то следует учитывать «работающие» трещины, главным образом перпендикулярные к направлению приложенной нагрузки, и выразить их через модуль или удельную густоту трещин. Очевидно, что на начальных стадиях инженерно-геологических исследований должна даваться характеристика трещиноватости массива, пласта и линзы пород в объемных показателях, при учете генезиса и характера выполнения трещин.

Не меньшее значение имеет структурно-трещинный анализ для составления модели массива пород, выбора места и метода проведения полевых статических опытов по изучению модуля деформации, сдвига и т. п.

Способы обработки полевых данных изучения трещиноватости и графического изображения на диаграммах, картах, разрезах и в колонках различны (приложение 4). При любом методе обязательно разделение трещин по генезису, ширине и выполнению, их количественная характеристика и оценка.

Выбор показателей ослабления прочности массива трещиноватых пород. Одной из важных задач инженерной геологии в настоящее время является разработка критериев и методов учета трещиноватости и других геологических особенностей массива пород при оценке его свойств по сравнению с образцом. Наибольшее значение в ослаблении механической прочности пород имеют зоны пересечения крупных и средней ширины трещин («узлы»), методика учета которых еще не разработана. Имеется несколько предложений, преимущественно эмпирического характера, по оценке влияния трещиноватости на прочностные свойства массива пород.

С. И. Попов (1959) предложил оценивать степень и интенсивность трещиноватости массива через коэффициент ослабления $K_{осл}$. Показатель свойств массива породы $C_M = C_{обр} K_{осл}$, где $C_{обр}$ — прочность образца. С. И. Попов приводит таблицу, в которой все породы, все типы по количеству трещин подразделены на 10 групп, а среднее значение $K_{осл}$ колеблется от 0,0005 до 0,9. С инженерно-геологической точки зрения имеется много возражений против классификации С. И. Попова, «таблицей можно пользоваться с большими оговорками».

Г. Л. Фисенко (1965), изучая устойчивость бортов карьеров в слоистых и трещиноватых породах (скальных и полускальных), предложил следующую эмпирическую формулу для учета трещиноватости при разн. высоте бортов;

$$c_M = \frac{c_0}{1 + a \ln(HW)}, \quad (2-2)$$

где c_M и c_0 — сопротивление сдвигу в массиве (c_M) и в образце (c_0) породы, выраженное через сцепление, H — общая высота борта карьера

ра. m ; a — коэффициент, зависящий от величины сцепления породы в образце, от характера и интенсивности трещиноватости; определяется по табл. 2-2; W — показатель, характеризующий интенсивность трещиноватости пород, равен $1/l$, где l — линейный размер блока, ограниченный двумя трещинами, т. е. расстояние между ними в метрах.

Т а б л и ц а 2-2

Значение коэффициента a для различных пород
(по Г. Л. Фисенко)

Группа пород	Наименование пород и характер трещиноватости	Величина сцепления в монолите, кг/см ²	Величина коэффициента <i>a</i>
III	Слабо уплотненные и слаботрещиноватые песчано-глинистые отложения; сильновыветрелые, каолинизированные изверженные	4—9	0,5
	Уплотненные песчано-глинистые, с нормальносекущей трещиноватостью	10—20	2
II	Сильно каолинизированные изверженные	30—80	2
	Уплотненные песчано-глинистые с развитой кососекущей трещиноватостью, каолинизированные изверженные	30—80	3
I	Средней крепости, слоистые, преимущественно нормальносекущей трещиноватости	100—150	3
		150—170	4
		170—200	5
	Крепкие, преимущественно нормальносекущей трещиноватости	200—300	6
		300	7
	Крепкие изверженные с развитой кососекущей трещиноватостью	200	10

Во ВНИМИ (Кузнецов, 1963) и в Уральском филиале АН СССР (Ким, 1963) разрабатываются в связи с проблемой устойчивости шахтных целиков приемы учета влияния трещиноватости пород на прочность путем моделирования на стендовых установках с эквивалентными материалами.

М. М. Протодяконов и С. И. Чирков (1964) предлагают для оценки влияния трещиноватости на прочность массива пород пользоваться методом лабораторного испытания нескольких образцов различного размера и построения по этим данным паспортов прочности пород, вычисления масштабного эффекта, средней прочности и подсчета вариации прочности пород в массиве. Метод М. М. Протодяконова имеет существенные ограничения, так как число и характер трещин, даже в образце большого размера, не будет соответствовать трещиноватости природного массива пород. Следовательно, по этому методу можно оценивать влияние микро-, волосных и отчасти узких трещин. Пример использования метода М. М. Протодяконова дан в приложении 5.

Ю. И. Турищев, В. И. Зобин и Г. Н. Бахарева (1963) на основании лабораторных (на моделях) и натурных экспериментов, предложили следующую эмпирическую формулу для оценки прочности массива пород на сдвиг при условии отсутствия сил сцепления между блоками пород, разделенных трещинами:

$$c_m = c_0 a^{c_0 \ln \frac{h}{l}}, \quad (2-3)$$

где c_m и c_0 — сопротивление сдвигу массива и образцы породы, выраженное через сцепление; a — эмпирический коэффициент, равный 0,977; h — высота образца, m , l — линейный размер блока породы, m .

При использовании той или иной эмпирической формулы для оценки прочностных и деформационных свойств массива трещиноватых пород следует всегда иметь в виду, для какой цели (устойчивость борта карьера и т. п.) предложена формула, на основе каких экспериментов, при изучении каких пород она разработана. Обращает, в частности, внимание, что в формуле (2-3) величина коэффициента a близка к единице.

Б. Д. Зеленский на основе полевого изучения влияния трещиноватости гранитов и известняков на их деформационные свойства при оценке массива рекомендует учитывать число трещин на 1 пог. м разреза (толщи), ширину и характер поверхностей их сопряжения и неровности контакта.

На изменение прочностных и деформационных свойств пород также влияют микро- и волосные трещины, учет которых возможен через соответствующие коэффициенты. Микротрещины изучаются в больших ориентированных шлифах, в которых подсчитывается площадной коэффициент трещиноватости в процентах. Отпечатки волосных (тонких) трещин, обычно закрытых или залеченных, наносятся на бумагу, определяется их наклон по отношению к прилагаемым разрушающим нагрузкам и путем несложных расчетов — коэффициент ослабления породы в образце.

§ 2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОРОД КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ

Процессы выветривания осадочных, магматических и метаморфических пород изучаются с разных позиций почвоведомы, минералогами, геохимиками и, в последние 15—20 лет, инженерами-геологами.

В инженерной геологии под выветриванием понимают совокупность физико-химических, биохимических и физических процессов, изменяющих состав, состояние и свойства горных пород верхней части земной коры под влиянием факторов атмосферы, гидросферы и биосферы, а также хозяйственной деятельности человека (Приклонский, 1955). Процессы выветривания разрушают горные породы, резко уменьшают их прочность, увеличивают размываемость и изменяют водопроницаемость. В редких случаях можно встретиться с повышением прочности пород за счет цементирующего действия окислов железа, гипса или карбонатов.

В результате действия процессов выветривания формируются континентальные образования особого генетического типа — элювий.

При инженерно-геологическом изучении процессов выветривания различают:

— агенты (действующие факторы) выветривания — тепловая энергия солнца, вода, кислород, углекислота, организмы, хозяйственная деятельность человека и др.;

— среду (обстановку), на которую воздействуют агенты, в первую очередь — породы, их петрографический состав, текстура, тектоническая структура, трещиноватость и т. п., а также гидрогеологические и климатические условия, микрорельеф, экспозиция, покрывающие четвертичные образования и почвы, растительность и т. п.;

— продукты — среди элювия выделяют накопления с преобладанием физического (механического) разрушения и дробления исходных пород и накопления преимущественно химического разложения;

Физическое выветривание обусловлено преимущественно колебаниями температуры пород, особенно в случае перехода через 0° , а также

их попеременным увлажнением и обезвоживанием. Химическое разложение заключается в окислении, растворении, карбонатизации, гидратации пород.

Возраст и характер зон выветривания. В инженерной геологии под широко распространенным термином — кора выветривания надо понимать толщу пород верхней части земной коры, в той или иной степени затронутых процессами физического дробления, химического и биогенного изменения и состоящей обычно из нескольких зон. Мощность коры выветривания определяется глубиной проникания в породы агентов выветривания. Наибольшее инженерно-геологическое значение имеют: зона поверхностного выветривания и трещинная зона выветривания или, по В. А. Приклонскому, соответственно площадной и линейный типы кор выветривания. По условиям залегания выделяют открытую и погребенные зоны выветривания; по возрасту — времени основного образования элювия — разде-

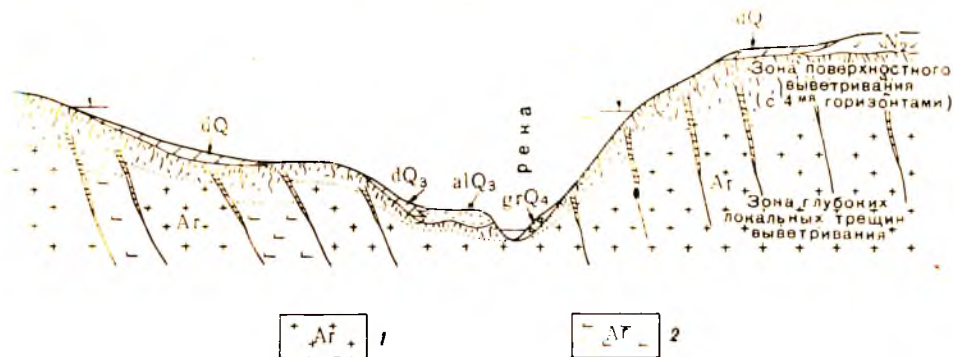


Рис. 2-1. Схема соотношения зон выветривания разного возраста: в комплексе древних метаморфических пород: 1 — более прочных и массивных; 2 — слабых и менее стойких к агентам выветривания

дают соответственно геологической хронологии. В инженерно-геологической практике встречаются: древние коры выветривания — дорифейская в ущелье Сянься на р. Янцзы (Китай), палеозойская в районе КМА, по трассе канала Иртыш — Караганда — мезозойская, третичная и наиболее развитая плиоценовая и четвертичная. В ряде случаев можно говорить о современной искусственной зоне выветривания, возникновение которой обусловлено хозяйственной деятельностью человека. Общая схема соотношения неогеновой и четвертичной зон выветривания представлена на рис. 2-1.

Породы поверхностной зоны выветривания по внешним признакам, физическим, механическим и фильтрационным свойствам и изменению минералогического состава подразделяются на 4 горизонта — А, Б, В и Г (по Г. С. Золотареву), различные в магматических, осадочных глинистых и других толщах. Н. В. Коломенским также выделены 4 зоны, которые названы: зона тонкого дробления, мелкощебнистая, глыбовая и монолитная. Схемы расчленения пород зон выветривания, предложенные Г. С. Золотаревым, Н. В. Коломенским и З. А. Макеевым, приведены в табл. 2-3.

Признаки выветрелости пород (при полевом описании). Воздействие факторов выветривания на горные породы приводит к следующему изменению их облика, сложения, состава, свойств, и к появлению новых минералообразований:

а) изменение цвета пород в связи с появлением окислов железа, разложением темноцветных минералов;

б) трещины выветривания, в нижних горизонтах наложенные на тектонические и первичные трещины, а в верхних — бессистемно разбивающие породу на глыбы, обломки, дресву и щебень;

в) изменение общего облика и сложения породы, проявляется отчетливо и используется при первом расчленении зоны выветривания;

г) изменение плотности породы — типичный признак выветривания, выявляемый при описании разреза, опробовании ручным пенетрометром, путем полевого определения объемного веса, а также по характеру разрабатываемости выветрелых пород (лопатой, при помощи лома, кирки, отбойного молотка и взрыва);

д) новообразования минералов выветривания — в первую очередь окислов железа, гипса и карбонатов в разных формах, количествах и распределении по разрезу и трещинам, что является хорошим индикатором степени выветрелости;

е) образование гумуса, обычно вымытого в трещины выветривания или развитого на их поверхностях;

ж) изменения физических, механических и фильтрационных свойств пород, размываемости — определяются посредством испытаний на месте разными методами (грунтоведения, геофизическим и др.), а также на образцах в лаборатории.

Проявление внешних признаков выветрелости в осадочных, изверженных и метаморфических породах различно и обусловлено многими факторами, но всегда по их совокупности и при внимательном изучении возможно полевое расчленение зоны выветривания на горизонты, а в некоторых случаях и более дробное. Полевые испытания и лабораторное изучение пород из разных горизонтов выветривания уточняют расчленение разреза по внешним признакам.

Степень и скорость выветривания — важные количественные показатели, которые дополняют описательную характеристику выветрелых пород, позволяют выявлять коррелятивные зависимости и давать практические рекомендации. С. Д. Воронкевич (1963) предлагает характеризовать степень выветрелости глин следующим показателем:

$$B_c = \frac{\epsilon_f^A - \epsilon_c}{\epsilon_f^A - \epsilon_0}, \quad (2-3a)$$

где B_c — показатель степени сохранности глинистых пород в зоне выветривания; ϵ_f^A , ϵ_0 и ϵ_c — коэффициенты приведенной пористости в состоянии соответственно: пределу текучести породы горизонта А, принимаемой за максимально выветрелую; исходной неветрелой (ϵ_0) и оцениваемой породы (ϵ_c).

При использовании этого показателя выветрелости глинистых пород следует учитывать: а) показатель $\epsilon_f^A = W_f \cdot \gamma$ (влажность предела текучести на удельный вес породы) определяется на образцах нарушенной структуры, в то время как два других показателя — ϵ_0 и ϵ_c на образцах естественного сложения; б) на величине предела текучести могут не отразиться все физические и химические изменения глинистых пород в горизонте А.

А. Хемрол (1961) для характеристики выветрелости изверженных и метаморфических пород рекомендует показатель

$$i = \frac{P_2 - P_1}{P_1} 100, \quad (2-4)$$

С Х Е М Ы расчленения коры выветривания

		Зоны выветривания							
Мезозойские глины Поволжья (по Г. С. Золотареву, 1948)		глины и песчаники апшеронского яруса Мингечаура (по Н. Н. Коломенскому, 1952 и С. В. Дроздову, 1957)		глины майкопского яруса Северного Кавказа (по З. А. Макееву, 1955)		изверженные и метаморфические породы Цейлона (по Г. С. Золотареву, 1962)			
Зона поверхностного выветривания	А	IV—тонкого дробления		Зона пространственного (объемного) выветривания	V—рыхлой листоватой щебенки		Зона поверхностного выветривания	горизонты выветривания: А—полного разложения и дробления (возможно подразделение на 2 подгоризонта)	
	Б	III—зернистая или мелкощебнистая			IV—учащеннотрещиноватая мелкощебнистая			Б—глинисто-щебнистый (заполнитель по трещинам выветривания)	
	В	II—глыбовая			III—крупнощебнистая среднетрещиноватая			В—щебнисто-глыбовый	
	Г	I—монолитная			II—редкотрещиноватая			Г—узких трещин выветривания	
					I—очень редкотрещиноватая				
Трещинная зона выветривания; породы ослаблены по отдельным крупным трещинам в виде «калиньев»; глубоко рассекающих массив								Зона локальных глубоких трещин выветривания	

где P_1 — вес образца породы, высушенной при 105° ; P_2 — вес того же образца при быстром водонасыщении (в течение 1,2—1,5 ч). Выветрелые в разной степени породы за указанное время поглотят различное количество воды.

Для оценки степени выветрелости осадочных, эффузивных и метаморфических пород следует применять не один, а несколько показателей, в зависимости от того, какие это породы, как они залегают, как протекают процессы разрушения и какими методами имеется возможность определить свойства и выветрелость пород. Рекомендуются сле-

дующие формулы для определения показателя степени выветрелости пород:

а) по величине объемного веса «сухой» породы¹:

$$B_c = \frac{\delta_c - \delta_A}{\delta_0 - \delta_A}; \quad (2-5)$$

б) по величине одноосного сжатия:

$$B_c = - \frac{R_c - R_A}{R_0 - R_A}; \quad (2-6)$$

в) по величине динамического модуля E_d , определенного микросейсмическим или ультразвуковым методом²:

$$B_c = \frac{E_d^c - E_d^A}{E_d^0 - E_d^A}; \quad (2-7)$$

г) по величинам сопротивления сдвигу ($\text{tg } \psi$) или сцеплению (c , кг/см^2):

$$B_c = \frac{c_c - c_A}{c_0 - c_A}, \quad (2-8)$$

где c_c — сцепление оцениваемой породы; c_A — сцепление максимально выветрелой породы горизонта А; c_0 — сцепление невыветрелой породы.

Величины степени выветрелости породы, полученные по разным показателям, сопоставляются между собой, из них выбираются типичные, которые и используются на инженерно-геологических разрезах, графиках, колонках, таблицах и т. д.

Если степень выветрелости (B_c) оценивать по показателям объемного веса или пористости, то для очень плотных высоколитифицированных глинистых пород в горизонтах Б и В характерны значения B_c , равные 0,3 и 0,6, в то время как для менее уплотненных глин соответственно 0,45—0,5 и 0,7—0,8 (табл. 2-4).

Знание скорости процессов выветривания пород в откосах выемок, котлованов, карьеров и склонов весьма важно для оценки их устойчивости и прогноза развития геологических явлений.

Для характеристики скорости процессов выветривания А. Хемрол (1961) предложил показатель j , определяемый для известного промежутка времени t :

$$j = \frac{i_2 - i_1}{t}, \quad (2-9)$$

где i_1 и i_2 — показатели степени выветрелости пород в начале и в конце времени t .

Г. С. Золотаревым (1958) для характеристики скорости процессов выветривания предложен коэффициент, учитывающий скорость образования горизонта выветривания А (зоны тонкого дробления) в метрах за год — $K_{с.в.}$. Величины коэффициента скорости выветривания резко различны для пород разного состава, экспозиции, обнаженности и крутизны поверхности, микроклиматических зон и других природных и

¹ Можно использовать также показатель пористости ϵ .

² Во многих случаях для выветрелых «скальных» пород этот метод является единственным.

Показатели степени и скорости выветривания пород

Породы	Геологический индекс	Район	Геоморфологическая характеристика участка наблюдения	Горизонт выветривания	Степень выветрелости			Коэффициент скорости выветривания в первый год наблюдения $K_{с.в.}$, м/год
					по формуле $B_c = \frac{A - \epsilon_c}{\epsilon_f - \epsilon_0}$	по формуле $B_c = \frac{\epsilon_c - \epsilon}{\epsilon_0 - \epsilon} A$	по формуле $B_c = \frac{c - c}{c_0 - c} A$	
Глины красноцветные известковые, очень плотные Глины темно-серые гидрослюдистые, каолинитовые, карбонатные, очень плотные	P_2Tt_3	Правый берег Волги у г. Тетиши	Площадка на оплзневом склоне	А	0,45	0	—	0,03—
	J_3ox	Правый берег Волги в 30 км выше Ульяновска	36-метровый обнаженный осыпавшийся откос северной экспозиции, надвухранилищем	Б	0,62	0,28	—	(данные С. Д. Воронкевича)
				В	0,84	0,63	—	
				А	0,33	0	—	0,2—
Глины черные монтмориллонит-гидрослюдистые, с пиритом, плотные	$СГ_{1пс}$	Правый берег Волги в 30 км выше Ульяновска	У бровки оплзневоего склона северной экспозиции	Б	0,84	0,32	—	(ориентировочно)
				В	0,77	0,6	—	
				А	0,15	0	—	0,8—
				Б	0,20	0,45	—	1,0
Глины серые известковые, плотные (аппшеронский ярус)	N_2	Долина р. Куры, Мингеаурская плотина	Обнаженная площадка на склонах хр. Боза-Дог	В	0,59	0,70	—	(обнаженный откос, 25 м высоты, осыпавшийся, северная экспозиция)
				А	менее нуля*	0	0	0,1
				Б	0,50	0,52	0,09	(на обнаженной горизонтальной площадке, затененной)
				В	0,77	0,79	0,13	(данные С. В. Дроздова и Н. В. Коломенского)
Алевролиты серые, плотные, сл-дистые, разбиты узкими тектоническими трещинами Гранито-гнейсы	$СГ_1$	Долина р. Чин-тинки (Забайкалье)	Верхнечетвертичный склон смыва, крутизной 3—5°, задернованный	А	сравдешнее	0	—	0,15
				Б	пластичности невозможно	0,3	—	
				В		0,59	—	
	А	Цейлон, правый берег р. Малвату-Оя, створ плотины	Эрозийная терраса и склоны смыва	А		0	0,07**	
				Б		0,42	—	
				В		—	—	

* По формуле С. Д. Воронкевича степень выветрелости B_c будет менее нуля в том случае, если плотность породы при влажности равной пределу текучести (определяется в нарушенном состоянии) будет меньше, чем в действительности в горизонте выветривания А.

** Показатели сопротивления сдвигу гранитов в несыветрелом состоянии заимствованы из литературы ($\varphi=62^\circ$ и $c=13,4 \text{ кг/см}^2$).

искусственных факторов, в частности они зависят от условий, обеспечивающих непрерывный снос выветрелого материала с обнаженного откоса или отсутствия таковых (например, при задернованных поверхностях).

Скорость выветривания пород определяется путем полевых стационарных наблюдений на опытных площадках, изучения разрезов откосов выемок, созданных в разные годы, и при повторных инженерно-геологических съемках. В зависимости от скорости выветривания пород в инженерно-геологических заключениях даются рекомендации о глубине съема, об устойчивости откосов, о сохранении защитных целиков пород, о времени вероятного возникновения обвалов или оползней, а также прогноз переработки берегов и других инженерно-геологических процессов и назначение мероприятий по борьбе с выветриванием пород.

ЗАДАЧА № 1

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД¹

При проведении инженерно-геологической съемки на участке створа плотины в долине р. Широкой была изучена трещиноватость пород рифея и кембрия (рис. 2-2). Данные замеров трещин в обнажениях приведены в табл. 2-5.

В результате обработки данных

по трещиноватости пород требуется:

1) составить: а) лучевые диаграммы трещиноватости для каждого обнажения по азимутам простираения с учетом генетического типа, углов падения, ширины и характера выполнения трещин; б) розы трещиноватости по азимутам простираения трещин с учетом их генетического типа для каждого обнажения; в) диаграмму плотности трещин по способу В. В. Сухоручкина;

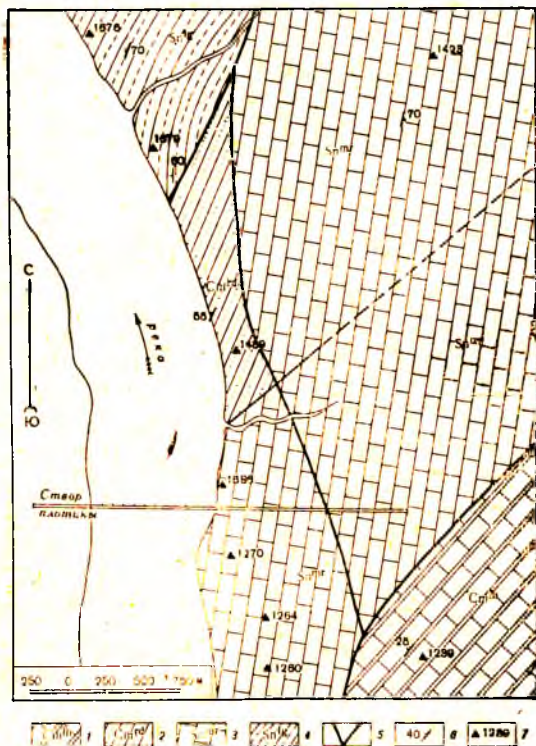


Рис. 2-2. Схематическая геологическая карта долины реки на участке створа плотины:

1 — известняки лондоковской свиты (Сп ln); 2 — кварциты железистые рудоносной свиты (Сп rd); 3 — известняки доломитизированные муровдагской свиты (Сп mr); 4 — сланцы филлитовые игинчинской свиты (Сп i); 5 — сбросы; 6 — элементы залегания пород; 7 — обнажение и его номер

¹ Составлена Э. В. Калинин.

Обна- жения	Описание породы и характера трещиноватости	Геологи- ческий индекс
1239	Известняки черные крупнокристаллические, битуминозные, с резким запахом сероводорода, разбиты большим количеством трещин, открытых или заполненных белым жильным кальцитом. Трещины замерены на площадке 8 м ²	Cm In
1439	Железистый кварцит красновато-желтый, с прожилками, обогащенный гематитом, сильно трещиноватый. Замеры трещин проводились на площадке 6 м ²	Cm rd

Таблица 2-5

Генетический тип трещин	Число замеров трещин данного направле- ния	Элементы залегания, град			Ширина, мм	Длина, м	Заполнитель
		азимут простира- ния	азимут падения	угол падения			
напласт.	10		325	25	1	2,7	открытые
»	12		300	25	3	1,6	»
»	7		270	25	1	2,4	»
тектон.	3		355	85	1	1,72	»
»	8		70	63	1	1,00	»
»	5		340	22	2	9,27	»
»	3		170	75	1	1,72	»
»	6		260	85	2	2,00	кальцит
»	3		10	25	3	2,57	открытые
»	7		215	70	2	1,37	»
»	4		120	70	1	2,74	»
клев.	6	100	—	90	1	2,67	»
»	2	—	0	62	2	2,57	»
»	6	295	—	90	2	3,00	»
»	4	20	—	90	3	2,3	»
»	2	135	—	90	2	1,2	»
»	15	—	340	35	1	2,9	»
»	5	—	10	25	3	2,5	»
»	3	—	140	70	2	2,0	кальцит
тектон.	10	290	—	90	1	1,0	открытые
»	12	—	250	35	2	1,75	»
»	10	—	10	75	1	2,2	»
»	10	—	80	72	1	0,7	»
»	12	130	—	90	2	0,7	»
»	10	—	210	75	2	2,6	»
»	10	110	—	90	1	1,7	»
»	10	—	90	56	1	2,5	»
»	10	290	—	90	2	1,2	»
»	8	140	—	90	2	1,7	»
»	6	240	—	90	3	2,9	»
»	10	—	310	82	1	0,8	»
»	10	—	40	63	1	2,0	»

Обна- жения	Описание породы и характера трещиноватости	Геологи- ческий индекс
1260	Доломитизированные известняки светло-серые, мраморизованные, с прослоями кремнистых слан- цев мощностью 5—20 см. Поро- ды сильнотрещиноватые. Трещи- ны замерены на площадке 8 м ²	Sn mr

Продолжение табл. 2-5

Генетический тип трещин	Число замеров трещин данного направле- ния	Элементы залегания, град			Ширина, мм	Длина, м	Заполнитель
		азимут простира- ния	азимут падения	угол падения			
тектон.	5	—	300	61	2	1,8	кальцит
»	12	310	—	90	1	1,7	»
»	10	—	110	35	1	1,5	»
клив.	20	—	150	48	1	1,5	открытые
»	10	120	—	90	1	0,8	»
»	10	—	50	35	1	1,6	»
»	15	—	210	64	1	1,9	»
тектон.	5	—	70	69	10	1	»
»	3	—	320	31	5—10	0,5	»
»	5	350	—	90	10—20	0,75	»
»	5	—	320	18	1—10	1,5	расширенные
»	5	240	—	90	10—20	2	процессами
»	5	260	—	90	2	0,5	выветривания
»	3	—	350	76	3	3	»
»	3	—	20	15	3	2,5	»
»	5	100	—	90	2	1	»
»	5	270	—	90	1	0,73	кальцит
»	7	90	—	90	10	2,1	открытые
клив.	10	—	20	66	2	2,30	»
»	7	—	40	42	5	1,53	кальцит
»	6	—	270	69	3	0,67	открытые
»	6	—	0	55	1	1,25	»
»	5	80	—	90	25	2,00	открытые, расши-
»							ренные процессами
»	2	—	70	22	2	1,87	выветривания
»	5	—	230	58	10	1,0	»
»	10	—	180	24	2	1,1	открытые
»	10	—	130	31	1	1,4	»

Обна- жения	Описание породы и характера трещиноватости	Геологи- ческий индекс
1264	Известняки доломитизированные, серые, окремненные, очень плотные, крепкие, сильнотрещиноватые. Трещины тектонические с ровными гладкими стенками, несущими нередко следы скольжения, открытые, реже заполненные кристаллическим кальцитом или кварцем. Замеры трещин проведены на площадке 6 м ²	Sn mg
1270	Известняки светло-серые, массивные, мраморизованные, с редкими прослоями кремнистых сланцев мощностью 5—10 см, разбиты большим количеством тектонических трещин. Трещины замеры на площадке 8 м ²	Sn mg

Продолжение табл. 2-5

Генетический тип трещин	Число замеров трещин данного направле- ния	Элементы залегания, град			Ширина, мм	Длина, м	Заполнитель
		азимут простира- ния	азимут падения	угол падения			
напласт.	3	185	—	90	3	1,9	открытые
тектон.	4	—	10	62	2	2,5	»
»	4	—	200	31	2	2,0	»
»	6	220	—	90	5	1,2	»
»	4	90	—	90	5	0,7	»
»	3	0	—	90	5	0,6	кальцит
»	5	—	100	53	2	2,0	открытые
»	4	—	0	68	2	0,7	»
»	10	310	—	90	1	0,6	»
»	10	40	—	90	1	2,7	»
»	5	—	100	64	20	1,9	открытые, расши- ренные процессам выветривания
»	6	—	0	12	5	2,3	открытые
»	3	—	0	31	20	2,0	открытые, расши- ренные процессами выветривания
клев.	10	—	0	33	1	2,4	открытые
»	15	—	330	79	1	2,8	»
»	10	—	200	54	1	1,6	»
»	20	—	0	76	1	1,7	»
»	20	180	—	90	1	1,0	»
»	10	—	10	56	5,7	0,7	»
»	10	—	210	21	2	0,3	»
»	15	200	—	90	2,5	2,6	кварцит
напласт.	5	—	270	75	2	0,2	открытые
тектон.	4	350	—	90	10	2,0	»
»	3	270	—	90	2	1,5	»
»	3	—	340	52	7	1,7	»
»	3	—	310	35	2	1,3	кварцит
»	2	—	140	63	2	0,7	открытые
»	5	—	0	72	2	2,2	»
»	4	—	90	45	1	2,6	»

Обна- жения	Описание породы и характера трещиноватости	Геологи- ческий индекс
1423	Известняки доломитизированные, светло-серые, с редкими прослоями известковистых песчаников мощностью 0,5—1,5 м. Породы разбиты большим количеством тектонических трещин, открытых или заполненных кристаллическим кальцитом. Замеры трещин проведены на площадке 3 м ²	Sn mrg

Продолжение табл. 2-5

Геотический тип трещин	Число замеров трещин данного направле- ния	Элементы залегания, град			Ширина, мм	Длина, м	Заполнитель
		азимут простира- ния	азимут падения	угол падения			
тектон.	3	340	—	90	2	1,6	открытые
»	5	0	—	90	1	1,0	»
»	10	—	200	45	2	0,5	»
»	4	—	250	85	10	0,5	открытые, расши- ренные процессами выветривания
»	7	—	260	75	1	0,7	открытые
»	4	30	—	90	2	1,2	кальцит
»	4	270	—	90	2	1,3	открытые
»	3	180	—	90	3	2,3	»
»	2	—	310	75	2	2,8	»
»	5	—	320	65	4	2,5	»
»	3	—	330	25	10	0,7	»
»	2	—	130	45	20	0,9	открытые, расши- ренные процессами выветривания
к.лив.	15	—	130	63	2	1,5	открытые
»	16	—	30	69	1	2,8	»
»	10	260	—	90	2	1,5	»
»	7	—	25	65	5	2,4	»
напласт.	7	—	100	72	2	1,3	»
тектон.	4	—	120	59	1	0,7	»
»	6	110	—	90	2	1,2	»
»	5	10	—	90	2	2,7	»
»	5	310	—	90	3	0,4	кальцит
»	10	100	—	90	1	2,9	»
»	10	10	—	90	1	2,8	»
»	8	40	—	90	2	1,7	»
»	6	—	300	58	2	1,3	»
»	10	20	—	90	1	2,4	»
»	7	300	—	90	1	2,8	»
»	10	—	20	72	1	2,5	»
»	5	—	20	56	2	0,5	открытые

Продолжение табл. 2-5

Число замеров трещин данного направления	Элементы залегания, град			Ширина, мм	Глубина, м	Заполнитель
	азимут простирания	азимут падения	угол падения			
10	—	120	59	2	2,9	открытые, слабо расширенные выветриванием
5	—	200	32	1	1,4	открытые
10	280	—	90	1	1,7	»
20	310	—	90	0,5	2,8	кальцит
20	—	100	21	0,5	2,9	»
20	—	50	58	1	0,7	открытые
25	—	160	59	0,5	2,5	»
10	—	300	16	0,5	0,8	кальцит
20	—	140	71	0,5	2,2	открытые
9	—	85	85	2	0,7	»
7	—	10	75	2	0,6	кальцит
8	—	110	85	1	1,7	открытые
3	—	340	16	2	1,8	»
10	—	0	76	1	1,5	»
12	—	90	78	1	2,3	»
16	—	170	32	1	2,0	»
7	—	40	35	1	2,7	кальцит
5	—	150	65	1	2,9	открытые
12	180	—	90	1	3,0	»
7	—	30	78	1	3,1	»
4	—	110	72	1	2,6	»
8	—	20	76	1	2,5	кальцит
10	—	0	19	1	0,7	открытые
5	—	330	25	1	0,9	»
4	—	20	65	1	2,0	»
	195	—	90	1	0,6	»
5	—	20	63	1	0,8	»
10	—	280	85	0,5	1,7	»
10	—	210	31	1	1,6	»
20	—	25	58	1	2,5	»

Обна- жения	Описание породы и характера трещиноватости	Геологи- ческий индекс
1676	Сланцы филлитовые, тонкорасслан- цованные, дающие при выветри- вании тонкую листоватую ще- бенку. Встречаются прослои пес- чаников мелко-среднезернистых полимиктовых, сильно расслан- цованных, мощностью 0,5—1 м. Трещины замерены на площадке 8 м ²	Sn ig
1679	Сланцы филлитовые, тонкорасслан- цованные, дающие при выветри- вании листоватую щебенку. Встречаются прослои песчаников мелко-и среднезернистых поли- миктовых, сильно рассланцован- ных, мощностью 0,2—0,3 м. Тре- щины замерены на площадке 8 м ²	Sn ig

Продолжение табл. 2-5

Генетический тип трещин	Число замеров трещин данного направле- ния	Элементы залегания, град			Ширина, мм	Длина, м	Заполнитель
		азимут простира- ния	азимут падения	угол падения			
напласт.	20	—	100	63	2	2,9	открытые
»	10	—	120	69	1	1,4	»
»	14	—	115	66	1	1,5	»
тектон.	4	—	205	65	1	1,7	»
»	10	—	0	62	1	1,9	»
»	8	—	300	33	2	2,3	»
»	14	—	80	15	1	2,7	»
»	5	—	350	58	2	0,7	»
»	4	—	80	22	1	0,9	»
»	4	—	20	69	1	1,9	кальцит
»	6	—	320	31	1	1,4	»
»	7	—	160	22	1	0,5	кварцит
»	4	—	260	35	1	0,8	открытые
»	5	—	30	78	1	0,9	»
»	12	—	60	41	1	1,6	»
»	4	—	200	75	1	1,7	»
»	2	—	180	62	2	1,5	»
»	3	—	300	62	2	1,7	»
»	2	—	160	75	10	1,8	кварцит
»	14	—	20	85	1	3,0	открытые
»	8	—	80	43	3	2,2	»
»	6	—	40	59	2	2,5	»
»	4	—	170	33	1	2,1	»
»	5	—	250	56	1	2,3	кальцит
клев.	20	—	150	53	1	1,3	»
сланцев.	5	—	90	65	2	2,3	открытые
тектон.	10	—	140	55	1	2,8	»
сланцев.	10	—	80	56	0,5	2,6	»
тектон.	15	—	160	42	1	3,0	»
»	10	—	250	45	1	2,7	»
»	10	—	0	45	0,5	3,0	»
»	2	—	320	65	3	1,25	»
»	10	—	180	63	1	1,8	»

[illegible]

ТЕКТОН.

»

»

»

КЛИВ.

»

"»

»

"55"

"

"

»

”

»

Продолжение табл. 2-5

Число замеров трещин данного направле- ния	Элементы залегания, град			Ширина, мм	Длина, м	Заполнитель
	азимут простира- ния	азимут падения	угол падения			
12	—	180	42	1	1,0	открытые
10	—	170	76	2	1,64	»
10	—	0	15	2	2,7	»
7	—	290	42	1	0,7	»
10	—	160	69	1	1,7	»
10	—	210	75	1	1,9	»
12	—	50	35	1	2,6	»
8	—	30	56	1	2,2	»
4	210	—	90	1	1,2	кальцит
2	—	110	21	1	0,6	открытые
2	—	160	52	2	0,5	»
3	—	80	43	2	3,0	»
2	—	185	76	5	2,9	открытые, расши- ренные процессами выветривания
20	—	70	42	1	2,7	открытые

2) подсчитать для всех обнажений коэффициент трещинной пустотности по способу Л. И. Нейштадт¹;

3) построить карту трещиноватости пород участка створа;

4) дать инженерно-геологическую оценку направления и интенсивности трещиноватости массива пород с точки зрения устойчивости склона на участке примыкания и возможности фильтрационных явлений в обход плотины. Изложить соображения о связи крупных разломов с основными системами трещин.

ЗАДАЧА № 2

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ МРАМОРИЗОВАННЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ²

Изучение трещиноватости моноклинально залегающих мраморизованных известняков нижнекаменноугольного возраста в районе проектируемой высокопарной плотины производилось в двух штольнях, пройденных в левом борту долины. Замеры элементов залегания, ширины, протяженности и частоты трещин выполнялись на площадках (в стенках штольни), расположенных по длине выработок. Полученные данные по трещиноватости известняков сведены в табл. 2-6. Геологическое строение участка створа плотины и расположение штолен приводится на рис. 2-3.

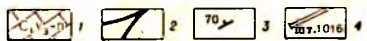
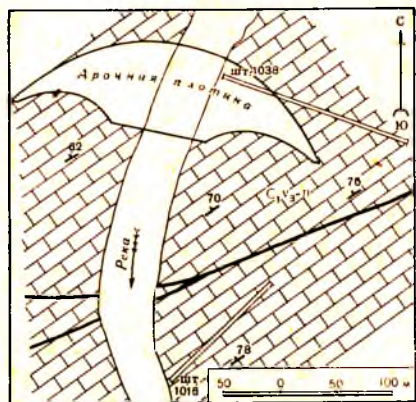


Рис. 2-3. Схематическая геологическая карта долины участка плотины: 1 — известняки мраморизованные нижнекаменноугольные (C_1V_3-n); 2 — тектонические трещины; 3 — элементы залегания пород; 4 — штольни и их номера

В результате обработки данных по трещиноватости известняков требуется:

1) составить для каждой штольни: а) лучевые диаграммы трещиноватости по азимутам простираения с учетом углов падения трещин, а также их генетического типа, ширины и частоты; б) розы трещиноватости по азимутам простираения трещин с учетом их частоты и генетического типа; в) диаграммы плотности трещин по способу В. В. Сухоручкина;

2) подсчитать по каждой наблюдательной площадке коэффициент трещинной пустотности по способу Л. И. Нейштадт;

3) составить карту трещиноватости известняков левого борта ущелья р. Нарына в районе створа плотины;

4) дать инженерно-геологическую оценку направления и интенсивности трещиноватости массива известняков с точки зрения устойчивости склона на участке примыкания, прочности основания и возможности фильтрационных явлений в обход и под плотиной. Отметить связь основных систем трещин с залеганием пород и разломами.

¹ По ширине трещины рекомендуется выделять: до 1; 1—2; 2—5; 5—10; 10—20; 20—50; 50—100 и более 100 мм.

² Составлена Э. В. Калининым.

№ штоль- ни	Высота штоль- ни, м	Интервал проведения наблде- ний	Описание пород
1016	1,8	0—5	Известняки светло-серые, толстосло- истые, крупнокристаллические, мраморизованные
		15—18	Известняки серые, среднекристалличе- ские, мраморизованные, битуминоз- ные
		29—35	Известняки серые, среднеслоистые, среднекристаллические, мраморизо- ванные, битуминозные
		38—43	Известняки темно-серые кристалличе- ские, мраморизованные
		70—76	Известняки темно-серые, тонкослои- стые, мелкокристаллические, битуминозные
		85—89	Известняки темно-серые тонкослои- стые, мелко-среднекристаллические, битуминозные
1038	1,8	97—100	Известняки светло-серые, толстослои- стые, крупнокристаллические, мраморизованные
		0—5	Известняки темно-серые, среднекрп- сталлические, мраморизованные

Таблица 2-6

Геологический индекс	Генетический тип трещин	Элементы залегания трещин, град		Число трещин данного направления	Ширина, см	Протяженность, м	Заполнитель
		азимут падения	угол падения				
C ₁ v ₃ —п	напласт.	328	66	2	0,6	4,8	открытые
	тектон.	59	60	8	1,5	1,5	»
	»	135	32	5	1,3	2,9	кальцит
C ₁ v ₃ —п	»						
	напласт.	331	65	5	0,3	2,9	открытые
	тектон.	61	58	7	1,0	1,4	»
	»	85	80	35	1,8	1,5	»
	»	142	27	15	0,6	1,2	кальцит.
C ₁ v ₃ —п	»	130	66	12	1,0	2,7	»
	напласт.	325	60	4	0,3	5,5	»
	тектон.	58	57	12	0,5	1,2	открытые
C ₁ v ₃ —п	»	140	62	25	1,4	4,9	кальцит
	тектон.	327	59	2	0,2	4,7	»
	»	90	85	39	1,5	1,3	открытые
	»	148	35	27	0,6	2,4	кальцит
	»	129	73	25	0,7	4,1	»
C ₁ v ₃ —п	напласт.	335	65	7	0,2	5,4	кальцит
	тектон.	60	61	8	0,6	1,1	открытые
	»	95	72	29	2,0	1,3	кальцит
	»	152	25	8	1,0	2,5	»
	»						
C ₁ v ₃ —п	напласт.	325	62	6	0,2	3,7	»
	тектон.	61	55	6	0,5	1,2	открытые
	»	80	75	23	1,6	1,2	»
	»	135	35	6	0,7	2,0	»
	»	135	70	20	0,8	3,0	»
C ₁ v ₃ —п	напласт.	330	64	2	0,3	3,8	»
	тектон.	100	86	23	1,1	1,1	»
C ₁ v ₃ —п	»	230	62	14	1,6	2,5	»

№ штоль- ни	Высота штоль- ни, м	Интервал проведения наблюде- ний	Описание пород
		12—17	Известняки темно-серые, среднекри- сталлические, среднеслонистые, битуми- нозные
		33—38	Известняки серые, крупнокристалли- ческие, мраморизованные
		45—51	Известняки темно-серые, среднекри- сталлические, тонкослонистые, битуми- нозные, мраморизованные
		66—72	Известняки серые, среднекристалличес- кие, средне-тонкослонистые, мрамори- зованные
		97—102	Известняки светло-серые, среднекри- сталлические, мраморизованные

Продолжение табл. 2-6

Геологический индекс	Генетический тип трещин	Элементы залегания трещин, град		Число трещин данного направления	Ширина, см	Протяженность, м	Заполнитель
		азимут падения	угол падения				
C ₁ V ₃ —п	напласт.	320	65	7	0,4	2,3	открытые
	тектон.	220	65	8	0,9	2,1	»
	»	90	75	36	1,5	1,2	»
	»	150	31	12	1,2	1,8	кальцит
C ₁ V ₃ —п	тектон.	85	64	32	1,7	0,9	открытые
	»	220	55	10	1,2	2,6	»
	»	145	22	38	0,6	1,9	»
	напласт.	335	65	8	0,3	2,1	кальцит
C ₁ V ₃ —п	»	325	68	15	0,2	2,1	»
	тектон.	95	65	31	1,4	1,1	открытые
	»	230	54	19	1,2	2,8	»
	»	130	42	15	1,0	1,7	кальцит
C ₁ V ₃ —п	напласт.	340	65	9	0,3	2,2	»
	тектон.	230	65	9	0,8	3,2	открытые
	»	145	25	15	0,8	1,8	кальцит
	тектон.	225	60	11	0,5	2,1	открытые
C ₁ V ₃ —п	»	80	85	26	1,0	0,8	»
	»	140	33	18	0,7	1,5	кальцит

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ МАССИВА БАЗАЛЬТОВ¹

При проведении инженерно-геологической съемки в долине реки в районе строящейся плотины получены данные по трещиноватости массива четвертичных андезито-базальтов (табл. 2-7).

В результате обработки данных по трещиноватости базальтов требуется:

1) составить: а) лучевые диаграммы трещиноватости для каждого обнажения по азимутам простирания с учетом углов падения трещин, а также их генетического типа, ширины и характера заполнения; б) розы трещиноватости для каждого обнажения по азимутам простирания трещин с учетом их генетического типа; в) диаграмму плотности трещин по способу В. В. Сухоручкина;

2) подсчитать на каждом обнажении коэффициент трещинной пустотности по способу Л. И. Нейштадт;

3) составить карту трещиноватости базальтов правого борта долины р. Занги в районе створа плотины;

4) дать инженерно-геологическую оценку направления и интенсивности трещиноватости массива базальтов с точки зрения устойчивости склона на участке примыкания и возможности фильтрационных явлений в обход плотины (рис. 2-4).

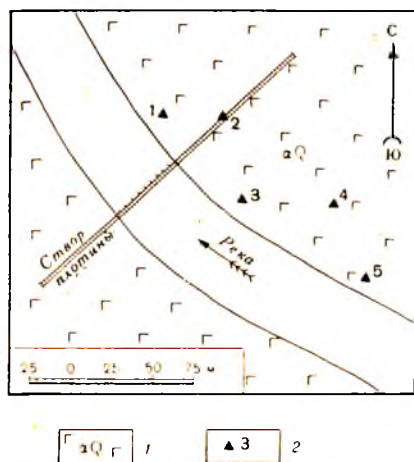


Рис. 2-4. Схематическая геологическая карта участка створа плотины: 1 — андезито-базальты четвертичные (аQ); 2 — обнажение и его номер

¹ Составлена Э. В. Калининным.

№ обна- жения	Описание пород	Геологи- ческий индекс	Размеры площадки, где замеры трещи- ны, м ²
1	Оливиновые андезито-базальты серого цвета, плотного сложения, крепкие, с трудом раскалывающиеся; образуют столбчатые отдельности	δQ_3	4
2	Андезито-базальты светло-серого цвета, мелкокристаллические, с мелкими порами; образуют вертикальную толсто-столбчатую отдельность. Трещины в большинстве случаев крутопадающие	δQ_3	6
3	Оливиновые андезито-базальты, аналогичные породам обн. № 1	δQ_2	4

Таблица 2-7

Генетический тип трещин	№ замера	Элементы залегания, град		Ширина, мм	Протяжен- ность, м	Заполнитель
		азимут падения	угол падения			
трещины остывания	1	248	60	1	0,4	открытые
	2	240	76	1	0,6	»
	3	245	80	1	0,5	»
	4	257	60	3	0,7	»
	5	260	72	4	0,9	»
	6	263	75	2	0,6	»
	7	255	70	1	0,8	»
трещины остывания	8	250	65	1	1,0	»
	9	265	85	1	1,0	»
	10	252	80	3	0,9	»
	1	165	89	70	1,7	»
	2	163	80	30	0,5	»
	3	155	75	25	0,7	»
	4	170	85	20	0,9	»
	5	152	85	10	1,0	»
	6	168	80	27	0,8	глинистый
	7	150	89	100	0,4	»
	8	172	8	1	2,8	»
	9	148	1	1	2,7	открытые
	10	175	88	1	2,8	»
	11	167	80	1	0,2	»
	12	177	90	3	0,8	»
трещины остывания	13	158	80	1	0,9	»
	14	153	80	5	0,4	»
	15	160	85	8	1,5	глинистый
	1	135	70	1	2,1	открытые
	2	140	85	1	2,1	»
	3	108	75	3	2,1	»
	4	125	75	5	2,0	»
	5	127	75	1	2,3	»
	6	118	55	7	2,5	»
	7	130	66	3	2,4	»

№ обна- жения	Описание пород	Геологи- ческий индекс	Размеры площадки, где замеры трещи- ны, м ²
4	Базальты, непрерывно прослеживающие- ся от обн. № 2. Выше залегают шагрен- невые андезито-базальты. Базальты сильновыветрелые, трещиноватые, мес- тами разбитые на отдельные глыбы. Поверхности трещин изъедены, вывет- релые, покрыты глинистыми налетами	δQ_3	4
5	Базальты, образующие правильную от- дельность, трещиноватые; образуют от- дельные четырехугольные глыбы	δQ_3	6

Продолжение табл. 2-7

Генетический тип трещин	№ замера	Элементы залегания, град		Ширина, мм	Протяжен- ность, м	Заполнитель
		азимут падения	угол падения			
трещины остывания	8	115	25	2	2,0	открытые
	9	110	42	2	1,4	»
	10	112	65	4	1,7	»
	1	120	87	30	1,0	суглинок
	2	122	89	25	1,4	»
	3	128	83	40	0,2	»
	4	132	6	30	1,2	»
	5	138	6	2	2,0	открытые
трещины остывания	6	134	7	10	0,8	суглинок
	7	174	8	10	1,0	»
	1	195	89	40	1,6	»
	2	185	89	5	1,8	»
	3	188	88	8	1,9	»
	4	182	88	40	1,1	»
	5	190	88	75	1,8	»
	6	235	87	7	1,5	»
	7	210	88	28	1,7	с щебенкой
	8	215	89	3	2,4	»
	9	213	89	32	1,3	»
	10	222	89	100	1,6	»
	11	220	7	5	1,4	открытые
	12	230	12	1	2,1	»
	13	238	85	1	1,7	»
	14	227	86	3	1,2	»

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ МАССИВА ИЗВЕСТНЯКОВ¹

При проведении инженерно-геологической съемки в районе проектируемой высоконапорной плотины, была изучена трещиноватость нижнекаменноугольных известняков, залегающих в бортах долины (рис. 2-5). Данные по трещиноватости известняков сведены в табл. 2-8.

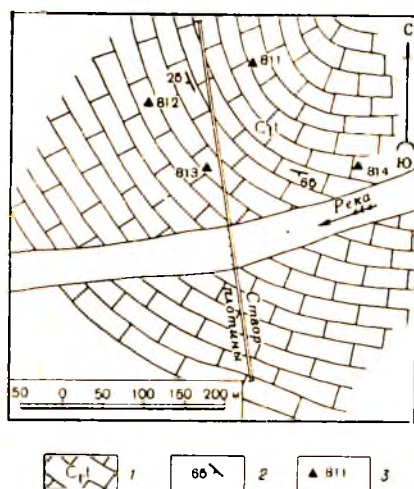


Рис. 2-5. Схематическая геологическая карта участка створа плотины: 1 — известняки турнейского яруса (C_{1t}); 2 — элементы залегания пород; 3 — обнажения и их номера

В результате обработки данных по трещиноватости известняков требуется:

1) составить: а) лучевые диаграммы трещиноватости для каждого обнажения по азимутам простираения с учетом углов падения трещин, а также их генетического типа, ширины и характера заполнения; б) розы трещиноватости для каждого обнажения по азимутам простираения трещин с учетом их генетического типа; в) диаграмму плотности трещин по способу В. В. Сухоручкина;

2) подсчитать на каждом обнажении коэффициент трещинной пустотности по способу Л. И. Нейштадт;

3) составить карту трещиноватости известняков правого борта ущелья р. Чирчик в районе створа плотины;

4) дать инженерно-геологическую оценку направления и интенсивности трещиноватости массива нижнекаменноугольных известняков с точки зрения устойчивости склона на участке примыкания и возможности фильтрационных явлений в обход плотины.

¹ Составлена Э. В. Каллиным.

№ обна- жения	Описание пород	Геологи- ческий индекс	Размеры площадки, где замеры трещи- ны, м ²
811	Известняки серые, с поверхности вывет- релые, трещиноватые	C ₁ t	6
812	Известняки серые, с поверхности вывет- релые, разбитые трещинами в различ- ных направлениях	C ₁ t	4
813	Известняки темно-серые с сиреневым от- тенком, с поверхности выветрелые, тре- щиноватые	C ₁ t	5

Таблица 2-8

Генетический тип трещин	№ замера	Элементы залегания		Ширина, м	Протяжен- ность, м	Заполнитель
		азимут падения, град	угол падения, град			
напласт.	1	250	18	75	2,0	карбонатно-глинистый
	2	266	24	25	2,0	»
	3	256	20	20	2,0	»
	4	246	18	15	2,0	»
клев.	5	100	76	1	0,7	»
	6	103	80	3	0,7	»
	7	107	78	2	0,5	кальцит
	8	102	60	1	0,5	»
	9	110	66	2	2,2	»
	10	112	66	4	2,2	»
	11	105	60	5	1,0	»
	12	115	60	7	0,8	»
	13	119	25	10	1,6	карбонатно-глинистый
напласт.	1	262	80	17	2,2	»
	2	252	34	3	2,2	»
	3	258	25	2	2,6	»
	4	230	82	1	2,0	»
	5	232	68	125	2,0	кальцит
	6	260	34	5	0,7	»
	7	124	34	3	1,7	»
	8	127	68	1	2,7	»
	9	136	68	2	2,5	»
	10	133	20	4	2,0	карбонатно-глинистый
	11	121	48	4	1,9	глинистый
	12	134	52	5	1,2	глинистый
напласт.	1	210	68	170	0,2	карбонатно-глинистый
	2	202	60	12	1,1	»
	3	220	63	5	2,0	»
	4	213	58	7	2,0	»
	5	198	68	17	2,0	»
	6	194	64	7	2,0	»
	7	206	74	30	2,1	»
	8	186	70	28	2,1	»

№ обна- жения	Описание пород	Геологи- ческий индекс	Размеры площадки, где замеры ны трещи- ны, м²
814	Массивные известняки серовато-сирене- вого цвета. Разбиты системой трещин, которые выполнены известковисто-гли- нистым материалом и кальцитом	C _{1t}	4

Продолжение табл. 2-8

Генетический тип трещин	№ замера	Элементы залегания		Ширина, м	Протяжен- ность, м	Заполнитель
		азимут падения, град	угол падения. град			
клив.	9	154	58	4	2,0	карбонатно- глинистый
	10	165	52	5	1,3	
	11	173	52	20	0,2	»
	12	160	72	5	1,2	»
	13	175	56	1	1,5	»
	14	156	62	2	2,3	»
	15	169	68	1	1,6	кальцит
напласт.	16	163	30	4	1,9	»
	1	195	82	50	2,0	карбонатно- глинистый
	2	190	33	15	1,7	
	3	215	28	7	2,0	»
	4	188	34	1	0,4	»
клив.	5	223	65	5	0,5	»
	6	145	50	1	0,8	»
	7	162	54	3	0,5	»
	8	179	26	1	0,4	»

ЛИТЕРАТУРА

Общая

- Михайлов А. Е. Полевые методы изучения трещиноватости в горных породах. М., Госгеолтехиздат, 1956.
- Нейштадт Л. И., Пирогов И. А. Методы инженерно-геологического изучения трещиноватости горных пород. М., «Энергия», 1969.

К задаче № 1

- Голодковская Г. А. Инженерно-геологическое районирование. В кн.: «Геология и инженерная геология Верхнего Амура». Изд-во МГУ, 1962.

К задаче № 2

- Колнчко А. В. Опыт оценки блочности трещиноватого массива скальных пород. «Тр. Гидропроекта», сб. 14. М., «Энергия», 1966.

К задачам № 3 и 4

- Плотнины и геология, т. 2. М., Госэнергоиздат, 1962. Гл. 7 и 9.
-

ИЗУЧЕНИЕ ОПОЛЗНЕЙ, ОБВАЛОВ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ И БОРТОВ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В связи со строительством плотин высотой до 200—300 м, тоннелей, каналов, автомобильных и железных дорог, рудников и других объектов в горноскладчатых областях прогноз обвалов и оползней, оценка устойчивости высоких склонов стали важнейшей проблемой инженерной геологии. Аналогичные задачи имеют инженерно-геологические исследования в долинах рек равнин, где преобладают склоны высотой 100—150 м.

В последние годы в этой проблеме возникли новые направления: 1) изучение и прогноз переработки берегов равнинных и горных водохранилищ и 2) изучение устойчивости бортов глубоких карьеров. Изучение природных склонов на разных стадиях их формирования, в разных породах и условиях имеет большое значение для оценки устойчивости бортов карьеров, глубиной до 300—500 м, что соответствует склонам горных рек. До настоящего времени данные по состоянию природных склонов мало использовались для определения устойчивости бортов карьеров.

К наиболее важным инженерно-геологическим вопросам формирования и прогноза устойчивости склонов, обвалов и оползней относятся:

1) изучение геологического строения склонов, в том числе стратиграфии, фациальных и петрографических особенностей слагающих их пород, а также характер сопряжения делювия с аллювием или морскими накоплениями;

2) изучение литогенетической, тектонической и экзогенной трещиноватости, влияющей на изменение прочностных, деформационных и фильтрационных свойств пород и определяющей развитие геологических процессов;

3) изучение процессов разгрузки, разуплотнения, выветривания, выщелачивания и суффозии как важнейших факторов, изменяющих свойства и состояние пород;

4) изучение подземных вод и их режима как фактора: а) изменяющего состояние и свойства неоднородных трещиноватых пород; б) водного баланса отдельных инженерно-геологических районов для определения эффективности дренажных мероприятий; в) обуславливающего гидродинамическое и гидростатическое давление, влияющего на устойчивость склонов и бортов карьеров; г) отражающегося на микросейсмических условиях района;

5) выяснение геологической истории формирования склонов, развития обвалов, оползней и других геологических процессов (абразии, эрозии и т. п.), одного из главных признаков для оценки устойчивости современных склонов и прогноза ее изменения с учетом воздействия инженерных сооружений;

6) определение показателей прочностных, деформационных и фильтрационных свойств пород в инженерно-геологических элементах и массивах, их изменчивости во времени, пространстве и при различном напряженном состоянии;

7) исследование в природных условиях и на моделях распределения напряжений в массивах неоднородных трещиноватых пород высоких склонов и бортов карьеров, выявление зон концентрации и ослаблений, остаточных и развивающихся тектонических напряжений;

8) инженерно-геологическое классифицирование склонов, оползней и обвалов; установление критериев инженерно-геологического районирования;

9) разработка научных основ прогноза развития обвалов и оползней, а также расчетных схем и методов для оценки временной и длительной устойчивости высоких склонов и бортов глубоких карьеров;

10) разработка принципов и методов борьбы с оползнями, обвалами и другими геологическими явлениями неблагоприятными для строительства на склонах на основе познания природы и механизма их образования;

11) изучение переработки берегов водохранилищ на реках равнин и в горных районах, а также разработка более совершенных методов прогноза с учетом геологических и гидрологических факторов.

Формирование и устойчивость природных склонов обуславливаются различными и взаимосвязанными геологическими, гидрометеорологическими и иными природными и искусственными факторами. Разнообразные геологические процессы взаимовлияют друг на друга, развиваются на общем фоне неотектонических движений и формируют склоны разных генетических типов. Факторы, определяющие формирование и состояние склона, многочисленны и весьма динамичны по своей природе; их роль непрерывно меняется во времени, особенно при изменении положения береговой линии (уреза) моря, водохранилища или реки, в связи с гидрологическим режимом и тектоническими движениями. Изучение истории формирования склона и развития геологических процессов дает возможность оценивать современное его состояние в целом и отдельных участков, а также прогнозировать дальнейшее изменение устойчивости. При строительстве на высоких склонах необходима дифференцированная оценка устойчивости его отдельных частей.

В результате деятельности геологических процессов в ту или иную эпоху формирования склона образуются различные генетические и литологические комплексы склоновых отложений. Смена геологических процессов во времени приводила к тому, что на отдельных участках склона интенсивность экзогенных процессов разрушения значительно снижалась и состояние таких территорий становилось устойчивым. На других участках склона или на тех же, но в иную эпоху, происходила активизация геологических процессов, и состояние таких территорий надо рассматривать как неустойчивое, неблагоприятное для строительства. По мере накопления различных склоновых образований в связи с изменением гидрометеорологического режима, развитием эрозионной сети, оползней и обвалов меняются гидрогеологические условия, что в свою очередь отражается на состоянии склона.

Инженерно-геологическое изучение склонов, оползней и обвалов

предполагает выделение их типов, выполняемое при специализированных съемках с отображением на картах и разрезах. Инженерно-геологическое классифицирование склонов, оползней и обвалов имеет большое значение для детального их изучения на характерных участках, выбора исходных схем для расчетов устойчивости и моделирования, а также для прогноза развития.

Классифицирование склонов рекомендуется проводить по нескольким основным признакам, применяя их в следующей последовательности:

1. Регионально-формационный (стратиграфо-литологический) признак — по комплексу пород, в которых сформировались склоны; на всех этапах развития склонов в их крутизне, морфологии, облике и состоянии существенно отражается характер пород.

2. Генетический — по одному, реже двум преобладающим геологическим процессам, определяющим развитие и облик склона в конкретный отрезок времени. Так, ослабленный смыв или образование промоин еще не обуславливают общую устойчивость склона. В ряде случаев даже интенсивный смыв и возникновение отдельных оплывин нельзя считать за ведущий процесс формирования склона. Целесообразно выделять следующие генетические типы склонов: а) обвальные и обвально-осыпные; б) оползневые; в) делювиальные (аккумулятивные); г) эрозионные (смыва); д) солифлюкционные; е) десерпционные; ж) террасовидные долины горных рек; з) тектонические (по сбросовым зонам и т. п.); и) сложного генезиса.

3. По возрасту — времени, в течение которого произошло основное формирование склона, определившее его тип, современную высоту, крутизну и состояние. Следует подчеркнуть, что, когда говорится о возрасте склона, имеется в виду период его заложения и основного формирования, хотя склон претерпевает изменения и в дальнейшем. Рекомендуется разделять склоны по возрасту соответственно основным этапам новейшей геологической истории: на плиоценовые, нижне-, средне- и верхнеплейстоценовые и голоценовые. Если такое деление невозможно, допустимо объединение возрастных градаций.

4. По обводненности комплексов пород, слагающих склоны, следует различать: а) необводненные и практически сухие склоны — гравитационные воды отсутствуют; б) слабо обводненные — на поверхности склона наблюдается высачивание подземных вод на отдельных участках; в) сильно обводненные — с многочисленными постоянно действующими обильными родниками.

5. По высоте. Для оценки устойчивости склонов важное значение имеет понятие об их предельной высоте при данном геологическом строении, обводнении, состоянии и прочности пород. Представляется целесообразным выделять природные откосы и склоны высотой: а) до 12—15 м — очень низкие (обычно отдельные откосы и уступы); б) до 25—30 м — низкие; в) до 50—60 м — средние; г) до 100—120 м — высокие; д) до 200—250 м — очень высокие и е) до 400—600 и более метров — исключительно высокие.

В зависимости от конкретных условий, характера и прочности пород, слагающих склоны, и геологической истории района возможно более детальное деление склонов по высоте.

6. По крутизне. При инженерно-геологическом изучении склонов должно применяться понятие о предельной крутизне их при данном геологическом строении, генетическом типе и высоте. В качестве общих

рекомендаций, возможно следующее разделение склонов по средней крутизне: а) очень пологие, крутизной $3-5^{\circ}$, обычно делювиальные; б) пологие, средней крутизной до $12-15^{\circ}$ — преимущественно склоны оползневые и смыва или с маломощным делювием; в) средней крутизны — до $20-25^{\circ}$ — обычно оползневые и смыва в прочных породах; г) крутые — со средним наклоном до $35-40^{\circ}$ — обвальные и осыпные и д) очень крутые, обрывистые, обвальные склоны, крутизной $50-60^{\circ}$, иногда больше.

Кроме того, можно различать склоны по форме: выпуклые, вогнутые, ровные (прямолинейные) и ступенчатые.

7. По стадии развития и состоянию склона. Следует различать три стадии развития склона:

а) стадия подготовки — когда под действием многих факторов создается обстановка, благоприятная для возникновения и развития геологического процесса (оползня, обвала, размыва и т. д.), формирующего склон; она характеризуется постепенным изменением устойчивости склона от стабильного к состоянию предельного равновесия;

б) стадия интенсивного формирования — когда преобладает развитие геологического процесса, определяющего основной облик и состояние склона; как правило, в эту стадию развития склоны неустойчивы;

в) стадия затухания — когда факторы основного геологического процесса в основном исчерпаны и склон из состояния неустойчивого или предельного равновесия переходит к стабильному. На склоне возникают явления, соответствующие новой обстановке.

По современному состоянию склоны могут быть подразделены на устойчивые, условно устойчивые и неустойчивые.

Для устойчивых склонов характерно отсутствие условий для появления оползней, обвалов, крупных эрозионных размывов и т. п., а также тенденция к созданию «профиля равновесия», при котором разрушение сверху (в основном смыв) и аккумуляция внизу количественно незначительны и равны друг другу. Коэффициент устойчивости всего склона и его отдельных частей значительно больше единицы. Такое положение имеет место при неизменном базисе эрозии и отсутствии подмыва основания склона.

Условно устойчивые склоны характеризуются состоянием, близким к предельному равновесию, когда при незначительном изменении обстановки или интенсивном действии неблагоприятных факторов возможны обвальные, оползневые и иные деформации.

На неустойчивых склонах происходят или могут возникнуть значительные по размеру оползни, обвалы и другие явления.

Необходимо различать длительную и временную устойчивость склонов, учитывая историю их формирования, изменение свойств пород и возможность развития деформаций глубинной ползучести в разных породах с течением времени и под большими нагрузками.

§ 2. ОПОЛЗНИ

Оползни следует отличать от других гравитационных явлений на склонах — обвалов, осовов, солифлюкционных и десерпционных смещений пород, нередко происходящих одновременно с оползнями. Под оползнями имеются в виду массы горных пород различного состава и строения объемом от сотен до многих миллионов кубических метров, смещающиеся вниз по склону, для которых характерно скользящее

движение по криволинейной или иной поверхности. Для обвалов и осыпей характерно обрушение и скатывание вниз по крутому склону блоков глыб и обломков пород. Солифлюкционные явления возникают в случаях сильного водонасыщения глинистых и щебнисто-глинистых масс пород на пологих ($3-8^\circ$) склонах, а движение их может быть охарактеризовано как вязкое течение. Существуют переходные формы движений горных пород на склонах от оползней к селям и к обвалам. Инженерно-геологическая классификация гравитационных движений горных пород на склонах имеет существенное значение при оценке их устойчивости.

Для классифицирования и описания оползневых явлений Ф. П. Саваренским, И. В. Поповым, В. А. Приклонским и другими исследователями были разработаны признаки, которые следует применять при изучении оползней в том или ином районе. Различают региональные и генетические типы оползней. Под региональным типом оползней понимаются оползни, приуроченные к определенному стратиграфо-литологическому комплексу пород, развитому в данном регионе. Примерами региональных типов оползней могут служить оползни: а) в верхнепермских пестроцветных отложениях Поволжья и Прикамья; б) в нижнемеловых глинистых отложениях Поволжья; в) в хвалынских песчано-глинистых отложениях Нижнего Поволжья; г) в третичных и четвертичных отложениях района Одессы; д) в аргиллитах, песчаниках и известняках на Южном берегу Крыма и т. д.

Генетические типы оползней. В пределах высокого склона с длительной историей формирования могут быть развиты оползни разных генетических типов и возраста. Возникновение оползня того или иного типа отражает природную обстановку (среду) и основные оползнеобразующие факторы. Выделение оползней разных генетических типов проводится по трем главным признакам: а) строению оползневого массива — составу, текстуре и залеганию пород; б) характеру деформации и механизму смещения оползневых пород и в) типу и форме ложа (поверхности, зоны) оползневого смещения.

В зависимости от геологических условий, в первую очередь, от характера пород, каждый генетический тип оползня определенного района обладает специфическими особенностями, отличающими его от аналогичного типа оползня другого района. В то же время оползни одного генетического типа из разных регионов могут обладать сходными чертами — строением и механизмом движения. Целесообразно выделять следующие генетические типы оползней (рис. 3-1 вкладка).

1. Оползни детрузивные (по А. П. Павлову), 1-го порядка (по К. И. Богдановичу и Е. П. Емельяновой), или выдавливания (по Н. Я. Денисову). Для таких оползней характерно разрушение и выжимание пород в зоне оползневого смещения с проявлением ползучести, что обычно приурочено к наименее прочным слоям. Например, подобным «слабым» прослоем среди верхнепермских отложений Поволжья и Прикамья, в которых широко развиты блоковые оползни, являются комковатые глины, внешне и по составу мало отличные от других, но имеющие иную структуру.

Разновидностями оползней выдавливания следует считать: а) осевшие массивы, широко развитые на Южном берегу Крыма, и в карбонатных породах и траппах Ангары и в других районах; объем осевших массивов составляет нередко многие миллионы кубических метров; б) блоковые оползни, пользующиеся широким распространением почти во всех оползневых районах СССР (Одесса, Поволжье, Кавказ, Байкал и др.).

2. Оползни соскальзывания или консеквентные (по Ф. П. Саваренскому) имеют обычно блоковое строение, но положение их ложа и характер смещения определены системой тектонических и литогенетических трещин, ослабленных процессами разгрузки и выветривания. Для оползней этого типа, которые можно назвать контактными, характерно трение смещающегося блока пород по напластованию, плоскостям трещин или другим контактам.

3. Оползни деляпсивные (оползни-потоки и сплывы) — это наиболее широко развитые современные оползни, возникающие на пологих склонах ($10\text{--}15^\circ$) и характерные для второй стадии формирования склона. Оползни-потоки и сплывы возникают преимущественно в песчано-глинистых породах и в продуктах разрушения аргиллитов, мергелистых и других полускальных пород. Оползни этого типа в Поволжье описаны А. П. Павловым и Е. В. Милановским и были названы ими «глетчеровидными».

Для оползней-потоков и сплывов особенно характерно изменение консистенции и уменьшение сопротивления сдвигу, вследствие увлажнения дождевыми, снеговыми, иногда подземными и хозяйственными водами всей толщи щебнисто-глинистых или песчано-глинистых масс и их последующее движение в виде пластического (вязкого) течения. Оползни-потоки и сплывы возникают в ранее смещенных породах или сильновыветрелых «коренных» породах. Обычно в питании оползня-потока твердым материалом существенное значение имеют процессы осипания, обрушения и смыва с обнаженных откосов оползневой цирка или бортов эрозионно-оползневой ложбины. В формировании крупных рукавообразных вытянутых на $1500\text{--}2000$ м оползней-потоков большую роль играют эрозионные процессы, подготавливающие ложбины, по которым происходит снос и накопление смытого щебнисто-глинистого материала. Для таких оползней характерно развитие снизу вверх, по мере подготовки эрозионной ложбины, накопления смытого материала и его увлажнения.

4. Сплывы по составу и обводненности оползневых масс и характеру смещения сходны со сплывами, отличаясь от них меньшей глубиной и размерами; чаще всего связаны с деятельным слоем и образуются при его оттаивании на пологих склонах и более крутых откосах различных выемок.

5. Оползни «внезапного» разжижения. К ним следует отнести: а) оползни значительного размера (несколько сот тысяч и миллионы кубических метров) в послеледниковых «подвижных» морских глинах Норвегии, Швеции, Канады; б) оползни-потоки и крупные сплывы, обычно объемом в несколько десятков и сотен тысяч кубических метров, возникающие в лессах в горных и предгорных районах Средней Азии. Для оползней этого типа характерны катастрофические подвижки, в первом случае вызванные резким нарушением прочности глинистых пород в результате длительных процессов выщелачивания, а во втором — постепенным увеличением обводненности и изменением состояния лесовой толщи до критического при данных природных нагрузках.

6. Оползни суффозионные и выплывания. Возникают, когда в склоне в результате подмыва рекой или морем обнажается толща мелких, обычно глинистых водонасыщенных песков пльвинного типа и создаются условия для их выжимания и вытекания. Гидродинамическое давление и суффозионные процессы способствуют выплыванию песков и общему нарушению устойчивости склона. Оползни, обусловленные этими факторами, характеризуются значительными размерами, имеют обычно блоковое строение с перемещением отдельных

оползневых пачек на большие расстояния; подвижки происходят быстро, иногда катастрофически. Особенность механизма подобных оползней — перемещение блоков относительно прочных пород по плавунному разжиженному песчаному слою.

7. Оползни коры выветривания изверженных и метаморфических пород характерны для крутых горных склонов и наблюдались в Храмском и Дзирульском гранитных массивах в Грузии, на Байкале и в других местах. В щебнистых и глыбовых горизонтах поверхностной и трещинной зон выветривания метаморфических и интрузивных пород образуются достаточно крупные (достигают сотен тысяч кубических метров) оползни специфического строения и механизма движения. Возникают они обычно в дождливые периоды года. Обводненность трещин и гидростатическое давление могут оказать существенное влияние на состояние пород и устойчивость склона.

8. Оползни сложные и переходных типов. На природных склонах неоднородного геологического строения и длительного формирования, наряду с вышерассмотренными, возникают оползни сложного и переходного типов. К последним следует отнести а) оползни-обвалы и б) осывы (Саваренский, 1939). Оба вида оползней приурочены к высоким горным склонам, сложенным прочными трещиноватыми породами.

Типичный обвал от оползня-обвала рекомендуется отличать по отношению длины скольжения блока породы к общему пути скользящего и скатывающегося движения пород. В преобладающем числе случаев при обвалах начальный этап движения блока или массива пород, до их обрушения и последующего скатывания глыб по склону, характеризуется скольжением. Такие явления следует называть оползнями-обвалами. Начальное скользящее движение пород условно принимается до 3—5% от общей длины поверхности смещения. В горноскладчатых областях, как показали исследования в Средней Азии и на Кавказе, древние и современные оползни-обвалы более широко развиты, чем собственно обвалы.

К переходному типу оползневых явлений можно также отнести некоторые разновидности глинистых оползней-потоков, приближающихся по механизму движения, составу и обводненности к «связным» селям.

Сложными оползнями называются такие, когда на склонах почти одновременно возникают оползни разных генетических типов или в процессе одной длительной подвижки оползни одного типа переходят в другой.

Разделение оползней по генетическому признаку важно: а) для методики их изучения, в том числе для определения расположения, количества и глубины разведочных выработок; б) для обоснования расчетной схемы, выбора расчетных значений показателей свойств пород и метода расчета устойчивости оползневого склона; в) для обоснованного приведения реального инженерно-геологического разреза оползневого склона к виду, который допускает проведение испытаний на моделях напряженного состояния, оползневых деформаций и т. п.

Для борьбы с оползнями, в зависимости от их генетического типа, требуются различные лесомелиоративные и инженерные мероприятия и разная последовательность их проведения.

При инженерно-геологических съемках даже мелкого масштаба возможно по характеру оползневых пород, морфологии склонов, положению ложа смещения и по другим признакам предсказать вероятную обстановку возникновения оползня, механизм его смещения и, следова-

тельно, определить генетический тип оползня. Это имеет большое значение для последующего детального изучения отдельных типичных оползней, позволит проводить сопоставление оползней из разных регионов и т. п. Дальнейшее классифицирование оползней разных генетических типов по возрастным, морфологическим и другим признакам и по степени устойчивости сохраняет свое значение. По ним выявляются дополнительные особенности оползней, необходимые для их инженерно-геологической оценки, которая отражается на соответствующих разрезах, картах и схемах.

§ 3. ОБВАЛЫ

При инженерно-геологическом изучении обвалов, с применением аэро- и фототеодолитных приемов картирования горных склонов необходимо следовать тем же методическим положениям, как и при исследовании оползней. Для классифицирования обвалов и прогноза их развития существенное значение имеет установление приуроченности обвалов, с учетом их типов и объемов:

- а) к различным комплексам пород;
- б) к зонам и узлам пересечения тектонических разрывов и разломов различной ширины;
- в) к пачкам и блокам пород с разной степенью тектонической трещиноватости;
- г) к сочетанию падения пластов, главных трещин или зон разломов с экспозицией (ориентировкой) и крутизной склона, при котором становится возможным отчленение блока пород от основного массива и последующее его смещение;
- е) к зонам разгрузки и выветривания разной интенсивности и геоморфологического положения в пределах склона, в которых отражается состояние прочности и естественные напряжения пород;
- 3) к периодам повышенного обводнения и сейсмичности.

Методика оценки устойчивости высокого обвально-осыпного склона и прогноз крупных обвалов мало разработаны. Для их успешного решения при инженерно-геологических съемках должны быть собраны выше-рассмотренные данные, выявляющие статистически-обоснованные коррелятивные зависимости между происшедшими обвалами или массивами пород, подготовленными к обрушению, и главными обвалообразующими факторами.

Целесообразно следующее классифицирование обвалов, оползней-обвалов и осовов по объему:

- до 10 м^3 — одиночные отрывы;
- до 100 м^3 ($n \cdot 10$) — одиночные глыбы;
- сотни ($n \cdot 10^2$) м^3 — малые обвалы и осовы;
- тысячи и десятки тысяч ($n \cdot 10^3$; $n \cdot 10^4$) м^3 — средние обвалы и осовы;
- сотни тысяч ($n \cdot 10^5$) м^3 — крупные обвалы;
- миллионы и десятки миллионов ($n \cdot 10^6$; $n \cdot 10^7$) м^3 — грандиозные (катастрофические) обвалы.

Разделение обвалов, оползней-обвалов и осовов по объему должно проводиться с учетом комплекса пород, возраста, приуроченности к разным геоморфологическим частям склона, тектоники и т. д. Следует определить непосредственную причину или повод, вызвавший обвал или осов пород, подготовленный другими геологическими факторами в течение длительного времени. Например, обвал или осов любого объема

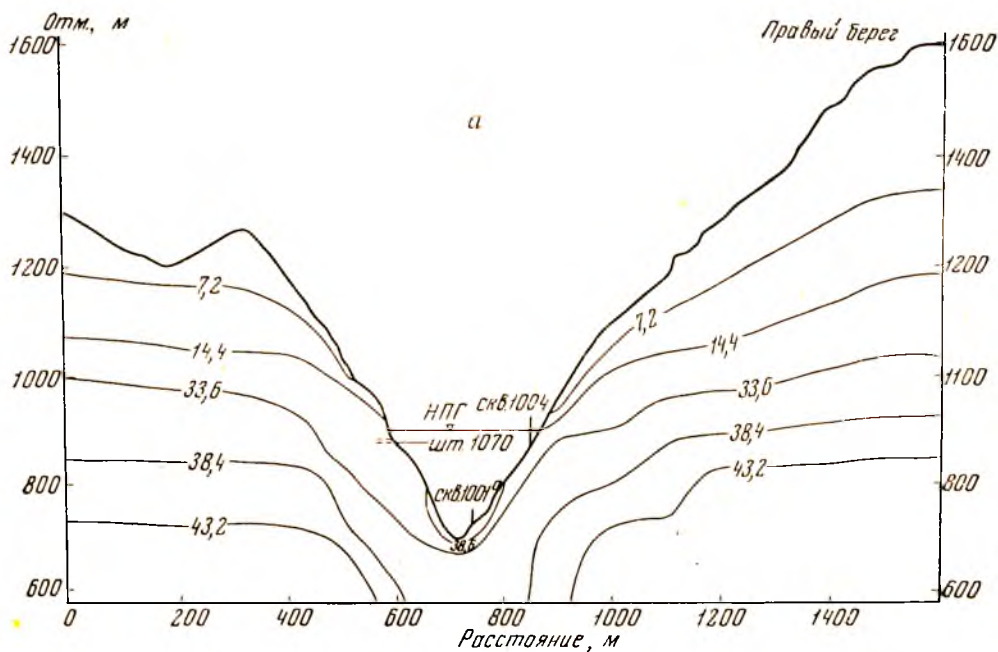
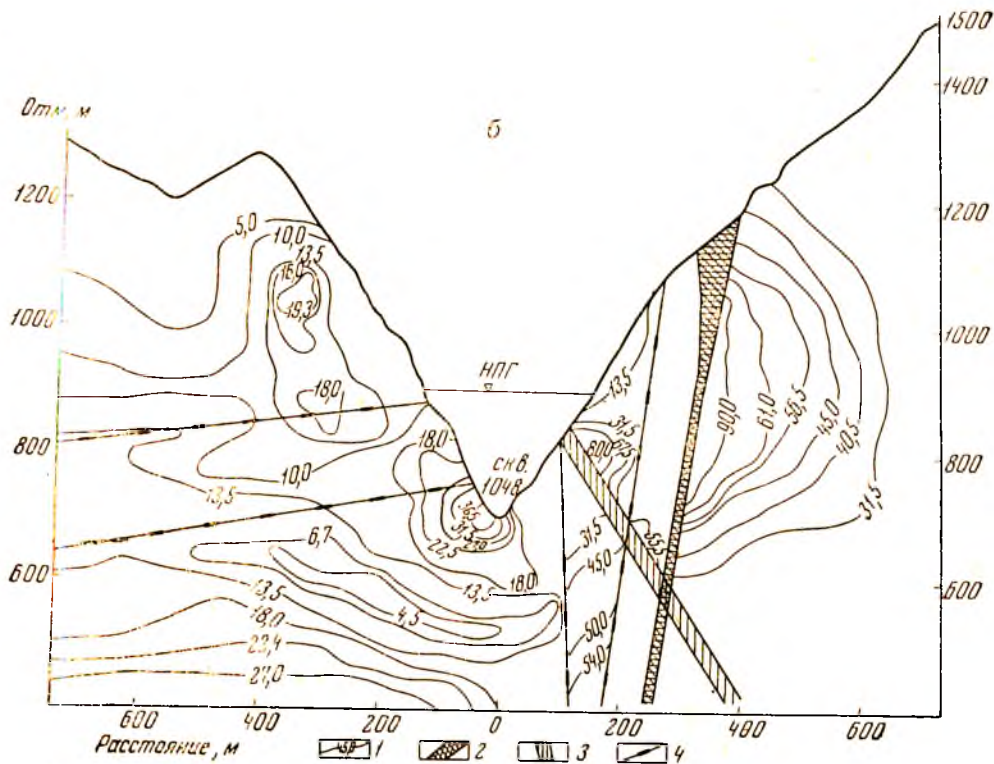


Рис. 3-2. Результаты оптического моделирования методом компенсации влияния трещиноватости на величину и распределение напряжений в массиве под действием собственного веса (по материалам Ю. А. Каменновой). Распределение максимальных касательных напряжений в известняках створа плотины на р. Нарыне:
 а) — модель 0—3 — однородное строение массива: б) модель 0—14 — массив прочных

может быть вызван землетрясением малой балльности, если породы склона разгружены, выветрелы и способны легко прийти в движение. Дополнительное изменение прочности выветрелых пород, увеличение их веса или гидродинамическое давление, возникающее при инфильтрации снеговых или дождевых вод, могут также явиться поводом к появлению обвала или осова.

Опыт инженерно-геологических наблюдений в обвальных районах (Байкал, Закавказье, Тянь-Шань и др.) показывает, что частота падения одиночных камней и глыб намного (в десятки раз) превышает число средних и крупных обвалов.

Формирование склонов, зон разгрузки и выветривания. Возникновение обвалов и оползней на склонах крупных рек связано с формированием речной долины в целом, а следовательно, с новейшими тектоническими движениями, изменениями гидрометеорологических условий и различными экзогенными процессами. Энергичный глубокий эрозионный врез в горных областях и интенсивный боковой подмыв в связи с перемещением русел равнинных рек вызывают явления разгрузки, разуплотнения и расширения трещин в массивах глинистых и скальных пород. Процессы разгрузки, выветривания, иногда выщелачивания и суффозии резко изменяют естественное напряженное состояние, прочностные,



известняков (модуль деформации $E=170\,000\text{ кг/см}^2$) рассечен полого- и крутопадающими тектоническими трещинами и зоной дробления; 1 — 45 кг/см^2 изолинии максимальных касательных напряжений, кг/см^2 ; 2 — зона тектонического дробления с модулем деформации $E=50\,000\text{ кг/см}^2$; 3 — слой черного известняка пониженной прочности $E=50\,000\text{ кг/см}^2$; 4 — тектонические трещины

деформационные и фильтрационные свойства неоднородных трещиноватых пород и формируют в них соответствующие зоны.

Распределение и величины естественных напряжений в петрографически неоднородных и в различной степени трещиноватых осадочных магматических и метаморфических породах, слагающих высокие склоны, являются одним из важных критериев при оценке состояния отдельных крупных массивов блоков пород, подготовленных к обрушению или оползневому смещению, устойчивости всего склона и позволяют обнаружить потенциально опасные зоны (см. рис. 3-2). Неодинаковая интенсивность новейших поднятий разных структурно-тектонических блоков, сложенных однотипными породами, приводит к формированию различных склонов. Если происходят весьма интенсивные поднятия, то у долины реки будет характерный V-образный поперечный профиль с крутыми выпуклыми склонами. В случае относительно замедленных поднятий формируется долина более раскрытого профиля, с выровненными или слабо вогнутыми склонами. В первом случае процессы разгрузки и выветривания, а также различные склоновые процессы — обвалы, осыпи, оползни, срыв и другие в массивах прочных пород «отстают» от глубинного вреза реки. Если поднятия замедленные, то склоновые процессы «поспевают» за эрозионным врезом и формируются более по-

логие и даже вогнутого очертания склоны с характерным профилем равновесия.

Изложенные выше соображения относятся к склонам, формирующимся в однородных по прочности и степени тектонической нарушенности породах. Если же река вырабатывает долину в разных породах, например в известняках, гранитах, сланцах, аргиллитах и т. п., или неодинаково тектонически нарушенных, то профили склонов также будут различны.

При энергичных поднятиях и глубинных врезам процессы разгрузки и выветривания в первую очередь приурочиваются к системам литогенетических и тектонических трещин и разрывам, в дальнейшем развиваясь в более сложные зоны в неоднородных по строению массивах пород. Правильная интерпретация зон разгрузки и выветривания имеет большое значение для оценки устойчивости склона и определения мест возможного возникновения обвалов и оползней, а также для составления исходных схем для расчетов устойчивости или для инженерно-геологического моделирования. В общем виде схема зон разгрузки и выветривания приведена в статье Г. С. Золотарева, 1968 г. («Вопросы инж. геологии, вып. 3»). Анализируя формирование долины горной реки, можно составить представление о степени устойчивости разновозрастных частей склона и выявить опасные участки. В частности, нижние наиболее крутые части склонов, отвечающие врезам голоценового и верхне-четвертичного времени, сложены наименее разрушенными породами и могут считаться более устойчивыми. Наименее устойчивыми являются средние части склонов, сформированные в верхне- и среднечетвертичную эпоху, породы которых в дальнейшем были сильно разгружены и подверглись выветриванию. Породы нижнечетвертичных частей склонов также значительно изменены и неустойчивы, но длительные по времени процессы сноса нередко обусловили более пологие формы, что несколько уменьшает их обвалоопасность.

На равнине развитие склонов долин идет медленнее, имеет специфические черты, но многие особенности одни и те же, что и для горных районов. Анализ формирования долин Камы, Волги и ряда других рек показывает, что в районах брахиантиклинальных медленно поднимающихся структур долина обладает более суженным поперечным профилем, чем на участках с еще меньшей интенсивностью поднятий. Характерной чертой долин равнинных рек является асимметричность их строения и преобладающее развитие аккумулятивных террас на одном берегу, а на другом — крутых подмываемых склонов, обычно с оползнями и обвалами. Формирование зон разгрузки и выветривания также типично для массивов пород склонов рек равнин, но происходит в меньших масштабах из-за относительно небольших высот берега (обычно 100—120 м) и замедленного вреза или бокового подмыва.

§ 4. О МЕТОДАХ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ; ПРОГНОЗ ОБВАЛОВ И ОПОЛЗНЕЙ

Инженерно-геологическое изучение склонов завершается оценкой устойчивости склона во времени (в целом и отдельных его частей), прогнозом обвалов, оползней и других явлений. Изучение и оценку устойчивости склона нельзя проводить в отрыве от конкретного вида строительства и использования данной территории. Прогноз развития

оползней и обвалов следует связывать с историей их формирования и, следовательно, рассматривать также во времени.

В практике инженерно-геологических исследований применяются три основные группы методов оценки устойчивости склонов и прогноза развития обвалов и оползней (см. гл. 1): расчетные, инженерно-геологического моделирования и метод геологических аналогий.

Методы, один или в комбинации, можно применять как для оценки состояния всего склона или отдельного потенциального обвального и оползневого массива, так и для оценки действия факторов, обуславливающих устойчивость склона. Во многих случаях оценка факторов дает возможность более глубоко проанализировать изучаемое явление. Е. П. Емельянова в статье о количественной оценке роли отдельных факторов в оползневом процессе (1961) показала, что их действие может быть сведено к количественному соотношению группы факторов, определяющих изменяющуюся во времени прочность массивов пород (σ), и группы силовых факторов (τ), обуславливающих суммарную величину сдвигающих напряжений, а именно: $K_y = \frac{\sum \sigma}{\sum \tau}$.

Намечаются следующие группы факторов:

I. Факторы, создающие среду, в которой формируются обвалы, оползни и склоны в целом; к ним в первую очередь относятся комплексы пород, тектоника района, степень и распределение трещиноватости, обводненность пород, пространственное соотношение тектонических разломов и систем основных трещин с ориентировкой и крутизной склона.

II. Факторы, изменяющие состояние и прочностные свойства массива пород; к их числу относятся:

а) процессы разгрузки, вызываемые эрозийным и иным расчленением массива, приводящие к расширению трещин, имеющих в породах;

б) процессы выветривания во всем их многообразии, а также выщелачивание и карст;

в) тектонические подвижки, в том числе и землетрясения, вызывающие увеличение раздробленности пород в тектонических зонах;

г) режим обводнения массива пород, особенно в трещинных и в контактных зонах;

д) процессы суффозии.

III. Факторы, изменяющие величины и распределение естественных напряжений в породах склона, в обвальных и оползневых массивах и создающие опасные зоны концентраций и «перепады» напряжений; к ним относятся:

а) все факторы предыдущей группы, так как изменение свойств пород отражается на напряженном состоянии отдельных частей массива;

б) изменение высоты и крутизны склона вследствие интенсивных тектонических блоковых поднятий, энергичной глубинной и боковой эрозии или абразии и искусственной подрезки склона;

в) гидродинамическое и гидростатическое давление подземных и инфильтрационных вод;

г) сейсмичность, вызывающая временное, но резкое перераспределение напряжений в породах склона.

IV. Прочие факторы — хозяйственная деятельность человека, планировка склона, постройка сооружений, вибрация от работающих механизмов и т. п., которые отражаются как на прочности пород, так и на изменении их напряженного состояния.

Механизм движения оползней различных генетических типов разный. В одном случае образуется зона оползневого смятия той или иной мощности, в которой породы перетираются и раздавливаются, а смещение вышележащего блока пород определяется прочностью этой перемычки массы, распределением напряжений в массиве и крутизной склона. В других случаях почти все тело оползня насыщается водой, понижается прочность оползневых масс, и они начинают скользить по поверхности более прочных слоев или очень медленно течь. Иной механизм деформации будет, когда происходит отрыв блока пород от склона по системе трещин тектонических и напластования или в связи с выдавливанием слабых пород в основании.

Важным моментом является выбор расчетной схемы и метода расчета. Применительно к оползневым склонам в настоящее время наибольшим распространением пользуются методы, разработанные В. В. Соколовским, Н. Н. Масловым, М. Н. Троицкой, Г. М. Шахунянцем и др. Общеизвестно, что поверхность смещения естественных оползней, в отличие от деформации откосов земляных сооружений, в весьма редких случаях можно принять за круглоцилиндрическую. Поэтому шведский поверочный метод, предполагающий круглоцилиндрическую поверхность скольжения, обычно не применяется при расчетах устойчивости оползневых склонов сложного строения.

Все расчетные методы значительно схематизируют природные условия и мало учитывают инженерно-геологические особенности склона. Надо различать устойчивость отдельного откоса или участка склона от состояния и стабильности всего склона. В силу изложенных соображений современные расчетные методы пока имеют вспомогательное значение и служат средством для сопоставления и учета изменения какого-либо фактора, определяющего стабильность откоса, например крутизны или высоты. При прогнозе переработки берегов водохранилищ полезно применять расчетный метод, который позволяет оценить изменение устойчивости склона из-за подрезки его основания волнами и формирования абразионной отмели.

Попытки оценить устойчивость склона или оползневого массива методами моделирования на центрифуге и другими делались неоднократно, но были мало успешны, особенно когда сталкивались со склонами сложного геологического строения и действием разнообразных процессов. Перспективными следует считать методы инженерно-геологического моделирования (с эквивалентными и оптически активными материалами) в применении к изучению напряженного состояния, деформаций пород склона и действия отдельных факторов.

Сказанное не исключает необходимости максимального внедрения расчетных методов и моделирования для оценки устойчивости оползневых, обвальных, солифлюкционных, эрозионных и других склонов в практику инженерно-геологических исследований. Задача заключается в совершенствовании существующих методов и разработке новых, в основу которых надо положить расчетные схемы, наиболее полно отображающие реальные геологические условия, характер и механизм деформации массивов горных пород.

Сравнительно-геологический метод оценки устойчивости высоких склонов предполагает анализ: а) геолого-литологического строения; б) обводненности пород и роли поверхностных и подземных вод в возникновении и движении оползня; в) геологической истории формирования склона и современных геологических процессов; г) состояния склона и сопоставления его с другими, находящимися в сходной геологической обстановке; д) опыта строительства на склонах инженер-

ных сооружений и эффективности проведенных укрепительных мероприятий.

В этом методе основное значение имеет анализ истории развития склона. Изучая геологическую историю формирования обвальных, оползневых, делювиальных и других склонов, важно показать направление в развитии как современных экзогенных процессов, так и новейших тектонических движений и сейсмичности. Задача заключается в том, чтобы охарактеризовать оползни или обвалы как изменяющиеся во времени геологические явления и дать прогноз их дальнейшего развития. Иначе говоря, установить, имеет ли данный геологический процесс тенденцию в современных условиях к активизации и в какой форме или к затуханию. Во втором случае следует ожидать повышения общей устойчивости склона. Данные полевых наблюдений за оползнями, обвалами и склонами обрабатываются при помощи математической статистики с целью выявления коррелятивных и иных зависимостей, например, между типами и объемами обвалов и оползней, возрастом склона и т. п. Кроме того, этот метод позволяет учесть разнообразное действие подземных вод на образование и развитие оползней разных региональных и генетических типов.

По материалам инженерно-геологического картирования большого числа обвалов и оползней и более детального их изучения на типичных участках устанавливаются признаки, по которым оценивается устойчивость склона и дается прогноз обвалов и оползней данного геологического региона. Например, для горных склонов, сложенных прочными трещиноватыми породами (Тянь-Шань, Западный Саян и т. п.), можно рекомендовать следующие основные признаки (критерии) для прогноза обвалов, оползне-обвалов и оползней:

1) наличие крупного разлома с широкой зоной раздробленных пород, в пределах и параллельно которому сформировался один из склонов долины горной реки;

2) такое пространственное соотношение тектонических и наложенных на них экзогенных трещин с простираем и крутизной склона, которое благоприятно для отчленения обвального или оползневого блока от основного массива пород; можно выделить несколько подобных соотношений простираения и падения трещин и ориентировки склона;

3) геоморфологические особенности и возраст склона (или его части), отражающие геологическую историю формирования склона, характер, распространение и мощность пород зон разгрузки, напряжений и выветривания;

4) характер тектонических, литогенетических и экзогенных трещин — ширина, шероховатость поверхности, состав заполнителя и обводненность, которые в сочетании определяют прочность пород на сдвиг по ослабленным контактам и зонам; сопоставление величин сопротивления сдвигу, определенных методом обратных расчетов по происшедшим оползне-обвалам, и оцениваемого аналогичного неустойчивого блока пород позволяют выявить относительную степень его устойчивости;

5) распределение и «перепады» напряжений в массиве и сопоставление их величин с показателями прочности пород в опасных ослабленных зонах и контактах, выявленных съемкой, разведкой или путем исследования на моделях;

6) резкие перераспределения напряжений в породах склона под воздействием сейсмических толчков или при быстром обводнении глубоких широких трещин, простирающихся параллельно склону.

Для выявления аналогии между происшедшими обвалами и оползнями и оцениваемыми блоками пород на склоне, а также для определения роли каждого признака прогноза используются разного рода коррелятивные зависимости, графики и критерии геологического подобия.

В прогнозе обвалов и оползней, в том числе времени их образования, особая роль принадлежит характерным показателям — симптомам — объективные признаки которых мало разработаны. До возникновения обвалов 1948 г. на Байкале, грандиозных оползней 1963 г. в долине Вайонт в Италии или 1956 г. в Македонии, оползня 1964 г. в долине р. Зеравшан в Средней Азии и т. п. характерные симптомы отмечались за несколько суток и даже месяцев перед катастрофической подвижкой. Поэтому одной из важнейших инженерно-геологических задач по прогнозу обвалов и оползней является тщательное выявление, изучение и систематизация симптомов: а) расширения или, иногда, сжатия существующих трещин на поверхности склона или в подземных выработках; б) явлений глубинной ползучести и очагов концентрации естественных напряжений, которая отражается на поверхности склона в смещении реперов; в) падения отдельных глыб; г) малых смещений и деформаций сооружения на склоне; д) «потрескивание скальных массивов и т. д.

§ 5. ПРОГНОЗ ПЕРЕРАБОТКИ БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩ

Прогноз переработки береговых склонов водохранилищ как инженерно-геологического процесса представляет собой комплексную проблему, имеющую гидрологический и геологический аспекты. Прогноз переработки берегов в первую очередь связан с инженерно-геологическим изучением строения и состояния склона и с правильным учетом воздействия на него факторов, вызванных созданием водохранилища.

Непосредственными задачами прогноза переработки берега является определение размеров зоны разрушения, скорости процесса и его форм.

Существенную роль в формировании подводной и надводной частей береговых склонов играют следующие главные гидрологические факторы:

а) уровенный режим, резко различный для горных и равнинных водохранилищ, а также в верховьях, заливах и в озеровидной части;

б) волны и их воздействие на берег;

в) течения в тех частях водохранилищ, где сказываются паводки;

г) формирование и продольное перемещение наносов.

Геологические факторы определяют размеры, скорость и формы переработки надводных береговых склонов водохранилища; к ним относятся;

а) геологическое строение — литологический состав пород, условия залегания и трещиноватость;

б) генетический тип склона, его рельеф и высота;

в) гидрогеологические условия — обводненность склона, режим подземных вод, гидродинамическое давление;

г) инженерно-геологические свойства пород склона, в первую очередь размываемость и сопротивление сдвигу, и изменение их в результате процессов разгрузки, выщелачивания и выветривания, поперемен-

ного увлажнение и высыхания при сработке уровня водохранилища и накате волн;

д) современные геологические процессы, разрушающие склон; эрозия, оползни, осыпи и обвалы, карст, просадки в лессах и другие, а также изменение их после создания водохранилища;

е) сезонная и многолетняя мерзлота.

Прочие факторы, сказывающиеся в той или иной мере на переработке берегов водохранилищ:

а) состояние поверхности склона (задернованность, залесенность, распаханность и т. п.);

б) наличие на склоне инженерных сооружений, зданий, дорожных насыпей и отвалов;

в) изрезанность береговой линии, наличие боковых притоков и т. п.

Прогноз переработки береговых склонов решается как двумерная или пространственная задача, с учетом продольного перемещения и аккумуляции наносов и развития геологических процессов. При прогнозе переработки берега большое практическое значение имеет определение скорости размыва и перемещения линии уреза и бровки подмываемого уступа в глубину склона, что связано с последовательным переносом объектов из зоны конечного разрушения.

Прогноз переработки берега различен для осыпных, эрозионных и других неоползневых устойчивых и обвальных или оползневых склонов. Он предполагает оценку изменения состояния, устойчивости и границ разрушения склона только под воздействием водохранилища. Прогноз не предусматривает случаев, при которых оползни или обвалы, действовавшие до создания водохранилища, пришли бы в стабильное состояние. Это другая задача. Обычно, если на речном склоне имеются действующие оползни или обвалы, они будут развиваться и после того, как силы, вызванные созданием водохранилища, уравновешиваются в процессе разрушения берега.

Методы прогноза. Предложены многочисленные методы оценки переработки берегов водохранилища и различные приемы построения прогнозных профилей склонов¹.

Методы расчета и прогноза переработки берегов, предложенные разными авторами, неизбежно отражают как особенности гидрометеорологических и геологических условий района, где работал исследователь, так и индивидуальный подход к решению задачи. Методы, получившие название энергетических, разработаны гидрологами и гидротехниками, обычно недостаточно учитывают геологические факторы. Методы аналогий преимущественно разработаны геологами; для их применения необходимы данные полевых наблюдений.

Волны и переработка берегов водохранилищ — процессы, развивающиеся в пространстве. В то же время существующие расчетные методы позволяют оценить переработку берега в основном как двумерную задачу, и авторами даются лишь общие указания, как учитывать пространственный характер явления.

При выборе метода и исходных данных для прогноза переработки берегов необходимо руководствоваться следующими методическими положениями:

1. Для определения скоростей и направлений ветра, используемых в расчетах высоты энергии волн, требуется тщательная обработка

¹ Краткие указания по использованию методов даны в приложении 8.

метеорологических наблюдений, которая должна выполняться специалистами; кроме того, следует учитывать изменение ветровых характеристик после создания водохранилища.

2. Расчеты высот волн согласно СН-92-60 рекомендуется вести по методу А. П. Браславского, учитывающему рельеф дна водоема. Для оценки скорости и величины переработки берегов надо брать скорость ветра и, следовательно, волн разной обеспеченности: для 10-летней стадии — 10% и для «конечной» стадии — 1% обеспеченности. Переходя к анализу энергии волн и их размывающего действия на породы берега, надо учитывать потери энергии волн на отмели. Потеря энергии волн на отмели не прямо пропорциональна ее ширине, как это предполагается в методе Н. Е. Кондратьева, а выражается криволинейной зависимостью.

3. Уровненный режим водохранилищ имеет существенное значение, и методы расчета переработки должны различаться:

а) для водохранилищ на крупных реках равнин с многолетним регулированием и ежегодной сработкой горизонта в несколько метров;

б) для крупных водохранилищ на горных реках с весьма разнообразным уровненным режимом в разные годы и сработкой до 40—70 м (Токтогульское на р. Нарын, Ингурское на Кавказе, и др.);

в) для средних и малых водохранилищ, обычно весеннего наполнения и ежегодной сработкой уровня — до 10—20 м (Ташкентское на р. Ангрен, Печорское и др.).

4. Учет перемещения наносов вдоль берега, оценка источников их формирования и мест аккумуляции в настоящее время возможен на основе анализа волновых характеристик и геологических карт водохранилища для выявления очагов размыва с использованием рекомендаций Е. К. Гречищева, Г. С. Золотарева, Б. А. Пышкина и др.

5. Материалы по изучению переработки существующих водохранилищ показали, что методы расчета и прогноза должны быть различными в зависимости от характера пород, генетических типов и рельефа размываемых склонов. При выборе метода прогноза переработки берегов рекомендуется исходить из деления пород на следующие комплексы:

а) песчаные и легкие суглинистые — аллювиального, эолового, флювиогляциального и делювиального генезиса, почти не имеющие связей между зернами, размыв которых в основном зависит от энергии волн и течений;

б) плотные глинистые (связные), карбонатные, алевритовые, песчаниковые, опоковые и аналогичные им породы разного генезиса, размыв которых определяется главным образом характером и скоростью их выветривания и размокания; для расчета переработки берега, сложенного подобными породами, необходимо изменять методику и вводить коэффициенты, учитывающие скорость выветривания, а также возможность возникновения оползней;

в) лессовые, пелловые и другие аналогичные им породы со структурными связями, легко разрушающимися при увлажнении, например вследствие подпора подземных вод, заплеска волн, капиллярного поднятия и т. п.; характер и скорость процессов переработки берегов в лессовых породах, как показали наблюдения, не зависят от энергии волн; гораздо большее значение имеет уровненный режим, определяющий подпор подземных вод, их выходные градиенты при сработке и длительность увлажнения пород в зоне переменных горизонтов;

г) гипсы и соли — легкорастворимые породы, наличие которых резко изменяет характер процессов переработки берегов;

Таблица 3.1

Данные о переработке берегов водохранилищ

Водохранилище (ты данные)	Участок наблюдения	Характеристика берега		Фактическая переработка берега по годам, объем в м ³ на 1 пог. м				Высота волн, м
		породы	геологический индекс	тип и высота склона	в 1-й	в 3-й	в 5-й	в 10-й
Куйбышевское на р. Волге (Г. С. Зо- лотарев, Н. И. Ре- утская, Л. И. Оле- хова)	с. Белый Яр, ни- же Ульяновска	Пески мелко-токозер- нистые, плотные	alQ ₂	Осыпной уступ террасы р. Вол- ги, 20—30 м	до 600—750	80—70	50—60	до 2—2,5
	с. Мордово, ниже Ульяновска	Суглинки пылеватые, плотные	dQ ₃	Уступ террасы притока, 15 м	160—230	90	40	40—45
	с. Новодевичье правый берег Волги	Оползневые накопле- ния—перемятые чер- ные глины и разру- шенные мергели	dpQ ₄	Склон с действующи- ми оползнями	12	180 (за счет под- вижки ополз- ня 1959 г.)	60	»
	г. Тетюши	Пестроцветные глины, мергели и плотные пески, с поверхности выветрелые	P ₂ tt	Осыпной склон, 80 м	14	5	7	2—2,5
Братское на р. Ангаре (Г. М. Пуляевский) Ташкентское на р. Ан- грен (З. Халматов)	с. Дунаевка	Пестроцветные аргил- литы братской свиты	O	Склон смыва	1,2			1,8
	На правом берегу	Лессы и суглинки пы- леватые лессовидные	alQ ₂	Уступ IV террасы р. Ангрен, 15 м	180	30		0,6—0,8

д) мерзлые песчано-глинистые породы, размыв которых зависит от скорости их оттаивания;

е) граниты, базальты, метаморфические сланцы и т. п. практически неразмываемые породы, которые вследствие высокой прочности и весьма слабой выветриваемости образуют после смыва с них почвы и делювия крутые уступы.

6. Важным элементом прогноза переработки берегов является инженерно-геологическая типизация и районирование склонов долины реки в пределах будущего водохранилища, выбор опорных участков и разрезов, а также определение, по какому типу (т. е. в результате какого процесса) будут формироваться новые склоны — практически неразмываемому, абразионному, аккумулятивно-абразионному, оползневому, обвальному, осыпному, эрозионному и т. п. Прогноз переработки оползневых склонов еще более сложен, так как помимо размыва волнами надо предсказать тип, размеры и время возникновения оползня. Общие методические указания по прогнозу переработки оползневых склонов были даны Ф. П. Саваренским в 1940 г. Новые данные о скорости разрушения берегов имеются в работах по Куйбышевскому, Братскому, Каховскому и другим водохранилищам (табл. 3-1). Указания по прогнозу переработки берегов, сложенных быстро выветривающимися породами, разработаны И. О. Тихвинским (приложение 8).

Выбирая исходные данные, характеризующие сопротивляемость пород размыву, глубину положения бровки отмели, коэффициенты аккумуляции, величину вдольберегового перемещения наносов и другие, нельзя значения показателей из одного метода использовать в другом, так как разные авторы сходные типы пород характеризуют различными значениями размываемости.

§ 6. УСТОЙЧИВОСТЬ ОТКОСОВ ГЛУБОКИХ ВЫЕМОК И БОРТОВ КАРЬЕРОВ

Основные факторы, вызывающие обвалы и оползни на природных склонах и определяющие их устойчивость, имеют существенное значение для оценки состояния откосов глубоких котлованов и карьеров. Однако вопросы изучения и прогноза устойчивости бортов карьеров и строительных выемок имеют специфические особенности, определяемые:

1) необходимостью рассматривать отдельно временную и длительную устойчивость рабочих и нерабочих бортов карьера в целом, отдельных откосов и берм, а также состояние откосов выездных траншей, поворотных секторов и т. д.;

2) необходимостью учета способов ведения вскрышных работ, добычи ископаемого, вывозки породы из карьера или котлована и используемой техники;

3) весьма интенсивным углублением карьера или котлована по сравнению со скоростью эрозионного вреза рек, но на меньших площадях, а также исключительно мощные водоотливы с большим снижением уровней подземных вод и осушением значительных по объему массивов пород.

Подобное быстрое внедрение на глубины до 300—500 м в толщу пород вызывает соответствующую реакцию геологической среды, обуславливая интенсивное развитие различных инженерно-геологических

явлений в бортах и в дне карьера, котловане или выемке, а также на территории, к нему прилегающей. В зависимости от характера пород и других условий такими явлениями будут:

- сплывы и оплывины в обводненных за счет подземных и поверхностных вод песчано-глинистых породах;

- оползни разных типов, преимущественно соскальзывания (по слоистости или трещинам), выдавливания, суффозионные и др.;

- малые обвалы и другие формы обрушения на крутых, недопустимо подсеченных откосах и бортах карьеров — чаще возникают в трещиноватых полускальных и скальных породах;

- выпор в откосах и дне карьера или строительной выемки — в случае залегания относительно мягких глинистых пород и при значительных перепадах напряжений;

- смыв и образование промоин на высоких бортах карьеров и выемок за счет эрозионного воздействия дождевых и талых вод;

- сдвигание части массива пород, обычно песчано-глинистых и в прибортовой зоне, вследствие их уплотнения при осушении и процессов суффозии;

- прорыв в подземных вод в карьер или выемку, а в некоторых случаях при определенном сочетании геологического строения и напоров — образование грязевых «вулканов»;

- всплывание водонасыщенных песчаных и рыхлых глинистых масс при вскрытии их выемками.

В возникновении инженерно-геологических явлений решающее значение имеют процессы разгрузки напряжений и выветривания пород, способствующие значительному уменьшению их прочности, а также действие подземных вод в условиях, когда снижение напора составляет многие десятки метров и создаются большие градиенты потока. Поэтому изучение и оценка этих факторов являются главной задачей инженерно-геологических исследований.

Исходя из условий производства вскрышных и строительных работ, добычи ископаемого и других горно-технических факторов, целесообразно различать длительную и временную устойчивость откосов глубоких выемок и бортов карьеров.

Длительная устойчивость соответствует такому состоянию борта карьера или откоса выемки, при котором завершились процессы разгрузки и активного поверхностного выветривания пород, установился новый уровень и режим подземных вод и при данной крутизне и высоте откоса нет условий для возникновения оползней или обрушений.

Временная устойчивость откосов выемок и бортов карьера отвечает различным стадиям образования оползней и других деформаций. В зависимости от характера вскрываемых комплексных пород, гидрогеологических условий и особенно от горно-технических факторов временную устойчивость откосов и бортов карьера можно подразделить на:

- а) 10—15-дневную — периода, после которого откосы отдельных уступов рабочего борта будут вновь подработаны;

- б) 2—3-месячную, т. е. на срок, за который обычно происходит срезка пород на всем протяжении и на всю высоту рабочего борта;

- в) 2—3-летнюю — когда временно прекращается срезка в рабочих бортах карьеров или в откосах выемок и действие факторов неустойчивости может сказаться существенным образом.

При оценке временной и длительной устойчивости отдельных откосов и всего борта карьера или установлении предельной высоты и кру-

тизны их, не допускающей образования деформаций, следует использовать все три группы методов — расчетные, моделирования и сравнительно-геологический. Для оценки временной и длительной устойчивости следует использовать данные инженерно-геологического картирования и стационарных наблюдений за состоянием природных склонов в сходных комплексах пород, но различной высоты и крутизны и на разных стадиях формирования.

ЗАДАЧА № 5

ОБРАБОТКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПО ОПОЛЗНЕВОМУ СКЛОНУ р. ВОЛГИ¹

Предварительными инженерно-геологическими исследованиями, проведенными на Волге, в целях выбора места для речного порта после создания водохранилища, получены следующие данные, характеризующие склон: а) геоморфологическая схема участка (рис. 3-3); б) топографический профиль склона от уреза реки до бровки (табл. 3-2); в) описание разрезов скважин и шурфов (табл. 3-3); г) результаты лабораторных определений свойств пород (табл. 3-4).

Таблица 3-2

Топографические и геоморфологические данные для построения инженерно-геологического разреза

№ точки	Расстояние от уреза реки, м	Отметка поверхности земли, м	Описание склона по линии профиля
1	0	43,10	Урез реки
2	8,0	44,80	Скв. 1
3	32,0	46,30	Нижняя пологая часть бечевника
4	50,0	54,90	Верхняя часть бечевника
5	62,0	61,50	Бровка нижней (первой) оползневой ступени
6	67,0	62,10	Оползневая ступень
7	74,0	58,90	Оползневая западина
8	93,0	67,80	Осыпь глинисто-щебнистая, действующая
9	119,0	82,40	Обнаженный откос над нижней оползневой ступенью; породы с поверхности выветрелые
10	129,5	85,10	- Действующий оползень-спыв, сформировавшийся в ранее смещенных породах. В точке 11, наблюдается мочегина, заложен шурф 2
11	145,3	86,20	
12	153,0	90,40	
13	163,3	92,80	
14	168,0	95,0	Ступенчатая поверхность верхнечетвертичного оползня-блока, прикрытая маломощным делювием
15	187,0	97,0	
16	195,0	97,6	
17	200,0	97,9	
18	206,5	101,0	Уступ 3-й оползневой ступени, прикрытый делювием или обнаженный
19	226,0	110,10	
20	247,0	112,5	Поверхность 3-й оползневой ступени
21	285,0	113,60	Скв. 3
22	318,0	115,40	
23	329,1	119,30	Делювиальный шлейф на смещенных породах. В точке 23 заложен шурф 4
24	340,0	120,05	
25	348,0	121,10	Откос над поверхностью 3-й оползневой ступени; прикрыт осыпью и делювием
26	398,5	131,60	
27	444,0	132,10	Поверхность древнего делювиального склона; скв. 5
28	470,0	133,0	

¹ Составлена Г. С. Золотаревым.

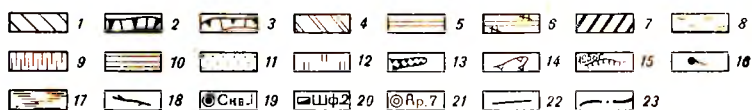
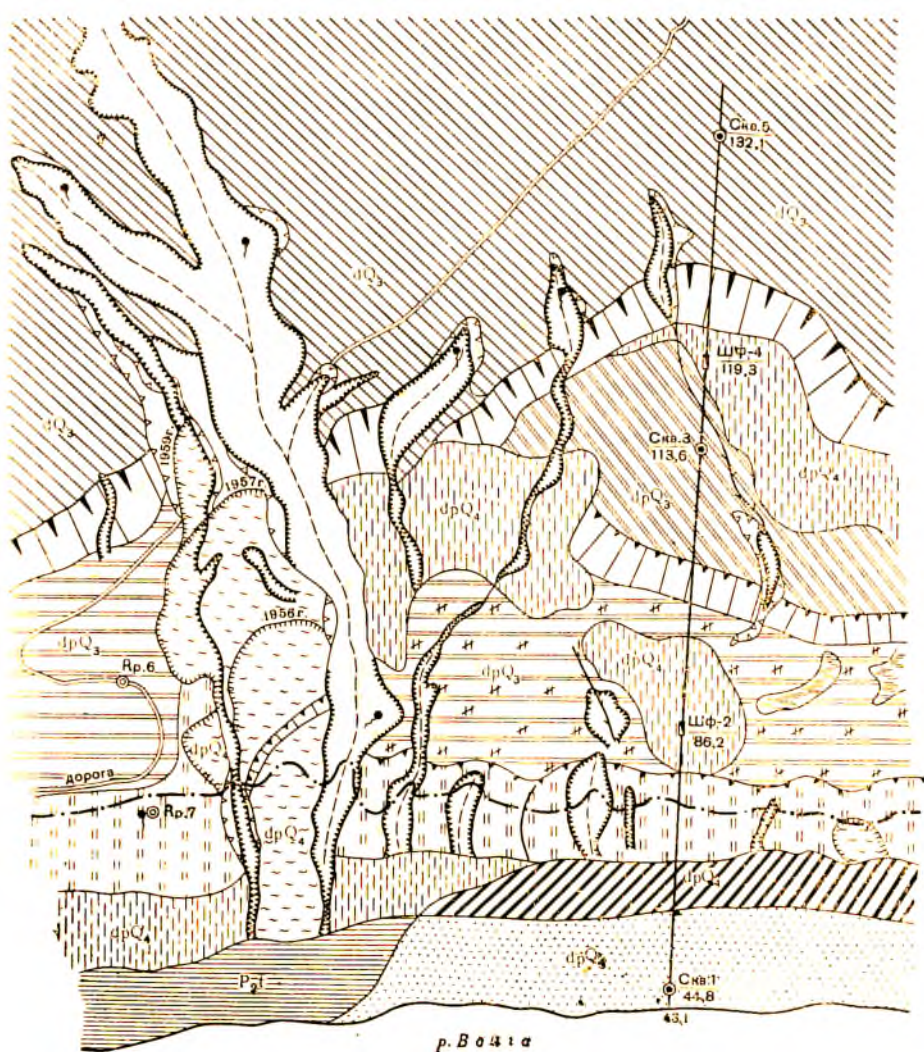


Рис. 3-3. Геоморфологическая схема оползневой участка:
 1 — верхнечетвертичный делювиальный склон (dQ₃) задернованный, крутизной 5—7°; 2 — надоползневой откос, задернованный, прикрытый осыпью и делювием; 3 — бровки откосов оползневых ступеней; оползневые ступени (dp Q₃): 4 — бугристые, образованные верхнечетвертичными оползнями-пакетами татарских пород, участками прикрыты старыми сплывами и делювием; 5 — то же, выровненные; 6 — выровненные поверхности древних оползневых ступеней; 7 — современный (dp Q₄) оползень-пакет татарских пород в основании берегового склона; 8 — действующий (dp Q₄) крупный оползень-поток, щепнисто-глинистый; 9 — действующие (dp Q₄) сплывы, глинистые; бечевник Волги: 10 — в татарских породах, 11 — в оползневых накоплениях; 12 — современные эрозионные откосы; растущие овраги: 13 — границы на 1956 г., 14 — границы на 1959 г.; 15 — границы действующих и приостановившихся оползней на разные годы; выходы подземных вод: 16 — родники, 17 — мочелины и заболоченность; 18 — крупные промоины; 19 — скважины; 20 — шурфы; 21 — репера; 22 — разведочный створ; 23 — НПП — нормальный подпорный горизонт водохранилища

Описание разрезов скважин и шурфов

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скважина № 1. Отм. устья — 44,8 м				
1	dpQ ₃₋₄	Глины и мергели пестроцветные, преимущественно, коричневато-бурые, сильновыветрелые и перемежные, с обломками песчаника и известняка и гнездами песка; влажные до глубины 1,6 м, ниже — водонасыщенные, участками вязкие, с зеркалами скольжения	0,0	17,6
2	P _{2t1}	Глины коричневато-красные, переслаивающиеся с розовыми мергелями и белыми известняками, влажные и слабовлажные	17,6	22,1
Шурф № 2. Отм. устья — 86,2 м				
1	dpQ ₄	Глины перемежные, сильно увлажненные, пестроцветные, со щебенкой песчаника и мергеля	0,0	2,8
2	dpQ ₃	Смешенные пачки глин, мергелей и песчаников, раздробленных, сохранивших последовательность напластования, в основании — влажные глины, перетертые, крошащиеся, известковистые (зона скольжения)	2,8	11,7
3	P _{2t2}	Глины коричнево-красные переслаиваются с мергелями, плотные, слабовлажные	11,7	13,1
Скважина № 3. Отм. устья — 113,6 м				
1	dpQ ₃	Смешенные пачки песчаников выветрелых и раздробленных с прослоями глин	0,0	5,5
2	dpQ ₃	Смешенные пачки и блоки пород татарского яруса; глины и мергели с прослоями песчаников, изредка известняков, раздробленные, но сохранившие последовательность напластования. Плоскости скольжения наклонены под разными углами. Отмечено несколько зон, в которых глины перетерты и увлажнены	5,5	27,8
3	P _{2t2}	Глины и мергели пестроцветные, слоистые, плотные	27,8	33,5
Примечание. По наблюдениям в оврагах контакт первой и второй свит татарского яруса находится на 12—13 м над уровнем реки.				
Шурф № 4. Отм. устья — 119,3 м				
1	d+dpQ ₄	Суглинки и супеси бурые с мелкой щебенкой мергелей, влажные, с глубины 3,60 м сильновлажные, вязкие	0,0	5,3
2	dpQ ₃	Смешенные пачки раздробленных пород татарского яруса	5,3	6,2
Скважина № 5. Отм. устья — 132,1 м				
1	dQ ₃	Суглинки желто-бурые, макропористые, со щебенкой мергелей, с известковистыми включениями, почти сухие, с глубины 4,0 м слабовлажные	0,0	5,8
2	alQ ₃	Суглинки и супеси желто-бурые, слоистые, плотные, влажные, с тончайшими прослойками мелко- и тонкозернистого песка; в основании — плохо окатанный гравий местных пород (балочный аллювий)	5,8	11,6
3	dpQ ₂	Смешенные блоки раздробленных пород татарского яруса: песчаников, глин и мергелей с гнездами перемежных глин; до глубины 20,0 м — влажные, ниже — водонасыщенные; с глубины 36,2 м — несмешенные породы	11,6	36,2

Сведения о подземных водах

Глубина от устья, м	Скв. 1	Скв. 3	Скв. 5
Появление воды	1,60	14,20	20,70
Установившийся уровень	1,55	2,50	16,60

2

Таблица 3-4

Результаты лабораторных определений свойств пород

Характеристики пород	Выработки и глубины отбора монолитов, м			
	скв. 1 9,2	шф. 2 1,6	скв. 3 22,4	шф. 4 3,7
Порода и геологический индекс	глины dpQ ₃₋₄ /tt	глины dpQ ₄	глины dpQ ₃ /tt	суглинки d+dpQ ₄ /tt
Объемный вес Δ , г/см ³	1,85	1,91	1,80	1,83
Естественная влажность W, %	30,9	30,6	32,6	25,8
Пределы пластичности, % верхний W _f нижний W _p	56,4 33,9	41,3 18,4	48,4 29,8	36,3 20,4
Содержание частиц <0,002 мм, %	45,1	34,4	47,4	30,3

Сопротивление сдвигу

№ выработок	Сдвигающее усилие τ , кг/см ² , и влажность по- сле опыта W, %	При вертикальном давлении σ , кг/см ²					
		0,5	1	2	4	6	8
Скв. 1	τ	0,65	1,0	1,4	1,8	1,9	2,3
	W	31,6	31,0	28,2	28,4	28,1	28,5
Шурф 2	τ	0,2	0,4	0,6	0,9	—	—
	W	30,3	29,3	28,1	27,3	—	—
Скв. 3	τ	0,35	—	1,1	1,9	2,6	2,9
	W	32,0	—	28,0	27,0	26,0	25,2
Шурф 4	τ	0,38	0,6	0,9	1,3	1,7	2,1
	W	30,7	28,3	27,6	26,9	26,8	27,1

Примечание. Образцы испытаны на приборах конструкции Н. Н. Маслова без предварительного уплотнения по схеме быстрого сдвига.

Требуется составить инженерно-геологическое заключение о строении, устойчивости и прогнозе переработки оползневого склона, которое предусматривает:

1) построение инженерно-геологического разреза оползневого склона по разбуренному створу в масштабе 1 : 1000;

2) характеристику современного состояния оползневого склона; вероятные причины оползней и возможные изменения их после создания водохранилища;

3) оценку переработки оползневого склона с указанием на разрезе и схеме возможных форм размыва при подъеме воды на 30 м и сработке склона — 5 м;

4) обработку результатов испытаний пород на сопротивление сдвигу в виде графиков;

5) выполнение расчетов устойчивости оползневого склона до и после создания водохранилища;

6) определение задач дальнейших исследований, примерные виды и объем работ.

ЗАДАЧА № 6

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО УЧАСТКА В ПОВОЛЖЬЕ¹

Предварительными инженерно-геологическими исследованиями, проведенными на правом берегу Волги для оценки устойчивости оползневого участка на берегу водохранилища, где намечается постройка

Таблица 3-5

Данные для построения инженерно-геологического разреза

№ точки	Горизонтальное расстояние от уреза реки, м	Отметки поверхности, м	Описание склона по линии профиля
1	0,0	33,9	Урез реки
2	30,0	37,2	Нижняя часть бечевника, выработанная в современном оползне
3	67,5	39,7	
4	80,0	41,5	
5	96,0	43,4	Шурф 1
6	117,0	47,6	Суженная часть движущегося оползня-потока
7	129,0	51,4	
8	176,5	64,2	Скв. 2
9	184,0	64,6	
10	196,0	70,0	Скв. 3 — слабонаклонная поверхность оползневой ступени, переходящая в свежую осыпь, в основании которой источник
11	209,0	71,4	
12	216,0	74,6	Расчистка 4
13	216,5	79,4	Обрыв, сложенный желто-серым конгломератовидным песчаником
14	228,0	88,6	
15	232,5	97,3	Надоползневый откос в неокомских глинах; в основании откоса маломощная осыпь (0,20 м)
16	250,0	100,6	
17	260,0	101,0	Бровка надоползневого откоса
			Скв. 5 — поверхность делювиального склона

¹ Составлена Г. С. Золотаревым.

Результаты лабораторных испытаний глинистых пород нижнего мела, верхней юры и оползневых накоплений
Физические свойства

Характеристика пород		№ монолита													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Выработки и глубина отбора образцов, м		скв. 5	скв. 3	скв. 2	шурф 1		скв. 3							скв. 1	скв. 2
		15,0	5,0	6,6	5,0	6,0	7,9	0,7	2,5	4,5	0,5	5,0	3,0		
Поряды и их геологический индекс		Г л и н ы						Г л и н ы п е р е м я т ы е							
		Сг1пс	J3v1	J3ox-cl		dpQ1							dpQ4		
Объемный вес Δ, г/см³	Естественная влажность W, %	1,95	1,91	1,95	1,97	2,0	1,97	1,63	1,74	1,61	1,7	1,60	1,86		
		28,1	28,0	27,7	27,9	27,9	24,3	26,1	40,7	51,3	32,0	55,3	42,7		
Пределы пластичности, %: верхний W _f нижний W _p		67,2 32,3	61,2 25,5	55,5 24,1	50,7 23,8	58,5 27,8	60,1 30,3	60,3 25,7	61,9 29,1	67,6 28,3	58,2 27,8	51,7 26,2	67,5 34,7		
Содержание глинистых частиц < 0,002 мм, %		73,9	43,5	45,0	59,0	60,3	55,7	58,3	54,9	49,8	57,9	59,3	62,6		

по полевым
данным

Сопротивление грунтов сдвигу*

Моно-литы	Сдвигающее усилие τ , кг/см ² , и влажность образцов W , % после опыта	При вертикальном давлении σ , кг/см ²									
		0	0,5	1	2	3	4	6	8	10	16
1	τ W	1,3 39,5	— —	2,3 31,9	3,0 29,0	3,1 29,2	3,7 29,3	4,6 28,6	— —	5,8 28,3	7,0 28,0
2	τ W	2,3 28,3	— —	— —	3,8 28,7	4,7 29,6	— —	5,4 29,8	6,0 29,2	6,1 29,7	— —
3	τ W	1,8 29,5	— —	2,0 29,0	2,4 29,4	2,6 29,0	3,0 28,3	3,7 28,4	4,2 27,8	4,6 27,6	— —
4	τ W	1,7 27,5	— —	2,2 27,0	— —	2,8 26,5	— —	3,3 26,2	— —	3,9 25,7	4,2 25,3
5	τ W	1,5 29,9	— —	1,8 29,5	2,0 29,5	2,1 29,1	2,3 28,2	2,8 28,2	— —	3,0 27,9	4,0 28,3
6	τ W	1,7 30,7	— —	2,2 30,0	2,6 30,4	2,8 29,7н	— —	3,4 28,8	4,1 27,6	— —	— —
7	τ W	0,25 42,6	— —	0,5 40,1	0,7 38,4	0,9 37,6	1,0 37,0	1,1 36,3	1,2 35,9	1,3 36,0	— —
8	τ W	0,04 45,8	0,06 46,1	0,15 45,4	0,40 44,3	— —	— —	— —	— —	— —	— —
9	τ W	0,05 46,3	0,08 43,2	0,10 40,1	0,25 39,6	0,30 40,0	— —	— —	— —	— —	— —
10	τ W	0,20 38,4	— —	0,9 36,7	— —	1,1 35,9	— —	1,4 34,0	— —	— —	— —
11	τ W	0,25 43,1	0,30 45,3	0,32 43,1	0,42 40,8	0,45 38,8	0,50 35,3	0,70 29,3	— —	— —	— —
12	τ W	0,06 47,5	0,29 46,0	0,62 41,2	— —	0,75 39,5	— —	— —	— —	— —	— —

* Образцы испытаны на сдвиговых одноплоскостных приборах конструкции Гидропроекта без предварительного уплотнения по схеме быстрого сдвига.

Описание разрезов шурфов, расчисток и скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
Шурф № 1. Отм. устья 41,5 м				
1	dpQ ₄	Глинистые массы с мелкими кусочками глины; у дневной поверхности слабовлажные (18—20%), ниже — сильновлажные (40—50%)	0,0	5,5
2	J _{3ox} —cl	Глины серые, известковистые, очень плотные, влажные (29%), разбитые трещинами; во время бурения вода не встречена	5,5	7,9
Скважина № 2. Отм. устья — 51,4 м				
1	dpQ ₄	Глинистые массы, с поверхности (0,5 м) почти сухие, ниже — сильновлажные; на глубине 3,0 м — трещина (поверхность оползания?)	0,0	3,1
2	J _{3ox} —cl	Глины серые известковистые плотные, слабовлажные	3,1	9,7
Скважина № 3. Отм. устья — 70,0 м				
1	dpQ ₄	Глины темно-серые, с мелкой щебенкой песчаника и углистых сланцев, сильновлажные (40—45%)	0,0	4,8
2	J _{3v1}	Глины темно-фиолетовые, кремнистые, трещиноватые, в верхней части вскрытого слоя выветрелые	4,8	6,6
Расчистка № 4. Отм. верха — 74,6 м				
1	grQ ₄	Глинистая осыпь, мелкощебенчатая, в нижней части очень влажная	0,0	0,8
2	J _{3v1}	Глины черные, влажные, плотные, с прослоями углистых сланцев	0,8	1,0
Скважина № 5. Отм. устья — 100,6 м				
1	pdQ ₄	Почва сухая	0,0	0,2
2	dQ ₃	Суглинки бурые, пылеватые, слабовлажные	0,2	1,4
3	Cr _{1nc}	Глины темно-серые, слоистые, с рассеянным пиритом и фауной, плотные, вверху слоя выветрелые влажные	1,4	21,7
4	J _{3v2}	Песчаники желто-серые, с многочисленными ауцелами, трещиноватые, в песчаниках обильный водоносный горизонт	21,7	22,9

ЗАДАЧА № 7

**ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО УЧАСТКА
НА ПРАВОМ БЕРЕГУ р. ВОЛГИ¹**

Для предварительного заключения об инженерно-геологических условиях трассы автомобильной дороги на правом оползневом берегу р. Волги была проведена инженерно-геологическая съемка и пробурено пять скважин на одном из оползневых участков (рис. 3-5; табл. 3-8 и 3-9).

При инженерно-геологической съемке оползневого склона из расчисток отобраны монолиты несмещенных глин и оползневых накоплений. Результаты лабораторных определений свойств грунтов представлены в табл. 3-10.

¹ Составлена Г. С. Золотаревым и Э. В. Калининным.



Рис. 3-5. Геоморфологическая схема оползневого склона:

1 — современные оползни-потоки с многочисленными трещинами, сложенные глинами с редкой щебенкой песчаника, бесструктурными, сильновлажными ($dp Q_4$); 2 — выровненные оползневые ступени в верхнечетвертичных смещенных и раздробленных пачках нижнемеловых пород ($dp Q_3$); 3 — приводораздельный делювиальный склон, сложенный верхнечетвертичными суглинками (dQ_3); 4 — междооползневые гребни, сложенные аптскими известковистыми песчаниками и темно-серыми глинами ($Ст_{1ар}$) или альбскими плотными глинами (Cr_{1al}); 5 — надоползневой откос в плотных альбских глинах; 6 — оползневые откосы, частично задернованные, в верхнечетвертичных оползневых массах; 7 — бечевник, выработанный в верхнечетвертичных оползневых накоплениях; 8 — границы современных действующих оползней; 9 — бровки откосов; 10 — растущие неглубокие овраги; 11 — современные конуса выноса у оврагов и крупных промоин; 12 — НПГ водохранилища; 13 — линия инженерно-геологического разреза; 14 — скважины и их номера

Таблица 3-8

Топографические и геоморфологические данные для построения инженерно-геологических разрезов

№ точки	Расстояние от начала разреза, м	Отметки поверхности земли, м	Описание склона по линии профиля
1	0,0	30,5	Урез реки. Бечевник в древнеоползневых накоплениях.
2	85,0	41,0	Бровка уступа над бечевником
3	92,0	50,1	
4	116,0	49,2	Скв. 1. Ровная поверхность древнего оползня
5	149,5	48,5	
6	180,0	57,1	Наклонная бугристая поверхность современного оползня-потока с многочисленными промоинами и трещинами
7	202,0	60,5	
8	217,2	65,0	
9	247,0	67,5	
10	270,0	78,1	Основание и бровка оползневого уступа
11	291,6	88,4	
12	335,5	92,3	Скв. 2. Бугристая поверхность оползневой ступени
13	379,0	95,4	
14	424,0	110,0	Наклонная мелкобугристая поверхность действующего оползня потока
15	459,5	110,0	
16	479,7	117,4	
17	491,9	123,5	Бровка оползневой ступени
18	527,7	122,0	Скв. 3. Оползневая ступень
19	571,1	139,2	Наклонная поверхность оползня потока
20	641,7	151,8	Скв. 4.
21	670,0	173,5	Бровка верхней оползневой ступени
22	687,5	175,0	Надоползневой откос в альбских глинах, с поверхности выветрелых
23	709,4	196,1	Приводораздельный склон
24	736,6	198,2	Скв. 5
25	778,5	199,8	

Описание разрезов скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скважина № 1. Отм. устья — 49,2 м				
1	dpQ ₃	Глины темно-серые, раздробленные на отдельные пачки и глыбы, сохраняющие слоистость; влажные	0,0	21,2
2	Cr ₁ nc	Глины серые, горизонтально тонкослоистые, с кристаллами пирита, плотные, влажные	21,2	32,0
Скважина № 2. Отм. устья — 92,3 м				
1	dpQ ₄	Глины бесструктурные, с редкой щебенкой песчанника, сильно влажные, с глубины 3,5 м водонасыщенные	0,0	4,5
2	dpQ ₃	Глины серые, горизонтально слоистые, влажные, пластичные (смещенные пачки)	4,5	20,0
3	Cr ₁ nc	Глины черные, обогащенные органическим веществом, слоистые, с тончайшими прослойками песчанников и алевролитов, с кристаллами пирита, влажные	20,0	33,8
Скважина № 3. Отм. устья — 122,0 м				
1	dpQ ₃	Пачки смещенных и частично перемятых глин, темно-серых, с редкими песчаными гнездами, плотные, влажные	0,0	14,0
2	Cr ₁ ap	Песчаники светло-серые, известковистые, мелко- и среднезернистые, трещиноватые, толстослоистые, водонасыщенные	14,0	19,6
3	Cr ₁ ap	Глины темно-серые, слоистые, с прослойками тонкозернистого глинистого песка	19,6	38,0
4	Cr ₁ br	Алевролиты и глины серые, с прослойками тонкозернистого песка, слабoplastичные	38,0	52,5
Скважина № 4. Отм. устья — 161,8 м				
1	dpQ ₄	Глины пластичные, сильно влажные, перемятые, с редкой щебенкой песчанников и слоистых глин	0,0	4,2
2	dpQ ₃	Пачки и глыбы глин раздробленных трещиноватых, с нарушенной слоистостью, влажные, с глубины 6,3 м водонасыщенные	4,2	18,0
3	Cr ₁ ap	Алевролиты темно-серые, с тонкими прослойками пылеватых песков, с кристаллами пирита, влажные, плотные	18,0	29,5
4	Cr ₁ ap	Глины черные, неслоистые, с запахом сероводорода, плотные, слабовлажные	29,5	31,8
Скважина № 5. Отм. устья — 199,8 м				
1	dQ ₃	Суглинки желто-бурые, пылеватые, известковистые, с мелкой щебенкой мергелей	0,0	4,6
2	Cr ₁ al	Глины темно-серые, песчанистые, плотные, со скоплениями гипса, слоистые, влажные	4,6	49,0
3	Cr ₁ al	Пески, зеленовато-серые, глауконитовые, мелкозернистые, глинистые, водонасыщенные	49,0	55,9
4	Cr ₁ ap	Глины и алевролиты серые, песчанистые, плотные, влажные	55,9	75,0

Сведения о подземных водах

Глубина от устья скважины, м	№ скважины			
	скв. 2	скв. 3	скв. 4	скв. 5
Появление воды	3,5	14,5	6,3	48,8
Установившийся уровень	3,2	11,8	6,0	45,3

Таблица 3-10

Результаты лабораторных определений свойств пород
Физические свойства

	№ монолита									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ скв. глубина, м	2 3,0	4 4,8	1 6,5	2 12,3	3 7,8	5 25,1	4 30,0	3 20,2	1 22,5	2 21,8
Порода и геологический индекс	Глины перемятые dPQ_4				Глины dPQ_3		Глины $C_{T,al}$	Глины $C_{T,ap}$	Глины $C_{T,pe}$	
Объемный вес Λ , $г/см^3$ Естественная влажность W , %	1,61 42,4	1,64 40,4	1,93 29,2	1,95 30,2	1,83 36,4	1,81 32,0	1,78 39,1	1,99 35,6	1,98 31,6	1,91 28,1
Пределы пластичности: верхний W_f нижний W_p	72,0 38,1	68,7 39,3	47,9 25,3	53,2 27,4	50,2 21,3	64,9 30,3	75,3 40,7	47,6 24,4	65,7 33,6	67,2 31,3
Содержание глинистых частиц ($<0,002$ мм). %	55,9	53,3	67,8	62,4	67,3	56,4	53,1	38,5	59,0	74,0

Сопротивление сдвигу*

№ моно-лита	Сдвигающее усилие τ , кг/см^2 и влажность W , %	При вертикальном давлении σ , кг/см^2							
		1	2	3	4	6	8	10	12
1	τ W	1,2 20,7	1,4 40,4	— —	1,9 40,0	— —	2,4 39,5	2,6 39,3	2,7 38,7
2	τ W	0,7 44,3	0,9 42,3	— —	1,1 41,8	1,3 41,2	1,4 40,7	1,6 40,6	1,9 39,9
3	τ W	1,3 26,6	1,8 25,8	2,2 25,4	2,6 25,2	2,9 24,3	— —	4,1 23,9	4,9 23,3
4	τ W	0,6 33,2	0,8 31,8	— —	1,2 31,1	1,6 30,8	2,1 30,4	2,5 29,2	— —
5	τ W	0,7 34,2	— —	1,0 34,1	1,2 33,7	1,4 33,5	1,5 33,4	— —	— —
6	τ W	0,9 35,8	1,4 34,7	1,5 34,5	1,7 34,2	1,9 34,3	2,2 34,3	2,6 33,7	— —
7	τ W	2,1 35,0	2,4 33,9	3,0 33,6	3,5 33,2	4,1 33,0	4,8 32,9	5,5 32,5	6,0 32,3
8	τ W	1,0 28,8	1,6 27,2	— —	2,0 25,6	2,4 25,4	2,9 25,2	3,5 25,2	— —
9	τ W	1,1 31,0	1,4 29,2	1,5 29,0	1,6 28,4	1,7 28,6	1,8 28,4	1,9 28,1	— —
10	τ W	2,3 27,5	2,9 26,5	3,2 26,4	3,7 26,0	4,4 25,1	5,0 25,3	5,4 24,1	— —

* Образцы испытаны на срезных приборах конструкции ЦНИИС без предварительного уплотнения по схеме быстрого сдвига.

Т р е б у е т с я:

1) составить инженерно-геологический разрез оползневого склона в масштабе 1 : 1000; на разрез нанести сведения о водоносных горизонтах и основные показатели свойств пород;

2) составить инженерно-геологическую схему оползневого участка;

3) определить величины сопротивления сдвигу глинистых пород по данным лабораторных исследований;

4) рассчитать устойчивость оползневого склона;

5) построить профиль переработки берегового склона после создания водохранилища для 10-летней и конечной стадии; подпор в водохранилище равен 30 м, а сработка в период открытого русла — 5 м;

6) составить краткое инженерно-геологическое заключение об устойчивости оползневого склона до и после создания водохранилища и указать возможные причины оползневых процессов на этом склоне.

ЗАДАЧА № 8

СОСТАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКЛЮЧЕНИЯ ПО ОПОЛЗНЕВОМУ СКЛОНУ р. МОСКВЫ¹

На правом склоне р. Москвы намечено строительство тяжелых сооружений. Для оценки устойчивости склона и заключения о пригодности территории под строительство на оползневом участке были проведены инженерно-геологические изыскания; инженерно-геологическая съемка, буровые работы, гидрогеологические наблюдения и изучение физико-механических свойств пород.

В результате получены следующие материалы: а) топографические данные (табл. 3-14), б) геоморфологическая схема участка склона (рис. 3-6), в) описание разрезов скважин по разбуренному створу и данные о подземных водах (табл. 3-11 и 3-12) и г) результаты лабораторного изучения свойств пород (табл. 3-13).

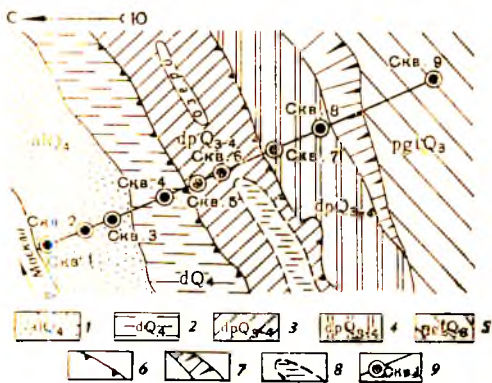


Рис. 3-6. Геоморфологическая схема оползневого участка р. Москвы:

1 — пойма, сложенная песками мелкозернистыми, глинами и супесями с прослоями песка, водоносными (al Q₄); 2 — наклонная поверхность оползня-блока, прикрытая делювиальными суглинками, влажными (dQ₄); 3 — бугристая поверхность II оползневой ступени, сложенная глинами, суглинками, песками, перематыми, влажными (dp Q₃₋₄); 4 — поверхность III оползневой ступени, сложенная сместившимися моренными глинами и суглинками (dp Q₃₋₄); 5 — приводораздельный склон, сложенный покровно-ледниковыми верхнечетвертичными суглинками, неслонистыми, влажными (fgl Q₃); 6 — бровки оползневых откосов; 7 — надоползневой сток; 8 — заболоченные участки; 9 — скважины и их номера

Требуется обработать материалы предварительных исследований и составить инженерно-геологическое заключение, которое должно содержать:

- 1) инженерно-геологический разрез оползневого склона в масштабе 1:500 с данными обводненности и свойств пород, их генезиса и возраста;
- 2) характеристику основных факторов возникновения оползней;
- 3) данные лабораторных испытаний сопротивления пород сдвигу в виде графиков;
- 4) оценку устойчивости всего склона и отдельных его частей;
- 5) рекомендации по дальнейшему инженерно-геологическому изучению склона.

¹ Составлена А. В. Минервиным и Э. В. Калининным.

Описание разрезов скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоев, м	
			от	до
Скважина № 1. Отм. устья — 117,3 м				
1	alQ ₄	Пески светло-серые и желтовато-серые, мелкозерни- стые, глинистые, водоносные с глубины 1,3 м . . .	0,0	5,5
2	J ₃ v ₁	Глины темно-серые, слюдяные, песчаные, с вклю- чением желваков фосфорита, с тонкими прослойка- ми песка, влажные	5,5	8,0
Скважина № 2. Отм. устья — 119,6 м				
1	alQ ₄	Супеси желтые и буровато-серые с гнездами ожелез- ненного песка, пылеватые, водонасыщенные с глу- бины 3,6 м	0,0	5,6
2	dpQ ₃₋₄	Пески тонкозернистые, оползшие, водоносные . . .	5,6	7,6
3	J ₃ v ₁	Глины темно-серые, слюдяные, с желваками фосфо- рита, водонасыщенные	7,6	11,1
Скважина № 3. Отм. устья — 121,0 м				
1	alQ ₄	Супеси желтые и буровато-серые, с гнездами оже- лезненного песка, пылеватые, увлажненные, с пес- чаными водоносными прослойками	0,0	5,2
2	dpQ ₃₋₄	Пески мелкозернистые водоносные	5,2	7,0
3	J ₃ v ₁	Глины темно-серые, слюдяные, деформированные, пластичные, влажные	7,0	13,2
4	J ₃ ox	Глины черные слюдяные, с желваками фосфорита, плотные, слабовлажные	13,2	33,5
5	J ₃ cl	Глины черные и темно-серые слюдяные, с желвака- ми фосфоритов, слоистые, плотные	33,5	40,7
6	C ₃ m	Известняки светло-серые, крепкие, с тонкими трещи- нами, закарстованные	40,7	40,9
Скважина № 4. Отм. устья — 133,3 м				
1	pdQ ₄	Почва	0,0	0,4
2	dQ ₄	Глины желтовато-серые и светло-коричневые опесча- ненные, влажные, слабoplastичные	0,4	4,0
3	dpQ ₃₋₄	Супеси темно-желтые, зеленовато-серые, бурые, пы- леватые; в кровле — прослой песчаника, раздроб- ленного на глыбы, с тонкими прослойками фиоле- товых глин. С глубины 10,5 м супеси обводнены	4,0	16,1
4	dpQ ₃₋₄	Пески темно-серые и серые, мелкозернистые, глини- стые, слюдяные в смещенных пачках; в подошве слоя глыбы песчаников. Смещенные моренные и дочетвертичные глины, суглинки, супеси и пески сохраняют последовательность напластования; в основании блоков породы перематы. Пески водо- носные, глины водонасыщенные	16,1	25,5
5	J ₃ v ₁	Глины темно-серые тонкослоистые, сильно деформи- рованные (зона перематия), влажные	25,5	31,5
6	J ₃ ox	Глины черные, слюдяные, до глубины 33,3 м — де- формированные	31,5	36,0
Скважина № 5. Отм. устья — 140,1 м				
1	pdQ ₄	Почва	0,0	0,5
2	dpQ ₃₋₄	Суглинки красновато-коричневые и светло-серые, сме- щенные, с валунами и галькой, влажные	0,5	3,7
3	dpQ ₃₋₄	Пески кварцевые светло-желтые и желтовато-серые, разнозернистые, гравелистые, оползшие, влажные	3,7	8,5

№ с. л.	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
4	dpQ ₃₋₄	Супеси темно-желтые, зеленовато-серые и бурые, слю- дистые, оползшие, перемятые. Влажные, с глубины 13,1 м водонасыщенные. На глубине 18,6 м встре- чены глыбы и обломки песчанников ржаво-желтых с тонкими прослойками фиолетовых глин	8,5	20,0
5	dpQ ₃₋₄	Пески темно-серые мелкозернистые, пылеватые, гли- нистые, слюдистые, оползшие, с нарушенной сло- истостью, водоносные	20,0	30,2
6	J _{3v1}	Глины темно-серые слюдистые, тонкослоистые, де- формированные (зона перематия), водонасыщенные	30,2	36,7
7	J _{3ox}	Глины черные слюдистые, до глубины 38,4 м дефор- мированы в результате скольжения и давления вы- шележащего оползня-блока, влажные	36,7	40,7
<i>Скважина № 6. Отм. устья — 141,6 м</i>				
1	pdQ ₄	Почва	0,0	0,5
2	dpQ ₃₋₄	Глины моренные валунные, смещенные, влажные .	0,5	6,5
3	dpQ ₃₋₄	Суглинки валунные смещенные, перемятые, влажные	6,5	9,5
4	dpQ ₃₋₄	Пески смещенные влажные, с глубины 10,8 м водо- носные	9,5	13,5
5	dpQ ₃₋₄	Супеси темно-желтые, зеленовато-серые и бурые, ожеелезные, смещенные, водонасыщенные	13,5	24,0
6	dpQ ₃₋₄	Пески разнозернистые кварцево-полевошпатовые, темно-серые и серые, смещенные, водоносные	24,0	32,9
7	J _{3v1}	Глины темно-серые слюдистые, слабо деформирован- ные (зона перематия), влажные	32,9	37,4
8	J _{3ox}	Глина черная слюдистая, горизонтальнослоистая, с пиритом, влажная, слабопластичная	37,4	42,5
<i>Скважина № 7. Отм. устья — 142,7 м</i>				
1	pdQ ₄	Почва	0,0	0,2
2	dpQ ₃₋₄	Суглинки моренные, валунные, плотные, смещенные	0,2	3,7
3	dpQ ₃₋₄	Глины желтые, красновато-коричневые, с гнездами песка, влажные; на глубине 4,5 м — слабое водо- проявление	3,7	5,3
4	dpQ ₃₋₄	Суглинки красновато-коричневые желтые и желто- вато-серые, перемятые, влажные, с глубины 8,0 м обводнены	5,3	13,5
5	dpQ ₃₋₄	Пески желтые, желтовато-серые, с нарушенной сло- истостью, водоносные	13,5	18,5
6	dpQ ₃₋₄	Супеси серые пластичные, перемятые, водонасыщен- ные	18,5	25,9
7	dpQ ₃₋₄	Пески мелкозернистые глинистые, перемятые, обвод- ненные	25,9	29,9
8	J _{3v1}	Глины темно-серые слюдистые; с нарушенной тек- стурой (зона перематия), влажные	29,9	34,8
9	J _{3ox}	Глины черные известковистые, слюдистые, плотные, пластичные	34,8	52,9
10	J _{3cl}	Глины черные и темно-серые слюдистые с включе- ниями желваков фосфорита	52,9	58,3
11	C _{3m}	Известняки светло-серые мелкокристаллические, креп- кие, с кавернами, водоносные	58,3	59,8
<i>Скважина № 8. Отм. устья — 149,6 м</i>				
1	kQ ₄	Насыпной слой	0,0	2,8
2	dQ ₄	Глины желтовато-серые и светло-коричневые песча- ные, рыхлые, влажные	2,8	4,8
3	dpQ ₃₋₄	Глины и суглинки моренные; в подошве слоя предпо- лагается поверхность смещения пород	4,8	13,6

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
4	C ₁ nc	Супеси темно-желтые и зеленовато-серые пылеватые, слюдистые, ожелезненные, слоистые, плотные, водонасыщенные с глубины 16,7 м	13,6	20,8
5	J ₃ v ₂	Пески темно-серые и серые мелкозернистые, пылеватые, слюдистые, с включением желваков фосфорита, водоносные	20,8	37,0
6	J ₃ v ₁	Глины темно-серые и черные, песчаные, слюдистые, с включениями фосфорита и обломков фауны, горизонтальнослоистые, влажные	37,0	38,9
7	J ₃ v ₁	Супеси черные и зеленовато-серые пылеватые, слюдистые, с желваками фосфорита и обломками аммонитов, плотные, влажные	38,9	42,9
8	J ₃ v ₁	Глины темно-серые, слюдистые, с желваками фосфоритов, слоистые, очень плотные	42,9	45,5
9	J ₃ ox	Глины черные известковистые, слюдистые, с пиритом	45,5	47,8
<i>Скважина № 9. Отм. устья — 167,6 м</i>				
1	pdQ ₄	Почва	0,0	0,2
2	dQ ₄	Суглинки желтовато-серые и светло-коричневые неслоистые, влажные, пластичные	0,2	2,8
3	lgIQ ₂ ²	Глины желтые с ленточной слоистостью, содержат редкие гальки кристаллических пород	2,8	4,3
4	glQ ₂ ²	Суглинки темно-желтые и светло-серые плотные, с галькой изверженных пород, влажные	4,3	7,1
5	lgIQ ₂ ¹	Глины желтые и красновато-коричневые слоистые с линзочками тонкозернистого песка, пластичные	7,1	10,8
6	glQ ₂ ¹	Суглинки красновато-коричневые неоднородные, влажные; на глубине 14,3 м — прослой песка с галькой	10,8	20,1
7	fgIQ ₂	Пески светло-желтые полимиктовые разнозернистые, пылеватые, слабослюдистые, водоносные с глубины 23,4 м	20,1	25,2
8	C ₁ nc	Супеси темно-желтые и зеленовато-серые, ржаво-желтые и бурые, пылеватые, слюдистые, пятнами ожелезненные, водоносные	25,2	37,2
9	J ₃ v ₂	Пески темно-серые и серые мелкозернистые, глинистые, слюдистые, с желваками фосфорита, водоносные	37,2	53,6
10	J ₃ v ₁	Супеси черные, темно-серые и зеленовато-серые, пылеватые, слюдистые; с глубины 57,9 м наблюдается постепенный переход к глинам черным и темно-серым, тяжелым, пластичным	53,6	62,1
11	J ₃ ox	Глины черные и темно-серые, слюдистые, с желваками фосфоритов, очень плотные, влажные	62,1	84,7
12	J ₃ cl	Глины черные и темно-серые, слюдистые, с желваками фосфоритов, с пиритом, слоистые	84,7	89,8
13	C ₃ m	Известняки светло-серые закарстованные, кристаллические, твердые, водоносные	89,8	90,9

Таблица 3-12

Сведения о подземных водах

Глубина от устья скважины, м	Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3	Скв. 4	Скв. 5	Скв. 6	Скв. 7	Скв. 8	Скв. 9
Появления воды	1,3	3,6	1—4,2 2—40,7	10,5	13,5	10,8	1—8,3 2—58,6	13,7	1—23,1 2—89,8
Установившегося уровня	1,2	2,5	1—3,5 2—2,3	10,0	13,1	10,8	1—8,0 2—9,2	13,0	1—23,0 2—31,5

Результаты лабораторных определений свойств грунтов
Физические свойства

№ монолита													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Выработки и глубина отбора образцов, м	скв. 1 6,0	скв. 2 8,0	скв. 3 9,0	скв. 4 26,0	скв. 5 32,0	скв. 6 34,0	скв. 7 31,0	скв. 8 44,0	скв. 3 15,0	скв. 7 36,0	скв. 3 34,0	скв. 7 55,0	скв. 7
Порода и ее геологический индекс	глины J _{3V1} глины J _{3OX} глины J _{3cl}												
Объемный вес Δ, г/см³	1,93	1,91	1,96	1,91	1,95	1,90	1,96	1,93	1,98	1,99	2,0	1,98	
Естественная влажность W _e , %	37,7	36,1	38,4	39,2	41,3	37,4	36,0	28,1	27,9	32,1	27,4	23,8	
Пределы пластичности: верхний W _f нижний W _p Содержание глинистых частиц (<0,002), %	60,2 24,1 43,2	58,3 25,2 45,0	61,8 24,3 47,2	60,4 27,5 46,8	57,7 24,7 43,8	60,3 26,1 43,6	67,4 29,2 45,7	55,4 25,5 44,8	50,2 23,5 58,0	54,2 24,4 60,2	62,0 27,1 60,3	61,4 25,4 61,1	

Сопротивление сдвигу*

№ моно-лита	Сдвигающее усилие τ , кг/см ² , влажность W , %	При вертикальном давлении σ , кг/см ²					
		1,0	2,0	3,0	5,0	8,0	10,0
1	τ	1,06	1,44	1,81	2,51	4,00	5,25
	W	35,1	35,0	34,8	32,2	32,3	31,7
2	τ	0,86	1,08	1,81	2,71	4,31	5,68
	W	35,4	35,2	33,7	30,4	30,6	29,8
3	τ	0,86	1,24	1,61	3,00	5,05	5,49
	W	38,5	37,9	37,2	36,5	35,9	35,2
4	τ	0,97	1,39	2,09	2,75	4,48	5,00
	W	39,0	37,8	38,0	36,5	35,2	34,3
5	τ	0,71	1,34	2,36	3,13	4,86	5,50
	W	40,6	38,4	37,6	36,0	35,9	36,0
6	τ	1,01	1,32	1,81	2,87	4,58	5,61
	W	36,4	36,2	35,1	33,9	32,9	33,1
7	τ	1,02	1,51	1,96	3,01	4,72	5,32
	W	36,3	36,7	35,9	35,9	34,5	34,4
8	τ	—	1,44	1,62	2,65	4,28	5,21
	W	—	28,7	29,1	29,3	28,6	28,1
9	τ	2,2	—	2,8	3,1	—	3,9
	W	27,0	—	26,5	26,2	—	25,7
10	τ	1,5	1,89	2,25	2,85	3,21	3,95
	W	32,0	31,7	30,9	30,8	29,6	29,4
11	τ	1,6	1,5	2,1	2,5	—	2,8
	W	28,5	28,4	28,1	28,2	—	27,9
12	τ	2,2	2,6	2,8	3,1	4,1	—
	W	25,0	24,8	24,8	24,5	24,1	—

* Образцы испытаны на приборах конструкции Н. Н. Маслова без предварительного уплотнения по схеме быстрого сдвига.

Таблица 3-14

Топографические данные для построения инженерно-геологического разреза оползневого склона

№ точки, скважины	Расстояние от начала разреза, м	Отметки поверхности, м	Описание склона по линии профиля
Тк. 1	0,0	116,0	Урез реки
Скв. 1	4,0	117,3	
Скв. 2	28,0	119,6	Поверхность поймы
Тк. 4	33,0	120,3	
Скв. 3	45,0	121,0	
Тк. 6	61,5	126,7	
Скв. 4	77,0	133,3	Наклонная поверхность 1-й ступени оползня-блока, перекрытая делювием
Тк. 8	93,5	134,2	
Тк. 9	99,5	139,6	
Скв. 5	100,5	140,1	
Скв. 6	115,5	141,6	Бугристая поверхность 2-й оползневой ступени
Тк. 12	124,5	139,5	
Тк. 13	130,7	138,7	Оползневая западина, заболоченная
Скв. 7	147,5	142,7	
Тк. 15	163,5	152,5	Наклонная поверхность 3-й оползневой ступени; в точке 15 мощность насыпного слоя 2,5 м
Скв. 8	176,5	149,6	
Тк. 17	187,5	158,1	
Тк. 18	202,5	166,0	Надоползневой откос в моренных отложениях, прикрытый делювием
Тк. 19	214,0	168,1	
Скв. 9	248,5	167,6	
Тк. 21	260,0	168,0	Поверхность приводораздельного склона

Сведения о подземных водах

Глубина от устья скважины, м	Скв. 6	Скв. 7	Скв. 8	Шурф 9	Скв. 10	Скв. 1	Скв. 3	Скв. 11
Появление воды	28,6	21,0	16,2	2,5	5,1	7,5	17,4	22,3
Установившийся уровень	28,6	21,0	16,2	2,5	5,1	7,0	17,4	22,3

Глубина от устья скважины, м	Скв. 12		Скв. 13	Скв. 14	Скв. 15		Скв. 16	
Появление воды	24,0	89,5	17,9	31,0	6,3	29,7	3,4	26,5
Установившийся уровень	17,9	28,3	17,1	20,9	6,3	19,5	3,4	15,6

оползневых массивов разбурено два поперечных и один продольный вдоль моря створы. По линиям разведочных створов проложены тахеометрические ходы (табл. 3-20). Результаты бурения приведены в табл. 3-23 и 3-19; кроме того, на типичных участках выполнено вертикальное электроразведывание (табл. 3-22).

В полевых и лабораторных условиях были определены физико-механические свойства оползневых образований (табл. 3-21).

Требуется:

1) составить инженерно-геологические разрезы по линиям I—I и II—II в масштабе 1 : 5000, а по линии III—III в масштабах — горизонтальный 1 : 5000, вертикальный 1 : 1000. На разрезах показать строение склона, обводненность пород, их свойства и степень устойчивости отдельных элементов склона;

2) на основе приложенной схематической геологической карты и разрезов составить схематическую инженерно-геологическую карту с характеристикой устойчивости оползневых склонов;

3) оценить устойчивость склона и дать рекомендации по укреплению наиболее опасных оползневых участков, а также о берегоукрепительных мероприятиях;

4) сформулировать основные задачи дальнейших инженерно-геологических исследований, перечислить виды и объем работ.

(др Q₃) — суглинки и глины со щебнем и глыбами песчаников, аргиллитов и известняков; 6 — среднечетвертичные оползневые накопления (др Q₂) — глинисто-щебнистые массы и глыбы известняков; 7 — среднечетвертичные делювиальные отложения (dQ₂) — щебень песчаников, известняков, аргиллитов с супесчаным заполнителем; 8 — среднечетвертичные делювиально-пролювиальные отложения (d+pl Q₂) — глыбы и щебень известняка с супесчаным заполнителем; 9 — среднечетвертичные пролювиальные отложения (pl Q₂) — суглинки карбонатные, плотные, с щебенкой и глыбами аргиллитов и известняков; 10 — нижнечетвертичные оползневые накопления (др Q₁) — глыбы и блоки известняков; 11 — нижнечетвертичные делювиальные отложения (d Q₁); 12 — верхнеюрские известняки (J₃); 13 — среднеюрские песчаники (J₂); 14 — отложения таврической серии (T₃—J₁) — переслаивающиеся аргиллиты, алевролиты и песчаники, складчатые, дислоцированные; 15 — границы юрских отложений; 16 — растущие овраги и промоины; 17 — границы действующих оползней; 18 — бровки уступов; 19 — высокий уступ Яйлы; 20 — трещины бортового отпора; 21 — родники; 22 — линии разрезов; 23 — скважины и их номера; 24 — шурфы и их номера; 25 — точки ВЭЗ

Топографические данные для построения инженерно-геологических разрезов

№ выработки, точки ВЭЗ	Расстояние от уреза моря, м	Отметки поверхности земли, м	Описание склона по линии разреза
Створ I—I			
Тк. 1	0,0	0,0	Уровень моря, крутизна отмели 5—6°
Скв. 6	199,6	53,4	Поверхность современного оползня, наклоненная в сторону моря; в точке 3 — источник воды
Тк. 3	345,0	105,1	Слабонаклонная задернованная поверхность верхнечетвертичного оползня
Скв. 7	534,5	140,1	Наклонная бугристая поверхность действующего оползня-потока
Тк. 5	837,4	179,9	
Скв. 8	1009,8	245,9	
Шурф 9	1355,0	299,9	
Скв. 10	1654,9	359,4	
ВЭЗ-5	2120,0	463,0	
ВЭЗ-6	2349,6	524,8	
Тк. 11	2515,0	625,0	Высокий оползневый бугор, сложенный глыбами известняков
Тк. 12	2579,4	639,8	
ВЭЗ-7	2635,2	675,2	Западина, выполненная среднечетвертичными делювиальными и пролювиальными образованиями. В основании обрыва Яйлы действующая осыпь
Тк. 14	2714,8	630,0	Обрыв Яйлы, крутизной 60—70°
ВЭЗ-8	2885,0	649,9	Бровка обрыва Яйлы
Тк. 16	3099,6	725,3	Эрозионно-карстовая поверхность Яйлы
Тк. 17	3274,0	949,6	
Тк. 18	3351,4	1175,0	
Тк. 19	3549,6	1204,1	

Примечание. Вблизи разведочного створа I—I в промоинах склона наблюдались выходы подземных вод на отметках: 105 м; 291,1 м; 374,8 м; 475,2 м.

Створ II—II

Тк. 1	0,0	0,0	Уровень моря; отмель крутизной 4—5°
Тк. 2	29,5	7,5	
Скв. 1	75,0	6,9	Поверхность современного оползня, неровная, бугристая, расчлененная оврагами и промоинами
Тк. 4	326,1	50,2	
Тк. 5	679,5	119,6	
Тк. 6	950,0	170,0	
Скв. 2	1151,0	194,5	
Тк. 8	1299,5	249,2	
Скв. 3	1370,0	256,3	
Тк. 10	1650,0	319,4	
Тк. 11	1951,6	405,5	Пологий делювиальный склон, выше — подвижная осыпь
Шурф 4	2185,0	448,9	Ступенчатая поверхность оползня — блока известняков
ВЭЗ-1	2323,1	529,1	Пологонаклонная поверхность среднечетвертичного конуса выноса
Тк. 14	2370,0	501,5	
Шурф 5	2464,6	487,6	
Тк. 16	2724,9	585,0	Слаборасчлененная поверхность делювиального склона. Выше по склону — подвижная щебнисто-глыбовая осыпь известняков
ВЭЗ-2	3050,0	619,9	Смещенные массивы и блоки известняков, образующие группу расчлененных уступов и гряд
Тк. 18	3148,8	765,2	
Тк. 19	3180,0	700,0	
Тк. 20	3224,7	821,5	
Тк. 21	3250,0	799,8	
ВЭЗ-3	3306,2	884,6	
Тк. 23	3400,0	907,9	
ВЭЗ-4	3645,2	875,3	Среднечетвертичный конус выноса
Тк. 25	3940,0	1002,0	

№ выработки, товар ВЭЗ	Расстояние от уреза моря, м	Отметки поверхности земли, м	Описание склона по линии разреза
Тк. 26	3991,3	1081,0	Сглаженная, разбитая трещинами поверхность верхнечетвертичного блокового оползня; в тыловой части действующая щебнистая осыпь
Тк. 27	4150,0	1074,8	
Тк. 28	4300,0	1099,2	
Тк. 29	4400,0	1240,0	Уступ Яйлы, зона отчленения блоков известня- ков
Тк. 30	4449,0	1400,0	Пологохолмистая поверхность Яйлы

Примечание. Вблизи разведочного створа II—II в промониах обнаружены источни-
ки подземных вод на отметках 151 и 443 м.

№ точки, выработки	Расстояние от начала разреза, м	Отметка поверхности земли, м	Описание склона по линии разреза
-----------------------	---------------------------------------	------------------------------------	----------------------------------

С т в о р III — III

Тк. 1	0,0	6,8	Наклонная поверхность современного крупного оползня-потока
Скв. 1	73,5	6,9	
Тк. 3	254,9	13,0	
Тк. 4	349,7	20,9	Слаборасчлененная ступенчато-бугристая по- верхность древних оползней
Тк. 5	415,0	15,2	
Скв. 11	470,0	21,3	
Тк. 7	559,9	15,1	
ВЭЗ-10	820,6	25,7	
Скв. 12	1005,2	30,9	
Тк. 10	1085,3	27,9	
Тк. 11	1210,0	29,1	
Тк. 12	1275,3	37,8	
Тк. 13	1512,0	37,1	
Скв. 13	1811,0	18,1	Гребень с крутыми обнаженными откосами в породах таврической свиты Овраг в современных оползневых накоплениях Поверхность современного оползня, расчленен- ная оврагами
Тк. 15	1990,8	18,2	
Тк. 16	2135,5	4,6	
Тк. 17	2209,0	7,8	
Тк. 18	2349,6	73,6	
Тк. 19	2470,0	28,0	
Тк. 20	2545,2	10,0	
Тк. 21	2585,0	25,6	
Тк. 22	2620,3	18,3	
Тк. 23	2719,8	28,1	
Скв. 14	2791,0	20,5	
Тк. 25	2874,8	12,4	
Тк. 26	2904,9	18,0	
Скв. 15	2995,0	17,7	
Тк. 28	3079,9	13,7	
Тк. 29	3140,0	22,5	
Тк. 30	3260,1	5,0	Эрозийный склон
Скв. 16	3355,1	15,0	
Тк. 32	3500,6	34,8	

Физико-механические свойства оползневых и делювиальных образований

№ монолита	Место отбора образца	Глубина отбора, м	Описание породы	Геологический индекс	Естественная влажность, W, %	Объемный вес Δ, г/см³	Предел пластичности		Содержание глинистых частиц, % <0,002	Удельный вес γ, г/см³	Сопротивление сдвигу*		
							верхний W _f	нижний W _p			вертикальная нагрузка σ, кг/см²	сдвигающее усилие τ, кг/см²	влажность при сдвиге W', %
1	скв. 6	2,0	суглинок с щебнем	dpQ ₄	12,7	2,05	18,1	10,9	4,4	—	1 2 3	0,97 1,51 2,16	11 9 8
2	скв. 2	1,8	суглинок с щебнем	dpQ ₄	11,6	2,10	—	—	12,8	2,80	1 2 3	0,64 1,01 1,43	13,8 14,8 12,8
3	скв. 1	18,5	суглинок (заполнитель)	dpQ ₃	15,4	2,01	29	16	20,9	2,75	1 2 3	0,55 0,84 1,04	14,9 14,6 13,6
4	скв. 7	10,5	суглинок с щебнем	dpQ ₁	15,5	1,96	—	—	15,8	2,78	1 2 3	0,97 1,45 1,98	13,9 13,8 13,3
5	скв. 12	3,0	суглинки	dpQ ₂	11,9	1,96	35	20	15,9	2,80	1 2 3	1,32 1,86 2,71	9,9 10,1 9,0
6	скв. 13	26,5	глина	dpQ ₂	13,5	2,00	36	19	31,8	2,74	1 3 5	1,09 1,51 2,24	15,2 15,6 14,7
7	вблизи ВЭЗ-2	0,6	суглинки красно-бурые	dQ ₁	—	—	41,2	25,2	29,6	—	1 2 3	0,51 0,95 1,50	18 18 16

* Образцы испытаны на одноплоскостном приборе большого диаметра без предварительного уплотнения и увлажнения по схеме быстрого сдвига.

Результаты вертикального электрического зондирования

№ точки БЭЗ	Отметки поверхности земли, м	Мощность отложений, м	Геологический индекс	Геологическое описание
Створ I—I				
5	460,0	5,6	dpQ ₄	Современные оползневые накопления. В овраге вблизи скв. 10 контакт пород таврической свиты и среднеюрских отложений на высоте 369—374 м над уровнем моря, последние представлены песчаниками серыми, среднезернистыми, тонкослоистыми, с частыми прослоями аргиллитов и редкими прослоями туфопесчаников и темных порфиритов. В аргиллитах — растительные остатки; аз. пад. 5—6°; $\angle 35-40^\circ$
			J ₂	
6	524,8	15—17	grQ ₄	Действующая осыпь из глыб и щебенки известняков и известняковых брекчий
7	675,2	150—160	dpQ ₂	В уступах оползневых ступеней вскрыты глыбы и пакеты: а) известняков, смещенных, раздробленных, с бурым суглинистым и щебнистым заполнителем; б) песчаников серых, среднезернистых с прослоями аргиллитов, туфопесчаников и реже — порфиритов
8	649,9	55—60	d+plQ ₂	Расчисткой вскрыты щебнистые супеси красно-бурые, пятнами ярко-желтые, пылеватые, карбонатные, слабовлажные, полутвердые. Слоистость создают прослои щебенки и обломков выветрелых известняков и песчаников
			J ₃	В обрыве Яйлы обнажаются известняки светло-серые, скрытокристаллические, слоистые, с прослоями мергелей, крепкие, с трещинами отдельности и бортового отпора. Элементы залегания пород; аз. пад. 5°, $\angle 15-20^\circ$. Контакт средне- и среднеюрских отложений на отм. 700—720 м, погребенный под осыпью

Створ II—II

1	529,1	105—107	dpQ ₁	В близрасположенном овраге обнажаются: а) глыбы и блоки известняковых брекчий. Пачки пород смещены, сильно раздроблены, разбиты трещинами, выполненными буровато-серым карбонатным суглинком
			J ₂	б) песчаники серые, среднезернистые, тонкогоризонтальнослоистые, редко массивные, с прослоями аргиллитов, туфопесчаников и порфиритов, аз. пад. 30—35°, видимая мощность 10,3 м
2	619,9	25—27	dQ ₁	В промоинах и оврагах обнажаются суглинки красно-бурые и желтые, с выветрелой щебенкой известняков, реже песчаников
3	884,6	170—180	dpQ ₂	В обнаженных откосах оползневых ступеней вскрыты: а) глыбы слоистых известняков и песчаников, смещенные, раздробленные; в трещинах — бурый суглинисто-щебнистый заполнитель; б) туфопесчаники, переслаивающиеся с песчаниками и редкими прослоями аргиллитов; содержат растительные остатки. Аз. пад. 1—3°; $\angle 30-20^\circ$
			J ₂	

Примечание. Контакт пород таврической серии со среднеюрскими отложениями расположен на отм. 458,0 м.

№ точки ВЭВ	Отметки поверхности земли, м	Мощность отложений, м	Геологический индекс	Геологическое описание
4	875,3	120—130	plQ ₂ J ₃	В оврагах вскрыты отложения древнего конуса выноса: суглинки красно-серые, карбонатные, переполненные мелкой щебенкой и отдельными глыбами известняков. Породы почти сухие, плотные; видимая мощность 10—15 м В обнажениях в обрыве Яйлы встречены известняки рифовые, светло-серые, слоистые, с трещинами бортового отпора. Аз. пад. 5—10°, ∠15—20° На поверхности водораздельного плато многочисленные карстовые воронки. Контакт между средне- и верхнеюрскими отложениями погребенный, на отметках 820—840 м

Створ III—III

10	25,7	75	dpQ ₂	Среднечетвертичные оползневые накопления — глыбы и пакеты известняков с заполнителем
----	------	----	------------------	--

Таблица 3-23

Описание разрезов разведочных выработок

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Створ I—I				
Скважина № 6. Отм. устья — 53,4 м				
1	dpQ ₄	Суглинки бурые, с редкой и мелкой щебенкой бурых песчаников	0,0	5,6
2	dpQ ₄	Суглинки черно-бурые, вязкие, водонасыщенные, с большим количеством мелкого щебня и глыб темно-серых песчаников и известняков. Дебит при откачке из скважины 0,1 л/сек	5,6	55,1
3	T ₃ +J ₁	Аргиллиты и алевролиты темно-серые и черные, переслаивающиеся с редкими прослоями тонкозернистых глинистых песчаников, интенсивно дислоцированные, с тектоническими трещинами	55,1	74,8
Скважина № 7. Отм. устья — 140,1 м				
1	dpQ ₃	Суглинки и глины серые, пятнами бурые, с щебнем и глыбами пород таврической серии, плотные, водонасыщенные: приток воды в скважину — 0,006 л/сек	0,0	47,1
2	dpQ ₃	Глыбы и блоки песчаников, аргиллитов и известняков темно-серые, сильнотрещиноватые; в трещинах — суглинки плотные, пластичные, серовато-бурые, водонасыщенные	47,1	95,3
3	T ₃ +J ₁	Аргиллиты с тонкими прослоями песчаников, темно-серые, трещиноватые. На глубине 86—97 м выветрелые до состояния щебнистой плотной глины	95,3	102,4
Скважина № 8. Отм. устья — 245,9 м				
1	dpQ ₄	Глины сине-черные, перетертые и перемятые, с рассеянной мелкой щебенкой аргиллитов, вязкие, водонасыщенные	0,0	41,0

№ слоя	Геологи- ческий индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
2	T ₃ +J ₁	Аргиллиты и алевролиты темно-серые, переслаиваю- щиеся с песчаниками, трещиноватые, выветрелые, при ударе молотком распадаются на угловатую щебенку	41,0	55,4
		<i>Шурф № 9. Отм. устья — 299,9 м</i>		
1	dpQ ₄	Щебень и глыбы известняков, аргиллитов и песчани- ков с суглинистым заполнителем, водонасыщенные с глубины 2,5 м	0,0	5,9
2	dpQ ₄	Суглинки и глины серые, буровато-серые, бесструк- турные, с щебенкой и глыбами таврических пород, водонасыщенные, пластичные	5,9	29,7
3	T ₃ +J ₁	Песчаники светло-серые, тонкозернистые, известко- вистые, с тонкими прослоями черных аргиллитов, разбитые многочисленными трещинами	29,7	41,3
		<i>Скважина № 10. Отм. устья — 359,4 м</i>		
1	dpQ ₄	Щебнисто-глинистые массы с большим количеством обломков аргиллитов и песчаников, вязкие, водо- носные (дебит при откачке из скважины 0,032 л/сек)	0,0	9,3
2	T ₃ +J ₁	Песчаники и аргиллиты темно-серые, раздробленные	9,3	34,8
		<i>Створ II-II</i>		
		<i>Скважина № 1. Отм. устья — 6,9 м</i>		
1	dpQ ₄	Мелкие глыбы аргиллитов и алевролитов, сильно раз- дробленные; заполнитель — черная, вязкая, влаж- ная, пластичная глина	0,0	14,7
2	dpQ ₃	Крупные глыбы раздробленных аргиллитов тавриче- ской свиты, с суглинистым заполнителем, водонасы- щенные; встречаются редкие глыбы известняков	14,7	30,2
3	T ₃ +J ₁	Алевролиты и аргиллиты черного и темно-серого цве- та, переслаивающиеся, смяты в мелкие складки, разбиты трещинами	30,2	51,6
		<i>Скважина № 2. Отм. устья — 194,5 м</i>		
1	dpQ ₄	Суглинистая слабо увлажненная масса серого и бу- рого цвета с щебнем пород таврической свиты. На контакте с несмещенными породами слабое водо- проявление	0,0	24,6
2	T ₃ +J ₁	Аргиллиты и алевролиты с редкими прослоями тон- козернистых кварц-полевошпатовых песчаников; верхний слой (5—6 м) выветрелые, разбитые тре- щинами, ниже — плотные, слаботрещиноватые	24,6	61,2
		<i>Скважина № 3. Отм. устья — 256,3 м</i>		
1	dpQ ₄	Суглинки и глины буровато-серые, с мелким щебнем аргиллитов и известняков, сильно увлажненные, пластичной консистенции, перемыты. В щебнистых суглинках — водоносный горизонт с удельным де- битом при откачке из скв. 0.0017 л/сек	0,0	12,8
2	T ₄ +J ₁	Аргиллиты, алевролиты и песчаники, частопереслаи- вающиеся, сильно дислоцированные, смятые в кру- тые складки, трещиноватые. Трещины иногда вы- полнены кварцем, чаще кальцитом. Верхняя часть слоя выветрелая до состояния мелкощебнистой массы	12,8	32,0

№ слоя	Геологи- ческий индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
Шурф № 4. Отм. устья — 448,9 м				
1	dQ ₃	Щебень песчаников, известняков и обломков аргиллитов с суглинистым заполнителем. Порода почти сухая, плотная	0,0	12,3
2	T ₃ +J ₁	Аргиллиты и алевролиты с редкими прослоями песчаников, трещиноватые, смятые в мелкие складки	12,3	20,6
Шурф № 5. Отм. устья — 487,6 м				
1	plQ ₂	Суглинки буровато-палевые, карбонатные, плотные, почти сухие, с мелкой щебенкой и глыбами известняков и песчаников	0,0	8,3
Створ III—III				
Скважина № 11. Отм. устья — 21,3 м				
1	dpQ ₂	Глинисто-щебнистые массы, перемятые, неоднородные, участками водоносные, дебиты скважин до 0,2—0,9 л/сек	0,0	22,0
2	dpQ ₂	Мелкие глыбы и щебень известняков; редко песчаников с плотным карбонатносуглинистым заполнителем, участками обводненные	22,0	41,3
3	dp+grQ ₂	Щебенка и глыбы аргиллитов и песчаников серых и черных и крупные обломки известняка с суглинистым заполнителем	41,3	59,9
4	T ₃ +J ₁	Песчаники темно-серые, кварцево-полевошпатовые, с прослоями черных алевролитов, сильно трещиноватые	59,9	79,1
Скважина № 12. Отм. устья — 30,9 м				
1	dpQ ₂	Суглинки бурые и буровато-серые, карбонатные, перемятые, с многочисленными глыбами и щебенкой аргиллитов, песчаников и известняков	0,0	27,2
2	dpQ ₂	Мелкие и крупные глыбы и щебенка известняков и песчаников; заполнитель — супеси красно-бурые, плотные, водонасыщенные	27,2	69,3
3	dpQ ₂	Суглинки серые, плотные, влажные, щебнистые	69,3	89,5
4	mQ _{1—2}	Пески и галечники отсортированные, слоистые, с фауной морских моллюсков, водоносные	89,5	98,7
5	T ₃ —J ₁	Аргиллиты черные с прослоями кварцевых песчаников, трещиноватые, дислоцированные	98,7	109,3
Скважина № 13. Отм. устья — 18,1 м				
1	dpQ ₂	Супеси желто-бурые и красно-бурые, щебнистые, сухие, с глубины 17 м водоносные, дебит скважины 0,05 л/сек	0,0	21,5
2	dpQ ₂	Глины бурые, плотные, перемятые, водонасыщенные, с крупными глыбами песчаников таврической свиты и известняков	21,5	58,3
3	dpQ ₂	Щебенка аргиллитов мелкая, с редкими глыбами известняка и порфиринов. Заполнитель — суглинки желто-серые, карбонатные, пластичные. Породы водонасыщенные	58,3	70,4
4	T ₃ +J ₁	Аргиллиты и песчаники, дислоцированные	70,4	85,2

№ скл	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скважина № 14. Отм. устья — 20,5 м				
1	dpQ ₄ ²	Глины черные, вязкие, с мелкой щебенкой аргиллитов, известняков; в нижней части слоя преобладает щебнисто-глыбовый материал	0,0	26,4
2	mQ ₄	Галечники и гравий с песчаным заполнителем, водонасыщенные, с фауной моллюсков	26,4	32,3
3	dpQ ₃	Суглинки серые, с большим количеством щебня и глыб алевролитов, известняков и песчаников, водонасыщенные	32,3	52,2
4	T ₃ +J ₁	Аргиллиты с тонкими прослоями мелкозернистых песчаников, темно-серые, трещиноватые, трещины заполнены кальцитом	52,2	66,7
Скважина № 15. Отм. устья — 17,7 м				
1	dpQ ₄	Глины серые, щебнистые, перетертые, вязкие, с глыбами раздробленных алевролитов и аргиллитов. Удельный дебит скважины 0,04 л/сек	0,0	9,6
2	dpQ ₄	Суглинки бурые, с щебенкой песчаников и алевролитов, пластичные, водонасыщенные	9,6	25,6
3	mQ ₄	Валуны и галечники отсортированные, с крупно- и грубозернистым полимиктовым песком, водоносные	25,6	30,3
4	T ₃ +J ₁	Песчаники и аргиллиты, переслаивающиеся, интенсивно трещиноватые, смятые в мелкие складки, выветрелые до состояния мелкой рыхлой щебенки	30,3	47,0
Скважина № 16. Отм. устья — 15,0 м				
1	dpQ ₄	Суглинки и глины буровато-черные, сильновлажные, перетертые, вязкие, с щебенкой алевролитов	0,0	10,0
2	dpQ ₄	Глыбы и щебень известняков и песчаников с суглинистым пластичным заполнителем, водонасыщенные	10,0	21,5
3	dpQ ₄	Суглинки и глины серые и бурые с щебнем и обломками известняков, реже — песчаников, влажные	21,5	42,6
4	T ₃ +J ₁	Аргиллиты, алевролиты и песчаники переслаивающиеся, сильно дислоцированные, смятые в складки, трещиноватые, выветрелые	42,6	59,9

ЗАДАЧА № 11

СОСТАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКЛЮЧЕНИЯ
ОБ УСЛОВИЯХ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ¹

В одном из районов Курской магнитной аномалии проведено инженерно-геологическое изучение территории месторождения железных руд (рис. 3-9). Разработка намечена открытым способом — карьером глубиной до 100 м. Для осушения надрудной толщи проектируется система кольцевого дренажа из вертикальных скважин.

На начальной стадии исследований разбурено два разведочных створа по линиям I—I и II—II (табл. 3-24) для выяснения геологического строения и гидрогеологических условий территории карьера, отбора монолитных образцов для определения физико-механических свойств основных генетических и петрографических типов пород.

Документация пробуренных скважин приведена в табл. 3-25 и 3-26. Результаты лабораторных испытаний пород сведены в табл. 3-27.

¹ Составлена А. В. Минервиным и дополнена Э. В. Калининым.

Требуется:

1) составить два геолого-литологических разреза территории будущего карьера, на которых показать возраст, генезис, состав, состояни- свойства пород, глубины залегания и характер водоносных горизонтов; оценить развитие геологических явлений. Рекомендуемые масштабы: горизонтальный 1:2000, вертикальный 1:500;

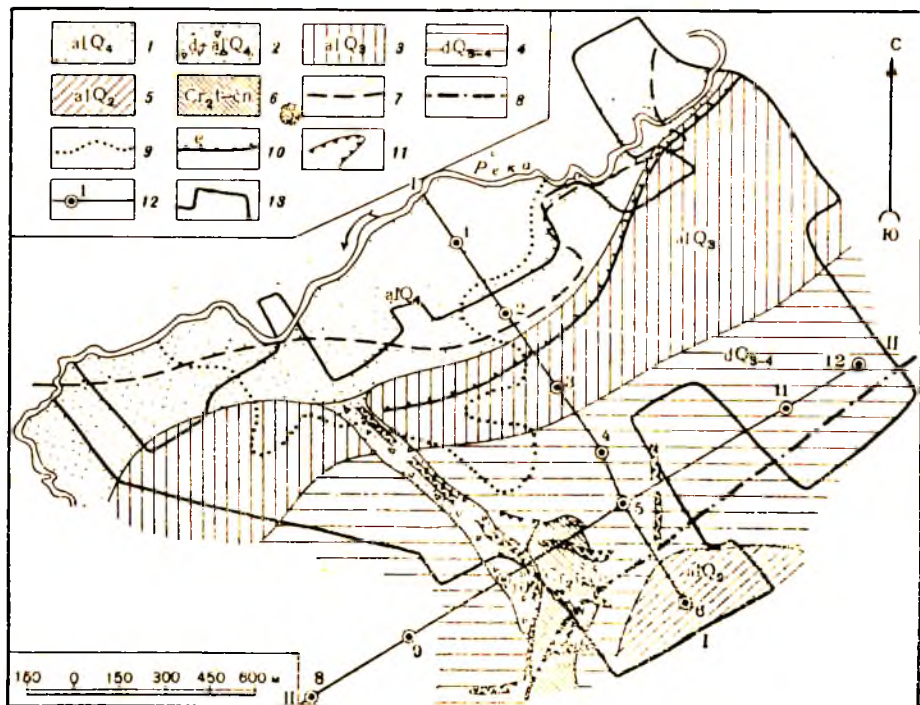


Рис. 3-9. Геологическая схема железорудного карьера:

1 — современные аллювиальные отложения ($al Q_4$) — пески водоносные; 2 — современные аллювиально-делювиальные ($d + al Q_4$) суглинки щебнистые, пылеватые; 3 — верхнечетвертичные аллювиальные отложения ($al Q_3$) — пески влажные; 4 — современные и верхнечетвертичные делювиальные ($d Q_{3-4}$) лессовидные суглинки; 5 — среднечетвертичные аллювиальные ($al Q_2$) пески и супеси; 6 — меловые отложения туронского и коньякского ярусов (Cr_2t-cn), представленные мелом трещиноватым, пористым; границы распространения погребенных отложений: 7 — туронского и коньякского ярусов (Cr_2t-cn); 8 — верхнеюрских (J_3); 9 — среднедевонских (D_2); 10 — бровки уступов террас; 11 — овраги; 12 — скважины и их номера; 13 — нулевой контур рудной залежи

2) дать ориентировочный прогноз поведения различных комплексов пород в бортах карьера и изменение режима подземных вод в условиях быстрой и медленной проходки;

3) построить графики сдвига для основных типов пород и обработать эти результаты методами математической статистики;

4) построить рекомендуемые профили устойчивых бортов; а) для карьера, доведенного до отметок залегания рудного тела, б) для выездной траншеи в толще писчего мела; при построении профилей применить различные расчетные и графические методы, дать анализ применимости каждого из них для рабочих и нерабочих бортов карьера в конкретной инженерно-геологической обстановке;

5) рекомендовать мероприятия по осушению месторождения и по обеспечению устойчивости бортов карьера.

Топографические данные для построения инженерно-геологического разреза

№ точки, скважины	Расстояние от начала разреза, м	Отметка поверхности земли, м	Геоморфологическая характеристика
По линии I—I			
Тк. 1	0,0	135,2	Урез р. Осколец
Тк. 2	109,3	137,1	Поверхность поймы р. Осколец
Скв. 1	221,0	137,2	
Скв. 2	556,4	137,5	
Тк. 3	695,6	149,1	Бровка уступа I надпойменной террасы
Скв. 3	868,7	150,4	Поверхность I надпойменной террасы
Скв. 4	1152,5	168,2	Поверхность делювиального склона
Скв. 5	1344,2	180,9	
Скв. 6	1751,6	193,4	Слабонаклонная поверхность II надпойменной террасы
По линии II—II			
Скв. 8	0,0	176,5	Наклонная поверхность делювиального склона
Тк. 4	202,1	173,8	
Тк. 5	307,4	171,9	
Скв. 9	397,0	169,3	
Тк. 6	597,0	164,9	
Скв. 10	772,6	151,3	Тальвег древнего оврага
Тк. 7	864,0	147,2	
Тк. 8	966,3	155,0	Осыпной откос в меловых отложениях
Тк. 9	1068,0	165,9	
Тк. 10	1168,5	180,2	Верхнечетвертичный делювиальный склон
Скв. 5	1258,0	180,9	
Тк. 11	1568,2	178,2	
Скв. 11	1900,0	173,3	
Скв. 12	2185,0	167,1	

Т а б л и ц а 3-25

Описание разрезов скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
		Скважина № 1. Отм. устья — 137,2 м		
1	hQ ₄	Торф бурый, плохо разложившийся, рыхлый, слабовлажный	0,0	4,1
2	alQ ₄	Пески кварцевые светло-серые, разнозернистые, промытые, влажные, с глубины 6,2 м — водоносные	4,1	11,0
3	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Пески глауконитовые, с примесью кварца, голу- бовато-серые, тонко- и мелкозернистые, с тонкими прослойками и линзами серых су- глинков, водоносные	11,0	39,8
4	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Пески кварцевые крупнозернистые, однород- ные, плотные, с редкими линзами голубовато- серых глин, водоносные	39,8	46,2
5	J ₃	Алевриты светло-серые, тонкогоризонтально- слоистые по песчаным прослойкам, плотные, влажные, пластичные	46,2	74,9
6	D ₂	Глины красно-бурые, слоистые, плотные, слабо- влажные, слабопластичные, с редкими вклю- чениями обломков кварцитов	74,9	80,8

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
7	elP _Z /Pt ^c	Сланцы кристаллические, буровато-коричневые, ожелезненные, трещиноватые, выветрелые до рыхлого состояния	80,8	92,9
8	Pt ^c	Сланцы слюдястые, плотные, крепкие, слабо-трещиноватые, аз. пад. 175°	92,9	101,5
<i>Скважина № 2. Отм. устья — 137,5 м</i>				
1	hQ ₄	Торф коричневый, травянистый, сухой, рыхлый	0,0	4,6
2	alQ ₄	Пески желтовато-серые, кварц-полевошпато-вые, среднезернистые, однородные, с глуби- ной 10,1 м водоносные	4,6	10,2
3	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Пески голубовато-серые, кварцевые, со значи- тельной примесью глауконита, мелкозерни- стые, глинистые, водоносные	10,2	30,0
4	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Пески серые, среднезернистые, кварц-глаукони- товые, плотные, участками сцементирован- ные, водоносные	30,0	45,1
5	f ₃	Переслаивание алевролитов светло-серых, плот- ных, влажных, слабопластичных и песков серых тонкозернистых, глинистых, слюди- стых; контакт с нижележащим слоем — ли- монитизированная плотная глина мощностью 0,5 м	45,1	68,3
6	elPz/P	Железная руда сильновыветрелая, рыхлая, влажная	68,3	91,9
7	Pt ^b	Кварциты вишнево-красные, железистые, твер- дые, слаботрещиноватые, с мало мощными прослоями слюдяных сланцев	91,9	111,5
<i>Скважина № 3. Отм. устья — 150,4 м</i>				
1	dQ ₃₋₄	Суглинки палевые, лессовидные, карбонатные, пористые, слабовлажные, непластичные	0,0	8,0
2	alQ ₃	Пески желтовато-серые, кварцевые, крупнозер- нистые, хорошо отсортированные, влажные	8,0	16,8
3	Cr ₂ t—Cr ₂ cn	Мел белый, пористый, слабовлажный	16,8	23,4
4	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Скопление желваков фосфоритов	23,4	25,0
5	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Пески зеленовато-серые, кварц-глауконитовые, мелкозернистые, с тонкими линзочками тем- но-серых глин, плотные, водоносные	25,0	52,5
6	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Пески кварцевые, средне- и крупнозернистые, слоистые, с редкими тонкими прослойками голубовато-серых суглинков. Пески участка- ми уплотнены до состояния рыхлых песчани- ков, водоносные	52,5	58,7
7	J ₃	Алевриты светло-серые, тонкослоистые, плот- ные, влажные, слабопластичные	58,7	69,1
8	elPz/Pt ^b	Железная руда ярко-красная, рыхлая, влажная	69,1	108,8
9	Pt ^b	Пачка переслаивания железистых кварцитов и слюдяных сланцев, трещиноватых, аз. пад. 180°, $\angle 87^\circ$	108,8	120,0
<i>Скважина № 4. Отм. устья — 168,2 м</i>				
1	dQ ₃₋₄	Суглинок палевый, пылеватый, лессовидный, карбонатный, пористый, слабовлажный	0,0	4,8
2	Cr ₂ t—cn	Мел белый, пористый, слаботрещиноватый, влажный, плотный	4,8	40,9
3	Cr ₁ ap—Cr ₂ cn	Пески кварц-глауконитовые, среднезернистые, влажные, участками пылеватые и глинистые, водоносные с глубины 47 м; в основании слоя — скопления кварцитовых галек	40,9	74,2

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
4	I ₃	Глины песчанистые, голубовато-серые, слоистые, с частыми линзами пылеватого песка, влажные, слабopластичные	74,2	83,4
5	elPz/Pt ^a	Сланцы метаморфические лимонитизированные, светло-коричневые, рыхлые, плитчатые; выход керна 62%	83,4	146,2
6	Pt ^a	Сланцы слюдяные, темно-серые с вишневым оттенком, твердые, слаботрещиноватые. Выход керна 90%	146,2	156,9
Скважина № 5. Отм. устья — 180,9 м				
1	dQ ₃₋₄	Суглинки желто-бурые, пылеватые, карбонатные, макропористые, с корнями растений, слабopлажные, полутвердой консистенции	0,0	6,3
2	Cr ₂ t—cn	Мел писчий, белый с желтоватым оттенком, плотный, влажный	6,3	54,1
3	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Пески зеленовато-серые, мелко- и среднезернистые, глауконитовые, с примесью кварца, слоистые, что обусловлено тонкими прослойками серых, пылеватых, влажных, пластичных суглинков. В кровле слоя — скопления желваков фосфоритов; с глубины 59,7 м — водоносные	54,1	81,6
4	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Кварцево-глауконитовые пески, крупно-среднезернистые, водоносные, рыхлосцементированные	81,6	88,9
5	elPt ^b	Руда буровато-красная, железистая, плотная, слабopлажная. Выход керна 62%	88,9	104,0
6	Pt ^b	Кварциты ярко-красные, железистые с мало-мощными прослоями слюдяных сланцев и тонкими жилами гнейсов, твердые, слаботрещиноватые; выход керна 89%; аз. пад. 175°; ∠78°	104,0	153,1
Скважина № 6. Отм. устья — 193,4 м				
1	alQ ₂	Супеси желто-серые, пылеватые, лессовидные, карбонатные, слоистые, слабopлажные	0,0	5,0
2	alQ ₂	Пески кварцевые, желто-серые, среднезернистые, однородные, сухие	5,0	10,6
3	Cr ₂ t—cn	Мел белый, буро-желтый, пористый, трещиноватый, влажный, слабopластичный, с глубины 54,3 м более монолитный	10,6	70,0
4	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Переслаивание песков серых с зеленоватым оттенком, глауконитовых, среднезернистых, водоносных и супесей голубовато-серых, легких, плотных, водонасыщенных; в толще встречаются редкие обломки желваков фосфоритов	70,0	93,1
5	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Песчаники рыхлые, глауконитовые, крупнозернистые, водоносные	93,1	98,6
6	elPt ^b	Руда железистая бурая, рыхлая, влажная. Выход керна 70%	98,6	112,3
7	Pt ^b	Кварциты железистые с тонкими прослоями темно-серых слюдяных сланцев, твердые, слаботрещиноватые. Выход керна 94%	112,3	117,4
Скважина № 8. Отм. устья — 176,5 м				
1	pdQ ₄	Почва — чернозем	0,0	2,0
2	dQ ₃₋₄	Суглинки светло-палевые, пылеватые, карбонатные, пористые, неяснослоистые, слабopлажные; в основании слоя — щебенка мела светло-желтого цвета	2,0	17,3

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
3	Cr ₂ t—cn	Мел белый, пятнами буровато-желтый, мягкий, влажный, трещиноватый, с глубины 42,3 м водоносный	17,3	50,3
4	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Пески серые с зеленоватым оттенком, мелко-среднезернистые, глауконитовые, плохо отсортированные, иногда глинистые, с глубины 79,3 м пески средне- и крупнозернистые, вверху с фосфоритами, водоносные	50,3	88,5
5	J ₃	Алевриты светло-серые, тонкослоистые, влажные, слабopластичные, плотные	88,5	93,1
6	Pt ^a	Гнейсы темно-серые, полосчатые по розовым прослойкам, твердые, нетрещиноватые. Выход зерна 93%. На контакте с вышележащими алевритами отмечены слабонапорные воды	93,1	127,0
7	Pt ^a	Кварциты светло-серые, пятнами молочно-белые, твердые, крепкие, с водоносными трещинами, параллельными сланцеватости. Выход зерна 91%. Аз. простирания — 83°; аз. пад. — 173°; ∠87°	127,0	174,7
<i>Скважина № 9. Отм. устья — 169,3 м</i>				
1	pdQ ₄	Почва	0,0	1,7
2	dQ ₃₋₄	Супеси желтовато-серые, пылеватые, лессовидные, карбонатные, пористые, влажные, полутвердые	1,7	16,0
3	Cr ₂ t—cn	Мел белый, трещиноватый, пористый	16,0	43,1
4	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Пески зеленовато-серые, среднезернистые, кварц-глауконитовые, с редкими обломками фосфоритов, водоносные	43,1	66,0
5	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Пески серые, крупнозернистые, кварцевые с примесью глауконита, водоносные	66,0	75,9
6	J ₃	Переслаивание темно-серых плотных влажных слабopластичных алевритов и зеленовато-серых пылеватых тонкозернистых песков; мощность прослоев алевритов 1—3 см, песков 2—5 мм	75,9	90,0
7	elPt ^a	Сланцы темно-бурые, лимонитизированные, рыхлые, влажные*	90,0	145,2
8	Pt ^a	Кварциты ярко-коричневые, железистые, крепкие, слаботрещиноватые, с маломощными прослоями глинистых сланцев, аз. пад. 177°, ∠83°	145,2	158,3
<i>Скважина № 10. Отм. устья — 151,3 м</i>				
1	d—alQ ₄	Суглинки, бурые, щебнистые, пылеватые, пористые, карбонатные, неяснослоистые, влажные, пластичные	0,0	10,3
2	Cr ₂ t—cn	Мел писчий, трещиноватый, слабовлажный, с глубины 21,5 м водонасыщенный	10,3	25,0
3	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Обломки фосфоритов в глауконитовом водонасыщенном песке	25,0	27,6
4	Cr ₁ ap—Cr ₂ cm	Переслаивание песков тонкозернистых пылеватых и глауконитовых среднезернистых, однородных; на контакте с нижележащим слоем — прослой базальных галечников (0,2—0,4 м)	27,6	49,9

* В интервалах 124,3—133,0 м и 139,0—143,6 м скважиной пройдены жилы гнейсов.

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
5	J ₃	Суглинки легкие, пылеватые, темно-серые, тонкослоистые, плотные, влажные, слабопластичные		
6	Pt ^b	Кварциты железистые, темно-коричневые, крепкие, монолитные (руда)	49,9 58,1	58,1 78,5
		<i>Скважина № 11. Отм. устья — 173,3 м</i>		
1	dQ ₃₋₄	Суглинки желто-серые, пылеватые, лессовидные, карбонатные, пористые, слабо увлажненные	0,0	7,7
2	dQ ₃₋₄	Щебенка светло-желтого писчего мела, рыхлого сложения с супесчаным заполнителем, влажная	7,7	8,0
3	hgN ₂	Глины и суглинки пестроцветные с обломками мергеля и мела, с гнездами разнозернистого песка, слабовлажные, слабопластичные	8,0	46,1
4	Cr _{1ap} —Cr _{2cm}	Пески глауконитовые, зеленовато-серые, мелкозернистые, с тонкими линзами серого пластичного суглинка. Пески плотные, до глубины 60,5 м слабовлажные, ниже — водоносные	46,1	67,4
5	Cr _{1ap} —Cr _{2cm}	Песчаники светло-серые, кварцевые, однородные, неслоистые, рыхлосцементированные, с редкой галькой кремнистых пород, водоносные	67,4	77,0
6	J ₃	Алевриты серые, плотные, слабовлажные, пластичные	77,0	81,6
7	elPz/Pt ^b	Руда железная, ярко-бурая, рыхлая, выветрелая	81,6	102,6
8	Pt ^b	Кварциты железистые, серо-желтые, твердые, слаботрещиноватые, с тонкими прослойками слюдяных сланцев, выход керна 89%, аз. пад. 180°, $\angle 82^\circ$	102,6	119,9
		<i>Скважина № 12. Отм. устья — 167,1 м</i>		
1	dQ ₃₋₄	Супеси палевые, пылеватые, карбонатные, пористые, с глубины 15 м плотные, влажные, слабопластичные	0,0 20,0	20,0 39,5
2	Cr _{2t} —сн	Мел белый, влажный, пористый		
3	Cr _{1ap} —Cr _{2cm}	Пески серые с зеленоватым оттенком, кварц-глауконитовые, мелко- и среднезернистые, иногда глинистые, с редкими обломками фосфоритов, плотные, влажные, с глубины 60,0 м — водоносные	39,5	67,9
4	Cr _{1ap} —Cr _{2cm}	Гравий кварцитовых пород, плохо окатанный, с песчаным заполнителем, водоносный	67,9	72,5
5	J ₃	Алевриты светло-серые, плотные, тонкослоистые, влажные, пластичные	72,5	75,0
6	elPt ^b	Лимонит буро-желтый, выветрелый, рыхлый	75,0	97,1
7	Pt ^b	Переслаивание железистых кварцитов и слюдяных сланцев, разбитых тонкими трещинами. Выход керна 85%; аз. пад. 179°, $\angle 85^\circ$	97,1	135,4

Результаты лабораторных определений свойств пород
Физические свойства

	Номера монолитов											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	скв. 1											
Номер скважины	скв. 2											
Глубина отбора монолита, м	55,9	68,5	51,05	64,2	25,0	31,4	42,6	27,5	30,0	68,2	52,4	70,8
Характеристика породы	алеериты		алееролиты		мел	песчй мел	мел	мел	песок мелко-зернистый	песок средне-зернистый	песок средне-зернистый	песок крупно-зернистый
Геологический индекс	J ₃				Cr ₃ t—сп				Cr ₁ ар+Cr ₂ ст			
Объемный вес Δ, г/см ³ Удельный вес γ, г/см ³ Естественная влажность W, % Пределы пластичности: верхний W _f нижний W _p Гранулометрический состав, % Размеры фракций, мм	1,99	2,01	1,94	1,89	1,81	1,91	1,93	1,87	1,67	1,87	1,77	1,85
	2,68	2,69	2,66	2,67	2,69	2,65	2,70	2,67	2,66	2,67	2,64	2,67
	24,3	23,7	18,8	22,2	26,9	29,5	27,3	31,6	—	—	—	—
	38,6	32,9	31,5	29,0	30,3	31,6	30,7	33,9	—	—	—	—
	21,6	18,1	19,8	20,0	18,2	21,2	24,2	21,1	—	—	—	—
	25,7	28,9	48,6	61,7	—	0,7	10,4	—	80,9	95,6	94,4	98,4
	60,9	53,7	38,0	24,4	—	25,4	33,3	—	16,1	3,6	4,4	1,4
	13,4	17,4	13,4	13,9	—	73,9	56,4	—	3,0	0,8	1,2	0,2

Сопrotивление сдвигу

№ моно-лита	Сдвигающее усилие τ , кг/см ² и влажность W , (%) после опыта	При вертикальном давлении σ , кг/см ²								
		0	2	4	6	8	10	12	16	20
1	τ W	— —	1,6 24,0	1,8 23,8	2,3 23,1	4,1 22,4	4,2 22,4	— —	— —	— —
2	τ W	0,3 24,0	1,5 24,0	2,1 23,9	3,1 23,0	4,0 22,8	4,7 22,8	— —	— —	— —
3	τ W	0,12 18,8	2,5 18,2	4,0 18,0	3,0 18,0	4,2 17,4	4,0 17,2	— —	— —	— —
4	τ W	0,9 22,0	— —	2,3 22,0	3,9 21,2	4,2 21,2	4,5 21,0	— —	— —	— —
5	τ W	2,1 26,8	— —	5,8 25,6	— —	6,5 25,1	— —	7,5 25,0	8,7 24,5	8,5 24,5
6	τ W	3,0 30,2	3,7 30,0	4,0 30,0	5,0 29,8	5,2 29,3	5,5 29,3	— —	— —	— —
7	τ W	2,0 23,4	3,2 22,8	3,8 22,1	4,5 21,8	6,2 21,6	7,2 21,4	8,5 21,4	— —	— —
8	τ W	3,7 30,8	4,1 30,5	4,8 30,3	5,4 29,8	6,0 29,2	8,2 29,0	8,6 29,0	9,2 28,5	9,4 28,2

Таблица 3-26

Сведения о подземных водах

Глубина от устья скважины, м	Водоносные горизонты	Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3	Скв. 4	Скв. 5	Скв. 6	Скв. 8	Скв. 9	Скв. 10	Скв. 11	Скв. 12
Появление воды	I	6,2	10,1	27,2	47,0	59,7	72,5	42,3	37,7	21,5	60,4	60,0
Установившийся уровень	II	81,2	68,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	I	6,2	10,1	27,2	47,0	59,7	72,5	42,3	37,7	21,5	60,4	60,0
	II	60,3	62,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—

СОСТАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКЛЮЧЕНИЯ ОБ УСЛОВИЯХ РАЗРАБОТКИ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕРЫ В ПРИКАРПАТЬЕ¹

В Прикарпатье, на левом берегу Днестра открыто месторождение серы, разработку которого предполагается вести в глубоком карьере. Рудоносными оказались среднетортонские $N_1t_2^2$ закарстованные известняки, перекрытые толщей верхнетортонских глин. Геофизическими исследованиями и разведкой выявлены древние (вероятно, плиоценовые) переуглубленные долины, являвшиеся притоками Днестра.

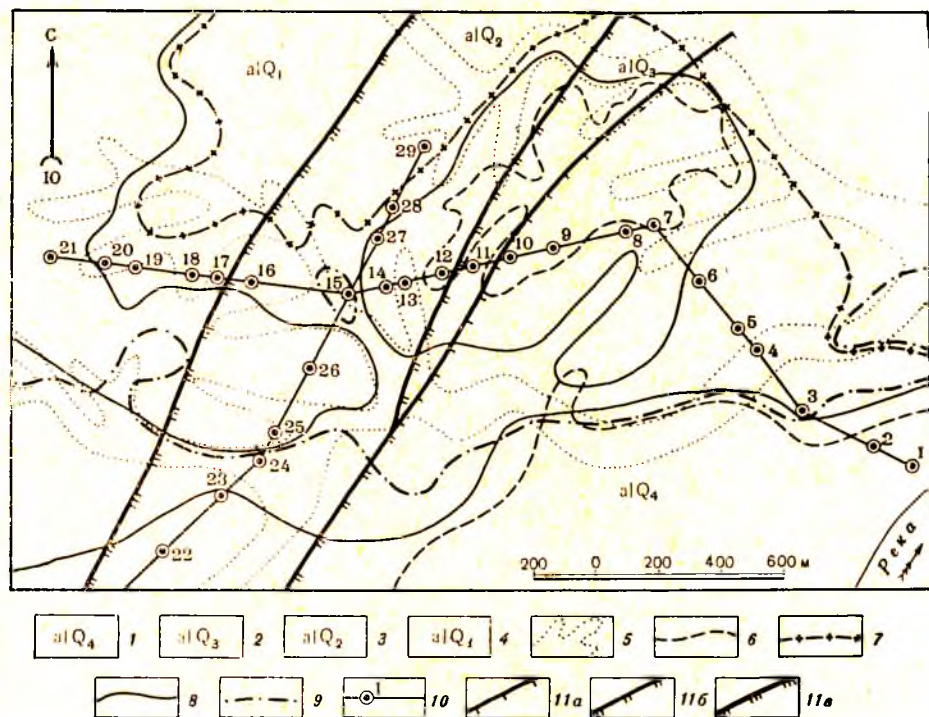


Рис. 3-10. Схематическая геологическая карта месторождения:
1 — пойма; 2 — I надпойменная терраса; 3 — II надпойменная терраса; 4 — III надпойменная терраса; 5 — погребенные плиоценовые ложбины; границы распространения: 6 — верхнетортонских глин; 7 — верхнетортонских известняков; 8 — погребенных обвално-карстовых образований в верхнетортонских известняках; 9 — верхнетортонских глин и ангидритов; 10 — скважины, их номера и линии геологического разреза; 11 — границы распространения надпойменных террас: а — первой, б — второй; в — третьей

Глубина залегания рудного тела изменяется в широких пределах: от 5 до 50—60 м. Для осушения надрудной толщи и рудоносных пород запроектирована система водопонижающих вертикальных скважин, которая должна вскрыть различные водоносные горизонты.

По данным маршрутной инженерно-геологической съемки и геофизических работ составлена предварительная геологическая карта месторождения (рис. 3-10). Для выяснения геологического строения района,

¹ Составлена А. В. Минервиным и Э. В. Калининым.

залегания подземных вод и инженерно-геологических особенностей территории проектируемого карьера разбурены скважины по линиям I—I и II—II (табл. 3—28). Описание разрезов скважин и данные о вскрытых подземных водах приводятся в табл. 3-29 и 3-30. В процессе бурения из скважин были отобраны образцы пород, на которых проведено изучение физико-технических свойств (табл. 3-31).

На основании проведенных полевых и лабораторных работ на предварительной стадии проектирования карьера требуется обработать полученные материалы и составить:

1) два инженерно-геологических разреза по линиям I—I и II—II в масштабе: горизонтальный 1:5000, вертикальный 1:500, на которые нанести данные о свойствах пород и о подземных водах, и выделить участки будущего карьера с различными инженерно-геологическими условиями;

2) схематическую инженерно-геологическую карту масштаба 1:10 000 с выделением участков, которые характеризуются различными инженерно-геологическими условиями;

3) краткое инженерно-геологическое заключение, в котором дать предварительный прогноз устойчивости бортов карьеров с рекомендацией их генеральных углов, охарактеризовав поведение надрудной толщи пород; указать примерное расположение водопонизительных скважин на различных участках месторождения;

4) определить задачи и виды дальнейших инженерно-геологических исследований.

Таблица 3-28

Топографические данные для построения инженерно-геологических разрезов

№ скважины, точки	Расстояние от начала разреза, м	Отметки поверхности земли, м	Геоморфологическая характеристика
По линии I—I			
Скв. 1	0	258,3	Поверхность поймы, слабэвсхолмленная, со старицами
Скв. 2	135	256,9	
Скв. 3	380	256,1	
Скв. 4	635	256,1	
Скв. 5	735	256,0	
Скв. 6	930	256,6	
Скв. 7	1177	256,7	
Скв. 8	1265	257,1	
Скв. 9	1537	257,3	
Скв. 10	1670	257,2	
Скв. 11	1790	261,8	Останец I надпойменной террасы
Скв. 12	1885	267,3	
Скв. 13	2015	266,0	
Скв. 14	2062	266,6	
Скв. 15	2195	270,0	Бугристая поверхность II надпойменной террасы
Скв. 16	2515	277,8	
Скв. 17	2620	281,3	
Скв. 18	2703	282,5	
Скв. 19	2893	291,1	
Скв. 20	2993	295,5	
Скв. 21	3170	296,4	
			Наклонная поверхность II надпойменной террасы

№ скважины, точки	Расстояние от начала разре- за, м	Отметки поверхности земли, м	Геоморфологическая характеристика
----------------------	---	------------------------------------	-----------------------------------

По линии II—II

Тк. 1	0	265,8	Поверхность II надпойменной террасы
Скв. 22	175	275,5	
Скв. 23	435	268,8	
Скв. 24	596	272,2	
Скв. 25	697	273,5	
Скв. 26	927	274,0	
Скв. 15	1206	270,0	
Скв. 27	1412	271,2	
Скв. 28	1513	271,0	
Скв. 29	1730	268,7	

Таблица 3-29

Описание разрезов скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
Створ I—I				
Скважина № 1. Отм. устья — 258,3 м				
1	alQ ₄	Суглинки легкие, желтые, слабо ожелезненные, пластичные, влажные, с глубины 4,6 м водонасыщенные	0,0	7,1
2	N ₁ t ₂ ²	Известняки серые, трещиноватые, крепкие, с прожилками руды, с прослоями глины голубоватосерой, жирной, пластичной	7,1	16,0
3	Cr ₂	Глины темно-серые, известковистые, плотные, влажные, с редкими тонкими прослоями песчаников; аз. пад. 101°, $\angle 25^\circ$	16,0	21,9
Скважина № 2. Отм. устья — 256,9 м				
1	alQ ₄	Суглинки легкие, серовато-желтые, пластичные, влажные и водонасыщенные	0,0	4,5
2	N ₁ t ₂ ²	Известняки темно-серые, крепкие, слаботрещиноватые, с гнездами руды и кальцита	4,5	20,0
3	Cr ₂	Глины серые, известковистые, плотные, иногда песчанистые, слабопластичные, влажные	20,0	28,3
Скважина № 3. Отм. устья — 256,1 м				
1	alQ ₄	Суглинки тяжелые, зеленовато-серые, слабо ожелезненные, пластичные, влажные, с глубины 2,0 м водоносные	0,0	2,8
2	alQ ₄	Пески кварцевые разномзернистые с галькой (до 30%) известняков и песчаников, водоносные	2,8	7,1
3	N ₁ t ₂ ³	Глины зеленовато-серые, известковистые, с прослоями крепких мергелей, слабовлажные	7,1	20,1

№ сло- я	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
4	grN ₁ t ₂ ²⁻³	Глины с многочисленными обломками известняков, серые, рыхлого сложения, пластичные, влажные (обвальное-карстового образования)	20,1	27,7
5	N ₁ t ₂ ¹	Гипсы белые и темно-серые, плотные, с прослоями серого ангидрита	27,7	30,0
<i>Скважина № 4. Отм. устья — 256,1 м</i>				
1	alQ ₄	Суглинки тяжелые, голубовато-серые, пластичные и тугопластичные, влажные	0,0	2,2
2	alQ ₄	Пески кварцевые грубозернистые, с галькой и гравием песчаников, водоносные	2,2	7,0
3	alN ₂	Пески-плывуны, желтые, мелкозернистые, пылеватые, водоносные	7,0	24,2
4	N ₁ t ₂ ³	Глины голубовато-серые, известковистые, плотные, с прослойками алевролита, влажные	24,2	28,3
5	grN ₁ t ₂ ²⁻³	Глины зеленовато-серые, переполненные обломками известняков, влажные до текучей консистенции (обвальное-карстовые образования)	28,3	38,7
6	N ₁ t ₂ ¹	Гипсы светло-розовые, плотные, переслаивающиеся с серым ангидритом	38,7	44,0
7	N ₁ t ₁	Песчаники серые, кварцевые, известковистые, твердые	44,0	45,8
8	Cr ₂	Глины темно-серые, известковистые, плотные	45,8	49,0
<i>Скважина № 5. Отм. устья — 256,0 м</i>				
1	alQ ₄	Суглинки зеленовато-серые, легкие, пылеватые, с пятнами ожелезнения, влажные, с глубины 1,4 м водоносные	0,0	3,5
2	alQ ₄	Пески кварцевые крупнозернистые, однородные, водоносные	3,5	7,9
3	N ₁ t ₂ ³	Глины голубовато-серые, известковистые, с тончайшими прослоями и линзами алевролитов, плотные	7,9	31,7
4	grN ₁ t ₂ ²⁻³	Глинисто-щебнистые массы, состоящие из обломков известняков и серых пластичных, бесструктурных глин	31,7	38,1
5	N ₁ t ₂ ¹	Гипсы белые, плотные, с тонкими прослойками жирных пластичных глин	38,1	45,0
6	N ₁ t ₁	Песчаники темно-серые кварцевые, с известковистым цементом, твердые	45,0	48,8
7	Cr ₂	Глины зеленовато-серые, карбонатные, плотные, слабопластичные, влажные; аз. пад. 103°, <21°	48,8	54,0
<i>Скважина № 6. Отм. устья — 256,6 м</i>				
1	alQ ₄	Супеси тяжелые серые, с тонкими линзочками пылеватых песков, пластичные, влажные, с глубины 1,80 м водоносные	0,0	5,1
2	alQ ₄	Пески кварцевые разнозернистые, гравелистые, с галькой песчаников и известняков, водоносные	5,1	7,5
3	N ₁ t ₂ ³	Глины серые и зеленовато-серые, плотные, известковистые	7,5	27,6
4	grN ₁ t ₂ ²⁻³	Обломки сильновыветрелых известняков с глинами серыми и голубовато-серыми, пластичными, влажными	27,6	34,0
5	N ₁ t ₂ ¹	Гипсы плотные с тонкими прослойками серых пластичных глин	34,0	38,4
<i>Скважина № 7. Отм. устья — 256,7 м</i>				
1	alQ ₄	Суглинки средние, голубовато-серые, ожелезненные, пластичные, влажные	0,0	3,1

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
2	alQ ₄	Пески кварцевые серые, мелкозернистые, плотные, водоносные	3,1	8,6
3	N ₁ t ₂ ²	Известняки светло-серые, трещиноватые, с прослоями голубой глины и гнездовидными включениями руды	8,6	31,9
4	N ₁ t ₂ ¹	Гипсы белые с прослоями ангидритов, плотные	31,9	44,0
5	N ₁ t ₁ ¹	Песчаники темно-серые и светло-серые, кварцевополевошпатовые, известковистые	44,0	47,4
<i>Скважина № 8. Отм. устья — 257,1 м</i>				
1	alQ ₄	Суглинки тяжелые голубовато-серые, тонкослоистые, пластичные, влажные	0,0	3,2
2	alQ ₄	Пески кварцевые разнозернистые, с галькой и гравием песчаников и известняков, водоносные	3,2	9,2
3	N ₁ t ₂ ³	Глины зеленовато-серые, слоистые, известковистые, слабовлажные	9,2	23,0
4	N ₁ t ₂ ²	Известняки голубовато-серые, сильнотрещиноватые, кавернозные, водоносные; прожилки и гнезда руды и кальцита	23,0	32,3
5	N ₁ t ₂ ¹	Гипсы розовато-серые, плотные, переслаивающиеся с серым ангидритом и голубовато-серыми глинами, жирными, пластичными	32,3	37,4
<i>Скважина № 9. Отм. устья — 257,3 м</i>				
1	alQ ₄	Суглинки легкие, пылеватые, серые, ожелезненные, пористые, пластичные, влажные и водонасыщенные с глубины 2,0 м	0,0	3,9
2	alQ ₄	Галечники мелкие окатанные, из песчаников и известняков; заполнитель — разнозернистые пески и гравий, водоносные	3,9	6,0
3	N ₁ t ₂ ²	Известняки серые, твердые, кавернозные, с пластиками пластичных глин, содержащих обломки известняков, водоносные, с гнездами руды	6,0	30,5
4	N ₁ t ₂ ¹	Гипсы плотные, монолитные	30,5	42,7
<i>Скважина № 10. Отм. устья — 257,2 м</i>				
1	alQ ₄	Супеси тяжелые буровато-серые, с примазками ожелезнения, пластичные, влажные, с глубины 1,70 м водоносные	0,0	3,0
2	alQ ₄	Пески голубовато-серые мелкозернистые, кварцполевошпатовые, водоносные	3,0	4,3
3	N ₁ t ₂ ²	Известняки зеленовато-серые, твердые, трещиноватые, с тонкими линзочками голубых пластичных глин, обводненные	4,3	8,6
<i>Скважина № 11. Отм. устья — 261,8 м</i>				
1	alQ ₃	Пески среднезернистые кварц-полевошпатовые, серые, отсортированные, уплотненные, водоносные с глубины 2,80 м	0,0	5,0
2	N ₁ t ₂ ³	Глины серые с зеленоватым оттенком, известковистые, с прослоями крепких мергелей, плотные, слабовлажные	5,0	35,4
<i>Скважина № 12. Отм. устья — 267,3 м</i>				
1	alQ ₂	Суглинки тяжелые серовато-желтые, макропористые, пластичные, влажные, с глубины 6,10 м водонасыщенные	0,0	10,4

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
2	$N_1 t_2^2$	Известняки голубовато-серые слоистые, трещино- ватые, кавернозные, рудоносные, водоносные	10,4	38,3
3	$N_1 t_2^1$	Гипсы белые тонкослоистые, плотные	38,3	42,0
<i>Скважина № 13. Отм. устья — 266,0 м</i>				
1	alQ_2	Супеси легкие желтые, пылеватые, лессовидные, макропористые, слабопластичные, влажные	0,0	5,4
2	alN_2	Пески кварцевые желтовато-серые, мелкозерни- стые и тонкозернистые, глинистые, плавунные, водоносные	5,4	12,0
3	$N_1 t_2^3$	Глины голубовато-серые, плотные, с редкими про- слоями (10—15 см) крепких мергелей	12,0	14,7
<i>Скважина № 14. Отм. устья — 266,6 м</i>				
1	alQ_2	Супеси легкие серовато-желтые, лессовидные, по- ристые, водонасыщенные с глубины 4,0 м	0,0	6,6
2	$N_1 t_2^3$	Глины тяжелые серые с зеленоватым оттенком, плотные, с редкими прослоями карбонатного материала	6,6	20,2
3	$N_1 t_2^2$	Известняки серые, слоистые, с редкими прослоями голубовато-серых тяжелых, пластичных, влаж- ных глин; рудоносные	20,2	42,8
4	$N_1 t_2^1$	Ангидриты серые, плотные, слоистые	42,8	48,7
5	$N_1 t_1$	Песчаники голубовато-серые местами темные, кварц-полевошпатовые, известковистые, крепкие	48,7	57,8
<i>Скважина № 15. Отм. устья — 270,0 м</i>				
1	alQ_2	Суглинки тяжелые голубовато-серые, с линзами торфа, влажные, пластичные	0,0	3,6
2	alQ_2	Супеси легкие песчаные, серовато-желтые, слоистые, водонасыщенные	3,6	9,0
3	alQ_2	Суглинки средние пылеватые, зеленовато-серые, слоистые, влажные, плотные. В основании про- слой (0,5 м) песков кварцевых разнозернистых, гравелистых	9,0	12,1
4	$N_1 t_2^3$	Алевриты зеленые, известковистые, слоистые, с прослоями пластичных глин	12,1	36,5
5	$grN_1 t_2^{2-3}$	Глыбы и обломки сильноветреного серого из- вестняка с глинистым заполнителем (обваль- но-карстовые образования)	36,5	56,4
6	$N_1 t_1^1$	Переслаивание алевритов светло-серых, плот- ных и аргиллитов темно-серых известковистых, слабовлажных	56,4	64,0
<i>Скважина № 16. Отм. устья — 277,8 м</i>				
1	alQ_2	Супеси легкие желтовато-серые, пористые, водо- насыщенные с глубины 5,0 м	0,0	8,1
2	alQ_2	Суглинки тяжелые голубовато-серые с тонкими редкими прослойками пылеватого песка, водо- насыщенные	8,1	13,0
3	alQ_2	Пески кварцевые разнозернистые с галькой из- вестняков и песчаников, водоносные	13,0	14,5
4	$N_1 t_2^3$	Переслаивание глин серых, плотных, слабовлаж- ных и мергелей крепких, голубовато-серых, сло- истых	14,5	49,5
5	$grN_1 t_2^{2-3}$	Щебнисто-глинистая порода, состоящая из облом- ков известняков и глин голубовато-серых влаж- ных, пластичных (карстовые образования)	49,5	60,9

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
6	$N_1t_2^1$	Ангидриты серые с прослоями гипсов белых плот- ных и пластичной глины	60,9	72,8
7	N_1t_1	Песчаники кварцевые светло-серые, карбонатные, трещиноватые, твердые	72,8	78,8
<i>Скважина № 17. Отм. устья — 281,3 м</i>				
1	alQ_1	Супеси легкие палевые, лессовидные, карбонат- ные, пористые, с глубины 3,5 м водонасыщен- ные	0,0	5,5
2	alQ_1	Глины темно-серые, уплотненные, пластичные, влажные	5,5	8,4
3	$N_2t_2^3$	Глины зеленовато-серые, выветрелые, трещинова- тые, влажные	8,4	10,5
<i>Скважина № 18. Отм. устья — 282,5 м</i>				
1	alQ_1	Супеси бурые, пористые, гумусированные, влаж- ные, с глубины 2,5 м водоносные	0,0	5,8
2	alQ_1	Суглинки тяжелые желтые, ожелезненные, неясно- слоистые, пластичные, водонасыщенные	5,8	10,2
3	alN_2	Пески зеленовато-серые, разнозернистые, кварц- полевошпатовые, глинистые, водоносные	10,2	34,2
4	$N_1t_2^3$	Глины серые, известковистые, плотные, влажные	34,2	55,0
5	$grN_1t_2^{2-3}$	Глины голубые, пластичные, рыхлого сложения, влажные, с многочисленными обломками сла- бых известняков	55,0	65,9
6	$N_1t_2^1$	Ангидриты серые, с прослоями белого гипса	65,9	66,6
<i>Скважина № 19. Отм. устья — 291,1 м</i>				
1	alQ_1	Супеси тяжелые желтые, макропористые, пластич- ные, влажные	0,0	5,0
2	alQ_1	Суглинки легкие желтовато-серые, горизонтально- слоистые, с включениями растительных остат- ков, влажные	5,0	10,9
3	$N_1t_2^3$	Глины зелено-серые известковистые, очень плот- ные, с прослоями (1 м) крепких мергелей	10,9	60,8
4	$grN_1t_2^{2-3}$	Обломки известняков рыхлых, сильновыветрелых, с глинистым заполнителем, водоносные (обваль- но-карстовые образования)	60,8	64,0
5	$N_1t_2^1$	Переслаивание гипсов и ангидритов; ангидриты серые, крепкие, монолитные; гипсы белые, чист- ые, плотные. Мощность прослоев от 0,3 до 0,8 м	64,0	75,5
<i>Скважина № 20. Отм. устья — 295,5 м</i>				
1	alQ_1	Глины легкие и суглинки голубовато-серые, с тон- чайшими прослойками пылеватого песка, влаж- ные, с глубины 7,5 м водонасыщенные	0,0	20,6
2	alN_2	Пески желтовато-серые, мелкозернистые и тонко- зернистые, глинистые, кварц-полевошпатовые, водоносные, пливунные	20,6	32,8
<i>Скважина № 21. Отм. устья — 296,4 м</i>				
1	alQ_1	Суглинки тяжелые зеленовато-серые, тонкосло- истые, с редкими растительными остатками, влаж- ные, пластичные	0,0	20,1
2	$N_1t_2^3$	Алевриты светло-серые, слоистые, влажные, с прослоями глин (0,5—1 м) зеленовато-серых, плотных, известковистых, влажных	20,1	58,3

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
3	N ₁ t ₂ ²	Известняки серые и голубовато-серые, крупнокристаллические, слоистые, рудоносные, с редкими и тонкими прослойками (0,1—0,2 м) пластичной глины	58,3	67,8
4	N ₁ t ₂ ¹	Гипсы белые, кристаллические, плотные, с тонкими прослоями пластичной глины	67,8	95,8
5	N ₁ t ₁	Песчаники кварцево-полевошпатовые известковистые, прочные	95,8	112,4
По линии II—II				
Скважина № 22. Отм. устья — 275,5 м				
1	alQ ₂	Суглинки легкие серые, пылеватые, влажные, пластичные	0,0	3,2
2	alQ ₂	Супеси тяжелые серые, слабо ожелезненные, гумусированные, слоистые, водонасыщенные	3,2	7,5
3	alQ ₂	Суглинки тяжелые голубовато-серые, с тонкими линзами детрита, влажные, пластичные	7,5	11,7
4	N ₁ t ₂ ³	Глины зеленовато-серые карбонатные, слоистые, плотные, влажные, пластичные	11,7	16,2
5	N ₁ t ₂ ²	Известняки светло-серые, мелкокристаллические, кавернозные, с прожилками руды, водонасыщенные	16,2	32,4
Скважина № 23. Отм. устья — 268,8 м				
1	alQ ₂	Суглинки тяжелые голубовато-серые, слоистые, гумусированные, влажные, с глубины 1,2 м водонасыщенные	0,0	10,6
2	N ₁ t ₂ ³	Переслаивание серых алевролитов, крепких, влажных и глин зеленовато-серых плотных, карбонатных, влажных	10,6	15,6
3	N ₁ t ₂ ²	Известняки серые, слоистые, плитчатые, трещиноватые, с гнездами кальцита, водоносные	15,6	37,3
4	N ₁ t ₁ ¹	Песчаники кварцевые, крупнозернистые, известковистые, с редкими трещинами	37,3	39,8
Скважина № 24. Отм. устья — 272,2 м				
1	alQ ₂	Супеси легкие желтые, пылеватые, макропористые, пластичные, влажные, с глубины 3,70 м водонасыщенные	0,0	5,7
2	alQ ₂	Суглинки средние желтовато-серые, ожелезненные, слоистые, пластичные, водонасыщенные	5,7	14,0
3	alN ₂	Супеси зеленовато-серые с линзами и прослойками торфа, водоносные	14,0	20,8
4	alN ₂	Пески кварцевые желтые, мелкозернистые и тонкозернистые, глинистые, водонасыщенные, плавунные	20,8	31,0
5	N ₁ t ₂ ²	Известняки серые тонкослоистые, трещиноватые	31,0	40,8
6	N ₁ t ₂ ¹	Гипсы и ангидриты серые, плотные, слаботрещиноватые, с тонкими (до 5 см) прослоями серых влажных глин	40,8	57,2
7	N ₁ t ₁ ¹	Алевролиты серые, известковистые, слюдяные, тонкослоистые, плотные, влажные	57,2	64,0
Скважина № 25. Отм. устья — 274,0 м				
1	alQ ₂	Супеси тяжелые желтые, пористые, влажные, с глубины 3,0 м водонасыщенные	0,0	5,0
2	alQ ₂	Суглинки тяжелые желто-серые, ожелезненные, гумусированные, пластичные, влажные	5,0	12,2

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
3	$N_1 t_2^3$	Глины плотные карбонатные, с трещинами напластования, влажные	12,2	32,8
4	$N_1 t_2^2$	Известняки серые, кристаллические, трещиноватые, с включением гнезд руды, с прослоями глин голубовато-серых известковистых, влажных, пластичных; мощность прослоев 0,2—0,3 м	32,8	44,6
5	$N_1 t_2^1$	Гипсы белые плотные, с прослойками серых ангидритов	44,6	50,1
<i>Скважина № 26. Отм. устья — 274,0 м</i>				
1	alQ_2	Супеси легкие желтовато-серые, пылеватые, влажные, пластичные, с глубины 3,0 м водоносные	0,0	4,5
2	alQ_2	Суглинки средние зеленовато-серые, слоистые, плотные, влажные, пластичные; в основании — слой окатанных галек известняков	4,5	12,5
3	$N_1 t_2^3$	Глины зеленовато-серые слоистые, карбонатные, плотные, влажные, с прослойками крепких алевролитов мощностью до 0,3 м	12,5	23,3
4	$N_1 t_2^2$	Известняки сильнотрещиноватые с тонкими прослоями зеленовато-серых глин, обводненные	23,3	38,8
<i>Скважина № 27. Отм. устья — 271,2 м</i>				
1	alQ_2	Глины легкие серые, плотные, влажные	0,0	3,5
2	alQ_2	Супеси легкие темно-серые, с гнездами и редкими прослойками песка, рыхлые, влажные, с глубины 4,20 м водоносные	3,5	11,2
3	$N_1 t_2^3$	Глины известковистые и алевроиты слоистые, плотные, влажные	11,2	38,9
4	$grN_1 t_2^{2-3}$	Глыбы и обломки мергелей и известняков с глинистым заполнителем, влажные	38,9	52,2
5	$N_1 t_2^1$	Гипсы белые, плотные, с редкими прослоями жирных, пластичных глин	52,2	66,5
6	$N_1 t_1^1$	Песчаники тонкозернистые кварц-полевошпатовые, с известковистым цементом, толстоплитчатые	66,5	71,0
<i>Скважина № 20. Отм. устья — 271,0 м</i>				
1	alQ_2	Пески мелкозернистые отсортированные, кварц-полевошпатовые; с глубины 8,1 м галечники окатанные, состоящие из известняков и алевролитов; водоносные с глубины 4,5 м	0,0	9,5
2	$N_1 t_2^3$	Аргиллиты темно-серые, известковистые, слоистые, в верхней части слоя выветрелые до состояния мягкой глины	9,5	40,8
3	$grN_1 t_2^{2-3}$	Глины рыхлые, пластичные, с обломками известняков (карстовые образования)	40,8	48,6
<i>Скважина № 29. Отм. устья — 268,7 м</i>				
1	alQ_2	Пачка переслаивания суглинков голубовато-серых тяжелых и песков кварц-полевошпатовых тонкозернистых пылеватых, водоносных с глубины 3,0 м	0,0	7,1
2	$N_1 t_2^3$	Глины серые с тонкими прослойками крепких мергелей, влажные, пластичные	7,1	40,6
3	$N_1 t_2^1$	Пачка переслаивания ангидритов серых, крепких и гипсов белых, плотных	40,6	69,0
4	$N_1 t_1^1$	Алевролиты известковистые плотные, крепкие, с прослоями песчаников кварцевых, темно-серых, мелкозернистых, известковистых, слаботрещиноватых	69,0	74,1

Сведения о подземных водах

Глубина от устья, м	Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3	Скв. 4	Скв. 5	Скв. 6	Скв. 7	Скв. 8	Скв. 9	Скв. 10	Скв. 11	Скв. 12	Скв. 13	Скв. 14
	Водонос- ные горн- зонты													
Появление воды	I II	4,8 14,5	3,0 17,5	2,4 —	2,2 29,0	1,7 —	2,0 28,0	1,8 17,5	2,05 23,2	2,20 14,6	2,00 —	2,80 —	4,5 —	-4,2 -27,5
Установившийся уровень	I II	4,8 5,3	2,9 4,1	2,0 —	1,6 1,0	1,4 —	1,8 +0,4	1,50 0,0	1,90 +0,8	2,0 1,5	1,70 —	2,8 —	4,2 —	-4,0 -8,50
Глубина от устья, м	Водонос- ные горн- зонты													
Появление воды	I II	5,2 47,0	5,0 51,6	3,5 —	2,5 56,2	4,5 61,3	7,8 —	6,7 63,0	3,5 28,0	1,2 16,6	3,9 41,0	3,9 24,0	5,0 38,9	4,5 41,0
Установившийся уровень	I II	5,2 14,45	5,0 22,5	3,5 —	2,5 28,5	4,5 35,4	7,2 —	6,7 40,8	3,5 12,4	1,2 10,5	3,5 16,1	3,0 14,9	4,2 15,4	4,5 15,0
														3,8 — 3,0 —

Результаты лабораторных определений свойств пород
Физические свойства

№ монолитов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№ скв. глубина, м	8 5,0	5 2,0	15 5,2	24 10,7	23 8,1	17 2,5	21 10,5	5 18	11 25	19 30	25 22	29 25
Порода и геологический индекс	пески разно- зернистые	суглинки легкие	супеси легкие	суглинки средние	суглинки тяжелые	суглинки легкие	суглинки тяжелые	глины				
	aIQ_4			aIQ_2			aIQ_1	$N_{1,2}^3$				
Объемный вес влажного грунта Δ , г/см ³	1,9	2,0	1,9	2,0	2,0	1,9	2,1	2,1	2,1	2,0	2,2	2,2
Естественная влажность W , %	18	21	18	25	22	16	24	23	22	28	24	26
Пористость n , %	37	34	37	36	36	35	38	41	41	42	42	41
Пределы пластичности: верхний W_f	—	29	22	29	38	24	45	60	67	55	59	64
нижний W_p	—	20	17	19	22	18	28	29	34	31	26	34

Продолжение табл. 3-31

Сопротивление сдвигу*

№ монолитов	Сдвигающие усилия τ , кг/см ² ; влажность, W , %	При вертикальном давлении σ , кг/см ²					
		1,0	3,0	5,0	8,0	10,0	12,0
8	τ	0,70	1,60	2,50	2,80	3,10	3,80
	W	23,5	23,4	22,7	22,5	22,4	22,4
9	τ	0,63	1,15	1,67	2,63	2,72	4,10
	W	22,0	22,0	21,9	21,5	21,6	21,4
10	τ	0,58	1,14	1,70	2,33	3,43	3,45
	W	27,5	27,4	26,9	26,7	26,8	26,3
11	τ	0,60	1,20	1,80	2,60	2,95	3,28
	W	24,5	24,0	24,2	24,0	23,8	23,7
12	τ	0,56	1,04	1,52	2,81	3,60	3,85
	W	26,0	25,8	25,5	25,4	25,0	24,9

* Образцы испытаны на приборах конструкции Н. Н. Маслова без предварительного уплотнения по схеме быстрого сдвига.

СОСТАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКЛЮЧЕНИЯ ОБ УСЛОВИЯХ РАЗРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ¹

Изучаемое месторождение расположено на юго-восточном склоне Урала и приурочено к главной железорудной полосе Тургайского прогиба. Для обоснования проекта разработки месторождения открытым способом на стадии проектного задания были проведены инженерно-геологические исследования, результаты которых приводятся в табл. 3-32, 3-33, 3-34, 3-35 и 3-36. Требуется:

1) составить инженерно-геологический разрез по линии I—I, в масштабах: вертикальный 1:1000, горизонтальный 1:5000, с указанием зон повышенной трещиноватости, выветрелости и обводненности, уровней подземных вод и напоров, а также основных показателей свойств пород;

2) рекомендовать генеральный угол бортов карьера для разных инженерно-геологических участков; при необходимости проверить расчетом устойчивость борта по методу Н. Н. Маслова или иному, используя данные табл. 3-36;

3) дать краткое инженерно-геологическое заключение, указав основные особенности участка с прогнозом устойчивости бортов карьера и предложениями по водопонижению, приближенным прогнозом влияния дренируемых подземных вод на неблагоприятные инженерно-геологические явления;

Таблица 3-32

Топографические данные для построения инженерно-геологического разреза

№ скважины, пикета	Расстояние от начала разреза, м	Отметки поверхности земли, м
Скв. 23, граница карьера	90	99,7
Пк. 1	250	100,6
Скв. 1	525	100,67
Скв. 8	875	100,63
Скв. 16	1175	101,97
Скв. 4	1550	101,89
Скв. 2	1850	102,58
Скв. 7	2140	103,89
Скв. 9	2640	106,42
Скв. 6 граница карьера	3250	104,14
Пк. 2	3300	104,20
Скв. 24	3725	107,46

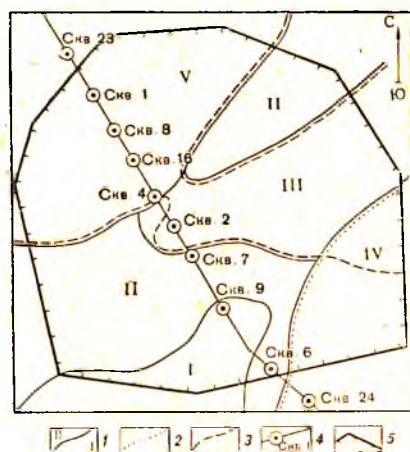


Рис. 3-11. Схематическая инженерно-геологическая карта месторождения: 1 — границы и номера инженерно-геологических участков; 2 — границы распространения олигоценных песков (Pg_3); 3 — границы распространения апт-альбских песков ($C_{\text{стар-ал}}$); 4 — линия инженерно-геологического разреза, скважины и их номера; 5 — контур карьера на поверхности земли

¹ Составлена Ю. Д. Матвеевым по материалам института Фундаментпроект.

№ слоя	Геологи- ческий индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
Скважина № 23. Отм. устья — 99,7 м				
1	Pg ₂ ³ +Pg ₃ ¹	Глины зеленовато-серые, листоватые, жирные, с про- слоями песка, тугопластичные, до глубины 10,5 м выветрелые	0,0	36,6
2	Pg ₂ ²	Опоки и опоковидные глины серые, участками песча- нистые	36,6	50,8
3	Pg ₂ ²	Песчаники зеленовато-серые, глауконитово-кварцевые, неравномернозернистые, с глинистым и кремнистым цементом	50,8	91,7
4	Cr ₂ m+st	Глины зеленовато-серые, слоистые, опесчаненные, с прослоями глауконитового песка, твердые, в ин- тервале 99,3—101,6 м с прослоем песчаника зеле- новато-серого, кремнистого	91,7	120,5
5	Cr ₂ t	Пески кварцевые, серые, мелкозернистые, с расти- тельными остатками	120,5	131,1
6	Cr ₂ cm	Глины светло-серые и коричневатые, жирные, с боль- шим количеством растительных остатков, с про- слоями лигнитов, тугопластичные	131,1	157,2
7	Cr ₁ ap+al	Глины пестроцветные, жирные, в верхней части с рыхлыми бобовинами боксита, тугопластичные	157,2	172,1
8	Cr ₁ ap+al	Пески кварцевые разнозернистые, участками глини- стые, гравелитовые; в подошве — прослой конгло- мерата	172,1	195,6
9	C ₂	Песчаники красно-бурые, мелкозернистые, с мало- мощными прослоями аргиллитов, алевролитов и туффитов; в интервале 195,6—220,5 м выветрелые и сильнотрещиноватые, глубже — трещиноватые. Кальцитовый заполнитель трещин до глубины 227,8 м местами выщелочен; аз. пад. 160°, 40°	195,6	250,6
Скважина № 1*. Отм. устья — 100,67 м				
1	Pg ₂ ³ +Pg ₃ ¹	Глины оливково-зеленые, тугопластичные, до глуби- ны 13,0 м выветрелые	0,0	35,6
2	Pg ₂ ²	Опоки с прослоями опоковидных глин	35,6	53,2
3	Pg ₂ ²	Песчаники зеленовато-серые, с опоково-глинистым цементом	53,2	101,1
4	Cr ₁ m+st	Глины зеленовато-серые, твердые, в интервале 104,5—107,3 м с прослоем песчаника зеленовато- серого, с кремнистым цементом	101,1	123,4
5	Cr ₂ st	Глины серые, тонкослоистые, с прослоями песка	123,4	133,6
6	Cr ₂ cm	Глины светло-серые, жирные, тугопластичные	133,6	144,1
7	Cr ₁ ap+al	Глины пестроцветные, тугопластичные	144,1	149,0
8	Cr ₁ ap+al	Пески кварцевые серые, мелкозернистые	149,0	179,5
9	C ₂ к	Песчаники красно-бурые, мелкозернистые, с мало- мощными прослоями аргиллитов и алевролитов; в интервалах глубин 179,5—210,1 м выветрелые и сильнотрещиноватые, 210,1—270,5 м трещиноватые, 270,6—300,0 м слаботрещиноватые; 270,6—278,5 м— зона дробления с многочисленными открытыми тре- щинами, падающая под углом 60° к западу; пад. пород — 155°, 50°	179,5	300,0

* Описание пород в данной и последующих скважинах сокращено в связи с их относительной однородностью в пределах всего карьера.

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скважина № 8. Отм. устья — 100,63 м				
1	Pg ₂ ³ +Pg ₃ ¹	Глины оливково-зеленые, тугопластичные, до глубины 14,6 м выветрелые	0,0	33,5
2	Pg ₂ ²	Опоки с прослоями опоковидных глин	33,5	54,6
3	Pg ₂ ²	Песчаники зеленовато-серые, с опоково-глинистым цементом	54,6	99,5
4	Cr ₂ m+st	Глины зеленовато-серые, твердые, в интервале 107,5—110,6 м с прослоем песчаника зеленовато-серого с кремнистым цементом	99,5	124,3
5	Cr ₂ st	Пески серые и зеленовато-серые, глауконитово-кварцевые, косослонистые, глинистые	124,3	127,9
6	Cr ₂ st	Глины серые с растительными остатками	127,9	135,2
7	Cr ₂ t	Пески серые, мелкозернистые	135,2	142,2
8	Cr ₂ cm	Глины светло-серые, жирные, тугопластичные	142,2	156,1
9	Cr ₁ ap+al	Пески кварцевые разнозернистые	156,1	186,3
10	C ₁ v	Скаполит-магнетитовые скарны темно-серые, массивные, крепкие, до глубины 207,3 м выветрелые, сильнотрещиноватые; контакт с нижележащими породами неровный	186,3	225,6
11	C ₁ v	Известняки темно-серые, мелкокристаллические, до глубины 276,5 м с отдельными (до 1—3 мм) кавернами, приуроченными к кальцитовому заполнителю трещин; аз. пад. 158°, ∠45°	225,6	300,0
Скважина № 16. Отм. устья — 101,97 м				
1	Pg ₂ ³ +Pg ₃ ¹	Глины оливково-зеленые, тугопластичные, до глубины 15,1 м выветрелые	0,0	37,1
2	Pg ₂ ²	Опоки с прослоями глин	37,1	56,5
3	Pg ₂ ²	Песчаники зеленовато-серые, с опоково-глинистым цементом	56,5	99,7
4	Cr ₂ m+st	Глины зеленовато-серые, твердые, в интервале 106,2—109,8 м с прослоем песчаника	99,7	125,0
5	Cr ₂ st	Глины серые, твердые	125,0	145,3
6	Cr ₂ t	Пески серые, мелкозернистые	145,3	158,9
7	Cr ₂ cm	Глины светло-серые, жирные, плотные	158,8	167,5
8	Cr ₁ ap+al	Пески кварцевые разнозернистые	167,5	184,6
9	elMz	Глины белые и розовато-серые, с сохранившейся структурой материнских пород, жирные, твердые	184,6	190,6
10	C ₂ k	Порфиристы плагиоклазовые красно-коричневые, гематизированные, до глубины 223,2 м выветрелые, трещиноватые; трещины выполнены кальцитом	190,6	249,9
11	C ₁ v	Скаполит-магнетитовые скарны темно-серые, крепкие; в интервале глубин 270,1—273,5 м обводненная зона дробления, падающая к юго-западу под углом 70°	249,9	281,9
12	C ₁ v	Известняки серые, слаботрещиноватые, аз. пад. 165°, ∠45°	281,9	300,0
Скважина № 4. Отм. устья — 101,89 м				
1	Pg ₂ ³ +Pg ₃ ¹	Глины оливково-зеленые, тугопластичные, до глубины 13,8 м выветрелые	0,0	38,5
2	Pg ₂ ²	Опоки с прослоями глин	38,5	58,1
3	Pg ₂ ²	Песчаники зеленовато-серые, с опоково-глинистым цементом	58,1	100,6
4	Cr ₂ m+st	Глины зеленовато-серые, твердые, в интервале 106,8—111,0 м прослой песка	100,6	121,9

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
5	Cr ₂ st	Пески серые, глинистые	121,9	128,1
6	Cr ₂ st	Глины серые, твердые	128,1	135,2
7	Cr ₂ cm	Глины серые, жирные, тугопластичные	135,2	159,3
8	elMz	Глины светло-серые, с бурыми пятнами, плотные, твердые	159,3	165,0
9	C ₂ k	Плагноклазовые порфириды красновато-коричневые, разбиты густой сетью трещин выветривания	165,0	168,5
10	C ₁ v	Скаполиты зеленовато-серые, пятнистые, с вкраплением магнетита, сильновыветрелые и трещиноватые	168,5	185,1
11	C ₁ v	Скаполит-магнетитовые скарны темно-серые, крепкие, слаботрещиноватые; трещины выполнены кальцитом; в интервале глубин 220,3—224,6 м — зона дробления с серией трещин, падающая под $\angle 80^\circ$ к юго-западу	185,1	250,0
<i>Скважина № 2. Отм. устья — 102,58 м</i>				
1	Pg ₂ ³ +Pg ₃ ¹	Глины оливково-зеленые, до глубины 10,5 м выветрелые	0,0	37,5
2	Pg ₂ ²	Опоки с прослоями глин	37,1	57,2
3	Pg ₂ ²	Песчаники зеленовато-серые, с опоково-глинистым цементом	57,2	95,6
4	Cr ₂ m+st	Глины зеленовато-серые, в интервале 105,0—108,5 м с прослоями песка зеленовато-серого, глинистого	95,6	124,5
5	Cr ₂ st	Пески серые глинистые	124,5	128,5
6	Cr ₂ st	Глины серые тонкослоистые	128,5	135,6
7	Cr ₂ t	Пески серые мелкозернистые	135,6	142,0
8	Cr ₂ cm	Глины серые жирные	142,0	164,6
9	C ₁ v	Скаполит-магнетитовые скарны темно-серые, массивные, до глубины 196,3 м сильновыветрелые и сильнотрещиноватые, обохренные, глубже — плотные, трещиноватые, трещины выполнены кальцитом, их аз. пад. 160° , $\angle 40^\circ$	164,6	250,0
<i>Скважина № 7. Отм. устья — 103,89 м</i>				
1	Pg ₂ ³ +Pg ₃ ¹	Глины оливково-зеленые, тугопластичные, до глубины 13,0 м выветрелые	0,0	42,1
2	Pg ₂ ²	Опоки с прослоями глин	42,1	59,5
3	Pg ₂ ²	Песчаники зеленовато-серые с опоково-глинистым цементом	59,5	101,2
4	Cr ₂ m+st	Глины зеленовато-серые твердые, на глубине 107,3—115,0 м прослой песка зеленовато-серого	101,2	123,2
5	Cr ₂ st	Пески серые, глинистые	123,2	131,5
6	Cr ₂ st	Глины серые, твердые	131,5	143,6
7	Cr ₂ cm	Глины серые, жирные, тугопластичные	143,6	157,2
8	elMz	Глины белые с красно-бурными пятнами, плотные, твердые	157,2	165,4
9	C ₁ v	Порфириды плагноклазовые и их туфы темно-серые, до глубины 180,3 м сильновыветрелые и сильнотрещиноватые; трещины выполнены кальцитом и хлоритом	165,4	201,0
10	C ₁ v	Скаполит-магнетитовые скарны темно-серые, массивные, трещиноватые, трещины шириной 1—2 мм выполнены кальцитом, хлоритом, эпидотом; аз. пад. трещин 105° , $\angle 55^\circ$	201,5	250,0
<i>Скважина № 9. Отм. устья — 106,42 м</i>				
1	Pg ₂ ³ +Pg ₃ ¹	Глины оливково-зеленые, тугопластичные, до глубины 14,2 м выветрелые	0,0	43,3

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
2	Pg ₂ ²	Опоки с прослоями глин	43,3	57,2
3	Pg ₂ ²	Песчаники зеленовато-серые, с опоково-глинистым цементом	57,2	101,2
4	Cr ₂ m+st	Глины зеленовато-серые, твердые, в интервале 108,3—115,6 м с прослоем песка	101,2	121,7
5	Cr ₂ st	Пески серые, глинистые	121,7	131,0
6	Cr ₂ st	Глины серые, твердые	131,0	137,5
7	C ₁ v	Порфириты и их туфы, трещиноватые	137,5	170,2
8	C ₁ v	Известняки серые, метаморфизованные, в интервале глубин 170,2—176,5 м раздроблены на мелкие обломки	170,2	209,1
9	C ₁ v	Порфириты плагиоклазовые и их туфы темно-серые, слаботрещиноватые	209,1	250,0
<i>Скважина № 6. Отм. устья — 104,14 м</i>				
1	Pg ₂ ² +Pg ₃ ¹	Глины оливково-зеленые, тугопластичные	0,0	41,2
2	Pg ₂ ²	Опоки с прослоями глин	41,2	59,7
3	Pg ₂ ²	Песчаники зеленовато-серые, с опоково-глинистым цементом	59,7	102,0
4	Cr ₂ m+st	Глины зеленовато-серые, твердые, в интервале 111,0—118,5 м прослой песка зеленовато-серого	102,0	127,5
5	Cr ₂ st	Пески серые, глинистые	127,5	133,8
6	Cr ₂ st	Глины серые, твердые	133,8	141,5
7	Cr ₂ st	Пески серые, мелкозернистые	141,5	146,7
8	Cr ₂ cm	Глины серые, жирные, тугопластичные	146,7	156,8
9	C ₁ v	Известняки серые, метаморфизованные, сильновет- релые и трещиноватые, кавернозные	156,8	177,9
10	C ₁ v	Плагиоклазовые порфириты и их туфы темно-серые, плотные, трещиноватые; трещины выполнены каль- цитом и хлоритом; на глубине 204,7—213,5 м — зона дробления, падающая под $\angle 65^\circ$ к западу	177,9	250,0
<i>Скважина № 24. Отм. устья — 107,46 м</i>				
1	Q ₁	Суглинки желто-бурые, тугопластичные	0,0	6,0
2	Pg ₂ ²	Пески кварцевые мелкозернистые	6,0	10,0
3	Pg ₂ ² +Pg ₃ ¹	Глины оливково-зеленые тугопластичные, до глуби- ны 23,4 м выветрелые	10,0	41,2
4	Pg ₂ ²	Опоки с прослоями глин	41,2	62,3
5	Pg ₂ ²	Песчаники зеленовато-серые, с опоково-глинистым цементом	62,3	105,6
6	Cr ₂ m+st	Глины зеленовато-серые, твердые, в интервале 113,1—120,3 м с прослоем зеленовато-серого песка	105,6	128,5
7	Cr ₂ st	Пески серые, глинистые	128,5	133,6
8	Cr ₂ st	Глины серые, твердые	133,6	142,7
9	Cr ₂ cm	Глины серые, жирные, тугопластичные	142,7	158,6
10	C ₁ v	Плагиоклазовые порфириты и их туфы темно-серые, сильновыветрелые и трещиноватые до глубины 181,5 м; заполнитель трещин частично вышеложен	158,6	205,2
11	C ₁ v	Известняки серые, метаморфизованные, трещинова- тые, с мелкими кавернами	205,2	239,1
12	C ₁ v	Плагиоклазовые порфириты и их туфы темно-серые, трещины выполнены кальцитом и хлоритом	239,1	300,0

П р и м е ч а н и е. По данным геофизической разведки в складчатом фундаменте между скважинами 1 и 8; 16 и 4; 7 и 9 — вертикальные тектонические разломы, шириной 40—50 м, сопровождаемые зонами дробления.

Сведения о подземных водах

Глубина от устья скважины, м	Горизонт	Скв. 23	Скв. 1	Скв. 8	Скв. 16	Скв. 4	Скв. 2	Скв. 7	Скв. 9	Скв. 6	Скв. 24
Появление воды . . .		36,6	35,6	33,5	37,1	38,5	37,1	42,1	43,3	41,2	41,2
Установившийся уровень	II	28,70	29,70	29,70	31,00	31,00	31,70	33,20	36,40	34,70	38,20
Появление воды . . .		—	—	124,3	—	121,9	124,5	123,2	121,7	127,5	128,5
Установившийся уровень	III	—	—	32,60	—	34,80	36,20	37,80	44,90	46,60	51,40
Появление воды . . .		172,1	149,0	156,1	167,5	—	135,6	—	—	—	—
Установившийся уровень	IV	45,70	39,30	45,30	44,80	—	44,90	—	—	—	—
Появление воды . . .		195,6	179,5	186,3	190,6	165,0	164,6	165,4	137,5	156,8	158,6
Установившийся уровень	V	48,30	49,50	51,50	50,90	50,90	51,70	53,00	55,60	53,40	58,90

Примечание. I горизонт отмечен в скв. 24. Глубина появления и установления воды 9,00 м.

Таблица 3-35

Данные опытных откачек

№ скважины	№ водоносного горизонта	Водовмещающие породы	Интервалы, м	Коэффициент фильтрации, м/сут
23	V	песчаники	197—220	0,05
23	V	»	220—250	0,04
1	V	»	180—210	0,06
1	V	»	210—270	0,09
1	V	»	270—280	0,40
1	V	»	280—300	0,06
8	IV	пески	156—186	0,86
8	V	скарны	187—207	0,05
8	V	»	207—227	0,02
8	V	»	227—277	0,03
8	V	»	277—300	0,02
16	V	порфириды	191—220	0,09
16	V	»	220—240	0,06
16	V	скарны	240—270	0,02
16	V	»	270—275	0,50
16	V	»	275—300	0,04
4	V	скаполиты	165—185	0,08
4	V	скарны	185—220	0,02
4	V	»	220—225	0,30
4	V	»	225—250	0,06
2	II	опоки и песчаники	37,1—95,6	0,01
2	III	пески	124,5—128,5	0,60
2	IV	»	135,6—142,0	0,25
2	V	скарны	165—195	0,07
2	V	»	195—250	0,06
9	V	»	138—170	0,05
9	V	известняки	170—180	0,50
9	V	»	180—209	0,20
9	V	порфириды	209—250	0,06
6	V	известняки	157—180	0,09
6	V	порфириды	180—205	0,04
6	V	»	205—215	0,20
6	V	»	215—250	0,01
24	I	пески	9,0—10,0	0,38

Результаты лабораторных определений свойств пород*

Описание пород	Место отбора образцов	Геологический индекс	Сдвигающие усилия τ , кг/см ² при вертикальных давлениях σ , кг/см ²						Предел текучести, $\bar{W}_f$	Число пластичности, M	Влажность W , %	Объемный вес влажного грунта Δ , г/см ³
			1,0	3,0	7,0	10,0	15,0	20,0	30,0			
Глина желтовато-серая выветрелая	скв. 2 10,0 м	$Pg_2^3 + Pg_3^1$	0,66	0,83	—	—	—	—	—	39	30	1,93
Глина оливково-зеленая	скв. 2 35,0 м	$Pg_2^3 + Pg_3^1$	1,05	1,59	2,10	—	—	—	—	39	31	1,91
Опоясывающая глина	скв. 2 45,0 м	Pg_2^2	1,50	2,40	4,08	5,30	—	—	—	33	45	1,72
Глина зеленовато-серая	скв. 2 97,0 м	Cr_2m+st	1,85	2,70	4,25	4,50	4,90	5,15	—	38	35	1,80
Песок сильноглинистый	скв. 2 105,6 м	Cr_2m+st	1,50	2,15	3,50	4,50	5,95	7,20	—	—	32	1,85
Глина зеленовато-серая	скв. 2 120,0 м	Cr_2m+st	1,50	1,90	4,00	4,30	4,75	4,95	—	40	39	1,80
Песок глинистый	скв. 2 125,0 м	Cr_2st	1,55	2,15	3,40	4,55	5,90	7,30	—	—	32	1,85
Глина серая, тонкослоистая	скв. 2 130,0 м	Cr_2st	1,00	1,88	3,25	4,10	4,95	5,95	6,55	25	37	1,82
Песок мелкозернистый	скв. 2 140,0 м	Cr_2t	1,15	2,25	4,35	5,40	7,90	10,5	—	—	25	1,98
Глина пестрая	скв. 1 145,0 м	Cr_{1ap+al}	1,62	2,29	3,73	4,40	4,90	5,30	6,50	15	27	1,98
Песок серый	скв. 1 160,0 м	Cr_{1ap+al}	0,80	2,25	4,50	—	—	—	—	—	29	2,03

* Образцы испытаны на одностороннем приборе без предварительного уплотнения.

К задачам № 5, 6 и 7

- Золотарев Г. С. Новые данные об оползнях Поволжья. В сб.: «Опыт и методика изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий крупных водохранилищ». Изд-во МГУ, 1959.
- Золотарев Г. С. Основные закономерности переработки берегов Куйбышевского водохранилища. В сб.: «Исследования берегов водохранилищ и озера Байкала». М., «Наука», 1964.
- Павлов А. П. Оползни Симбирского и Саратовского Поволжья. Избранные сочинения (сборник II). Статьи по геоморфологии и прикладной геологии. Изд-во МГУ, 1951.
- Рагозин И. С. Оползни Ульяновска и опыт борьбы с ними. М., Изд-во АН СССР, 1961.

К задаче № 8

- Чуринов М. В. Характеристика оползней правого берега р. Москвы на участке Ленинских гор и возможность строительного освоения этой территории. «Тр. ВСЕГИНГЕО», сб. 15. М., Госгеолтехиздат, 1957.
- Дранников А. М. Одесские оползни (типы, причины их образования и меры борьбы с ними). «Тр. Одесск. ун-та», т. 150, сер. геол. и геогр., вып. 7. Изд-во Киевского ун-та, 1960.
- Емельянова Е. П. К вопросу о механизме и причинах оползней у Одессы. «Тр. Одесск. ун-та», т. 150, сер. геол. и геогр., вып. 7. Изд-во Киевского ун-та, 1960.
- Жихович В. В. Исследование физико-механических свойств эолических глин, залегающих в основании оползневых склонов г. Одессы. «Тр. Северо-Кавказского семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними». Ставрополь, 1964.

К задаче № 10

- Золотарев Г. С. Инженерно-геологическое изучение береговых склонов и значение истории их формирования для оценки устойчивости. «Тр. Лаб. гидрогеол. пробл. АН СССР», т. 35, 1961.
- Корженевский И. Б., Лоечко А. А., Черевков В. А. Интенсивность абразии и берегоукрепительные сооружения Южного берега Крыма. В сб.: «Исследование берегов водохранилищ и озера Байкал». М., «Наука», 1964.
- Цыпина И. М. Инженерно-геологическое районирование Южного берега Крыма. «Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии», сб. 15. М., Госгеолтехиздат, 1957.

К задачам № 11, 12 и 13

- Захаров В. Ф., Бобко П. С. Гидрогеологические и геоморфологические черты Калужской котловины в Предкарпатье. «Тр. ВНИИГ», вып. 35. М., Госхимиздат, 1959.
- Иванников И. А. Вскрытие Раздольского серного месторождения в сложных гидрогеологических условиях. «Горн. журн.», 1960, № 11.
- Инженерно-геологические и гидрогеологические условия района КМА. «Тр. Лаб. гидрогеол. пробл.», т. 28. Изд-во АН СССР, 1960.
- Коробанова И. Г. и др. Инженерно-геологическая характеристика горных пород КМА в связи с условиями их формирования. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Кошелев П. Я. Новейшая тектоника Тургайского прогиба. В сб.: «Геология Тургайского прогиба». «Тр. ВСЕГЕИ», нов. сер., вып. 43, 1961.
- Мироненко В. А. Об устойчивости обводненных песчаных откосов на карьерах КМА. «Изв. высш. уч. зав.», геол. и разв., 1962, № 7.
- Опыт водопонижения на месторождениях полезных ископаемых со сложными гидрогеологическими условиями. Разд. V. Соколовское и Сарбайское железорудные месторождения. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Панюков П. Н. Инженерная геология. М., Госгортехиздат, 1962.
- Попов С. И. и др. Влияние времени на устойчивость уступов и бортов рудных карьеров. «Горн. журн.», 1962, № 4.
- Скворцов Г. Г., Романовская Л. И. Инженерно-геологические исследования и прогнозы при разведке месторождений полезных ископаемых. М., «Недра», 1966.
- Фисенко Г. Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М., «Недра», 1965.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ РЕЧНЫХ ДОЛИН В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЛОТИН, ГЭС, ВОДОХРАНИЛИЩ И КАНАЛОВ

Задачи, содержание и методика инженерно-геологических исследований для обоснования проекта плотин, ГЭС и водохранилищ весьма разнообразны и определяются характером геологических условий района строительства, комплексом сооружений гидроузла и стадиями проектирования. Для современного гидротехнического строительства характерно возведение плотин высотой 100—120 м на крупных реках платформ (Енисей, Ангара или Лена) и высотой 200—300 м в горноскладчатых областях (Нарын, Вахш, Пяндж, Сулак, Ингури, Енисей в Западном Саяне и др.)

Вопросы инженерно-геологических исследований на первой стадии проектирования — технико-экономического обоснования строительства (энергетического, транспортного, ирригационного, борьбы с паводками и т. п.), когда определяются участки расположения гидроузлов и примерный комплекс сооружений, в настоящем руководстве не рассматриваются. Задачи для семинарских занятий разработаны применительно к обоснованию выбора створа плотины и ее типа, а также к характеристике инженерно-геологических условий участка долины реки.

§ 1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Основные вопросы инженерно-геологического обоснования проектов высоких плотин могут быть сформулированы следующим образом.

1. Изучение геологического строения пород — их состава, фазальной изменчивости, залегания, трещиноватости, тектонических структур и новейших движений в целях выбора надежного основания и примыканий плотины. Для районов современных тектонических движений и высокой сейсмичности важнейшим вопросом при оценке устойчивости плотины является установление тектонических зон, разломов, сбросов и их современного режима.

2. Оценка прочностных и деформационных свойств инженерно-геологического элемента и массива пород и выявление возможности их упрочнения методами цементации, силикатизации, анкеровки и др.

3. Характеристика подземных вод: их формирование, состав, пути движения, режим и т. п., а также прогноз фильтрационных явлений на участке плотины и в пределах водохранилища в целях борьбы с

нежелательными последствиями. При оценке гидрогеологических условий важно установить и дать прогноз: воздействия подземных вод на породы при естественном и будущем режимах, выщелачивания, суффозии, размягчения, выпирания и гидродинамического давления, т. е. факторов, приводящих к резкому изменению механических и фильтрационных свойств пород и к возникновению опасности для устойчивости сооружения.

4. Изучение геологического строения речной долины, формирования и устойчивости склонов, обвалов и оползней, включая прогноз их развития до возведения плотины, в процессе его и после в целях обеспечения надежности сопряжения сооружения с породами основания и безопасности ведения строительных работ. Типы, масштабы и периодичность (время появления) обвалов и оползней на крутых высоких склонах рек равнин и горных областей должны быть оценены с возможно большей детальностью при помощи методов геологических аналогий, расчетов и моделирования.

5. Размещение сооружений гидроузлов в районах развития неблагоприятных геологических явлений, таких, как карст, просадка в лессах, многолетняя мерзлота и другие, требует их специального изучения и оценки.

6. На стадии технического проекта и рабочих чертежей большое значение придается инженерно-геологическому обоснованию способов производства строительных работ. Сюда относится оценка: водопритока в котловины и способы водопонижений; устойчивости откосов различных выемок; явлений выпора в глинистых и образования трещин бортового и донного отпора в скальных породах; эффективности уменьшения водопроницаемости и укрепления пород цементацией, анкеровкой и т. п. Уточнение расчетных величин прочностных, деформационных и фильтрационных свойств массивов пород и показателей напряженного состояния дается на основе большого числа полевых и лабораторных опытов.

7. Общая характеристика месторождений строительных материалов, необходимых для возведения плотин разного типа и других сооружений, их расположение, качество, запасы. В первую очередь изыскиваются месторождения песка и гравия; камня для набросных плотин, отстойков, облицовок и т. п.; суглинков для ядра, зуба, понура и тела землекатанных плотин.

Для обеспечения строительства жилых поселков и промышленных объектов необходимо провести гидрогеологические работы и решить вопрос о возможности водоснабжения за счет подземных вод.

Опыт строительства гидроузлов в сложных геологических условиях показывает, что наиболее сложные важные инженерно-геологические проблемы связаны с оценкой: а) надежности оснований в условиях воздействия на породы фильтрационного потока; б) современных тектонических подвижек по разломам; в) микросейсмических условий и г) устойчивости склонов в примыканиях, прогноза оползней и обвалов на них.

При возведении высоких плотин на скальном основании особенно важно изучение тектонической и экзогенной трещиноватости; состава и свойств заполнителя трещин и их влияния на прочностные, деформационные и фильтрационные характеристики и на напряженное состояние массива. Катастрофы на плотинах Сен-Франсис в Калифорнии (1928), Мальпасе во Франции (1959), возведенной на интенсивно тектонически нарушенных гранито-гнейсах, Вега-де-Тера на оз. Санабрия (1959) и другие произошли из-за недостаточности геологического изучения ство-

ра. ошибочных оценок трещиноватости пород основания, свойства которых изменились вследствие воздействия фильтрационных вод. Значительные осложнения в процессе строительства плотины Бор во Франции (метаморфические породы) и Красноярской ГЭС (граниты), а также деформации оползневого характера в древних гранитах на участке напорного трубопровода Храм ГЭС-1 в Грузии также были вызваны недостаточной инженерно-геологической изученностью тектонической и экзогенной трещиноватости, а в последнем случае недоучет истории развития склона.

§ 2. ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАЙОНАХ ВОДОХРАНИЛИЩ

В районах крупных водохранилищ на равнинных реках выбор подпорной отметки (НПУ) и величины сработки водохранилища определяется: а) водохозяйственными расчетами и энергетическими показателями и б) затратами, связанными с переносом из зон затопления, подтопления и переработки берегов различных промышленных, городских, транспортных, сельских и других объектов, а также потерей сельскохозяйственных и лесных угодий. В инженерно-геологические исследования на стадии технического проекта по району водохранилища входят следующие задачи:

а) изучение подпора подземных вод и подтопления сельских, городских и промышленных территорий, а также месторождений полезных ископаемых;

б) изучение фильтрации из водохранилища;

в) оценка временных фильтрационных потерь на насыщение «сухих» толщ в дне и бортах долины (для рек с небольшими расходами и малых водохранилищ);

г) изучение устойчивости береговых склонов и прогноз их переработки;

д) инженерно-геологическая характеристика территории, прилегающей к водохранилищу, в целях выбора мест строительства населенных пунктов, промышленных и других объектов; выявление условий водоснабжения этих объектов;

е) инженерно-геологическая характеристика мелководий и возможность их осушения как ценных сельскохозяйственных земель и в целях уничтожения очагов малярии;

ж) выявление и общая характеристика торфяных массивов для оценки возможности их всплывания;

з) прогноз появления или активизации карста, просадочных явлений и возможного засоления почв в связи с подпором грунтовых вод;

и) оценка возможного влияния водохранилища на месторождения минеральных вод.

На указанной стадии изучения инженерно-геологических условий по всему водохранилищу на реках равнин проводится с детальностью, определяемой масштабом отчетных карт 1 : 100 000 — 1 : 200 000. Отдельные важные в хозяйственном отношении участки изучаются более детально и по ним составляются геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические карты масштаба 1 : 25 000 — 1 : 2000 в зависимости от сложности геологических и гидрогеологических условий.

Инженерно-геологические исследования в долинах горных рек, где проектируются деривационные ГЭС, имеют специфические особенности. Для сооружений головного узла деривационной ГЭС изучаются те же вопросы, что и для приплотинной ГЭС. Кроме того, характеризуются инженерно-геологические условия:

- а) трасс деривационных каналов и тоннелей;
- б) участков расположения здания ГЭС в наземном и подземном варианте и
- в) горных склонов, их устойчивость, с прогнозом обвалов и оползней.

В ряде районов для сооружений гидроузлов представляют опасность сели, особенно катастрофические. Для изучения вопросов заносимости водохранилищ, в случае их малых объемов, и выявления очагов твердого стока проводятся инженерно-геологические съемки по долинам верхнего бьефа и притокам.

Развитие ирригационного строительства в последние годы привело к созданию магистральных каналов, размеры и расходы воды в которых вполне сопоставимы с реками. Так, Каракумский канал имеет расход у водозаборных сооружений $180 \text{ м}^3/\text{сек}$, общую длину 540 км и ширину по основанию от 20 до 100 м . Глубина воды в канале изменяется от 4 до 7 м , а скорость течения равна $0,6—0,7 \text{ м/сек}$. Строящийся водоводный канал Иртыш—Караганда, ирригационный канал, запроектированный советскими специалистами в Сирии в долине р. Евфрат, и многие другие обладают аналогичными характеристиками. При инженерно-геологическом изучении трасс крупных каналов необходимо дать прогноз и оценить следующие явления:

1. Фльтрационные потери и изменение режима грунтовых вод на прилегающей территории в пределах отдельных участков трассы канала, характеризующихся различным геологическим строением и гидрогеологическими условиями. Эти вопросы разрешаются наиболее достоверно при помощи моделирования на приборе ЭГДА и менее точно — расчетным путем.

2. Устойчивость откосов канала, определение их крутизны, возможных деформаций и мер укрепления. Нарушение устойчивости откосов каналов, появление оплывин, оползней и обрушений обусловлено:

а) потерей прочности пород откоса вследствие увлажнения фильтрационными водами, выщелачивания солей и, иногда, механической суффозии;

б) эрозийным размывом водами канала при относительно больших скоростях течения.

3. Развитие просадочных явлений у бровки откоса канала и на прилегающей территории в связи с увлажнением лессовых пород фильтрационными водами. Просадочные явления (распространение по площади и величина) зависят от строения и свойств лессов, начальной и конечной влажности пород, их напряженного состояния (природной нагрузки) и гидродинамической схемы фильтрующихся из канала вод. При прогнозе просадок определяется гидродинамическая схема и возможны четыре типичных случая (рис. 4-1):

а) значительная мощность лессов и глубокое залегание грунтовых вод — фильтрационные воды образуют неправильной формы эллипсоид смачивания с большой осью по вертикали; имеет место затухающее во времени неустановившееся движение; просадки значительны по величине, преимущественно в пределах канала;

б) канал проходит в лессовых породах пойменных фаций, подстилаемых галечниками, в которых на некоторой глубине от кровли находятся грунтовые воды; в этом случае сравнительно быстро и в ограниченных пределах формируется установившееся движение фильтрационных вод, несколько выходящее за бровки откосов канала; просадки быстро затухают и незначительны по площади;

в) уровень грунтовых вод находится вблизи дневной поверхности и лессовая толща обводнена; воды из канала фильтруются в стороны, имеет место неустановившееся движение, что приводит к постепенному дополнительному увлажнению лессов и просадкам за пределами канала на значительном расстоянии;

г) канал пролегает на склоне, сложенном лессовыми породами, и основной фильтрационный поток направлен в сторону понижений рельефа и может обладать значительным градиентом. В подобных условиях возможны просадочные, оползневые и суффозионные явления.

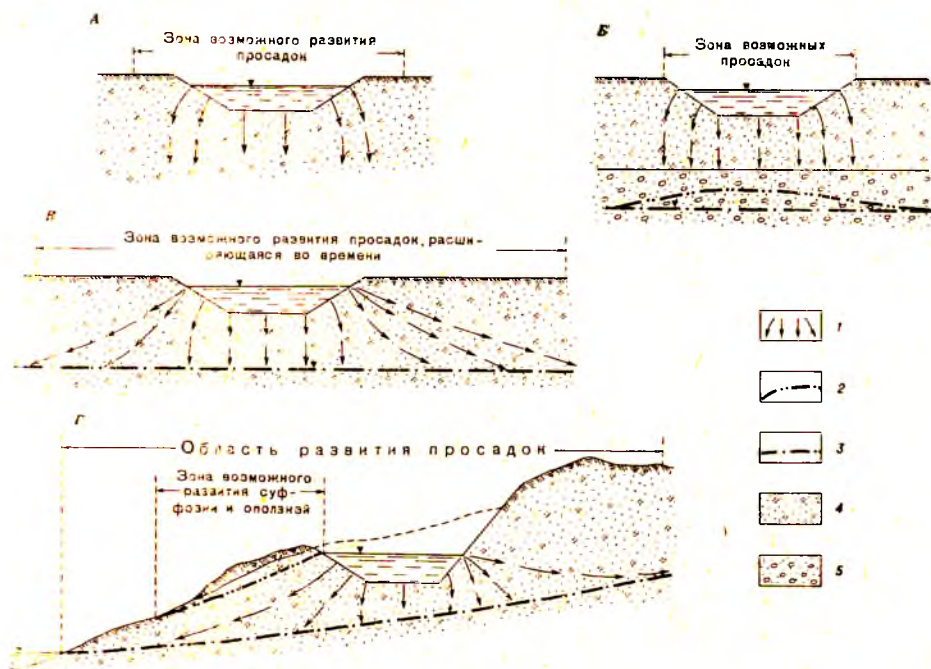


Рис. 4-1. Гидродинамическая схема фильтрационного потока из ирригационного канала и развитие просадочных явлений в лессах: 1 — линии тока фильтрационных вод; 2 — уровень грунтовых вод при фильтрации из канала; 3 — уровень грунтовых вод до проложения канала; 4 — лессы просадочные; 5 — галечники

Таким образом, прогноз инженерно-геологических явлений в сфере влияния магистральных ирригационных каналов обязательно должен основываться на данных геолого-литологического строения, засоленности, начальной влажности и свойствах пород и учитывать гидродинамическую схему неустановившегося фильтрационного потока, определяющего во времени объемы дополнительно обводненных пород.

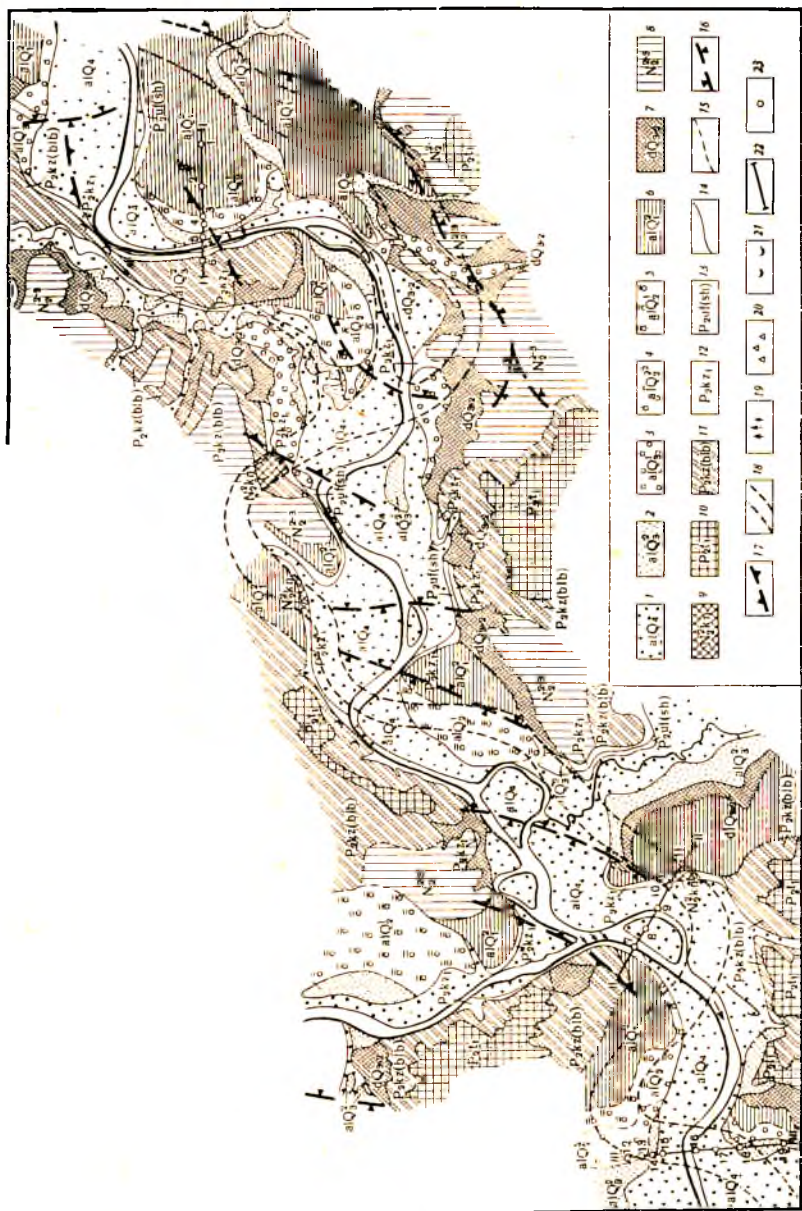
ЗАДАЧА № 14

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ И СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ОБ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РАЙОНА ПРОЕКТИРУЕМОЙ ПЛОТИНЫ НА р. КАМЕ (выбор створа)¹

В нижнем течении р. Камы проектируется плотина с напором до 30 м и ежегодной сработкой горизонта 4 м.

Для выбора створа плотины проведены инженерно-геологические

¹ Составлена З. А. Кривошеевой при участии А. В. Минервина. Задача рассчитана на двух студентов.



- | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|
| 1 | alQ4 | 2 | alQ3 | 3 | alQ2 | 4 | alQ1 | 5 | alQ0 | 6 | alQ0 | 7 | N2 | 8 | N2 |
| 9 | Pskz(tbb) | 10 | Pskz(tbb) | 11 | Pskz(tbb) | 12 | Pskz(tbb) | 13 | Pskz(tbb) | 14 | Pskz(tbb) | 15 | Pskz(tbb) | 16 | Pskz(tbb) |
| 17 | Pskz(tbb) | 18 | Pskz(tbb) | 19 | Pskz(tbb) | 20 | Pskz(tbb) | 21 | Pskz(tbb) | 22 | Pskz(tbb) | 23 | Pskz(tbb) | 24 | Pskz(tbb) |

№ точки, скважины	Расстояние от начала профиля, м	Отметка поверхности, м	Геоморфологическая характеристика
Створ III—III			
Скв. 12	0,0	101,9	Поверхность среднечетвертичной перигляциальной равнины со слабым уклоном в сторону реки
Тк. 137	357,0	100,7	
Скв. 13	935,6	86,0	Ровная поверхность первой надпойменной террасы
Тк. 138	1384,6	71,2	
Скв. 14	1842,9	70,2	Пойма с береговыми валами и старичными понижениями
Скв. 15	2247,8	66,4	
Тк. 139	3113,9	65,5	Урез реки
Тк. 140	3534,4	58,6	
Тк. 141	4241,3	58,6	Горизонтальная поверхность поймы со старичными озерами, протоками и понижениями
Скв. 16	4492,0	68,2	
Тк. 142	4982,6	66,5	Ровная поверхность первой надпойменной террасы
Скв. 17	6453,7	66,7	
Тк. 143	7024,5	68,5	Современный делювиальный склон
Скв. 18	7328,0	71,4	
Тк. 144	7484,5	71,2	
Тк. 145	7773,2	75,9	
Скв. 19	8337,0	97,0	

исследования. Предварительные данные геологической съемки и разведки представлены в виде схематической карты (рис. 4-2) и разрезов скважин, что дает возможность сравнить три конкурирующих створа: I—I, II—II и III—III. В скважинах проведены откачки и отобраны образцы пород для лабораторного изучения свойств. Проведено детальное описание разрезов скважин по кернам, отмечены петрографические и структурные особенности пород (табл. 4-2). При бурении скважин указывалась обводненность отложений и пьезометрические уровни водоносных горизонтов (табл. 4-3). Для построения инженерно-геологических разрезов по створам проведена топографическая съемка, результаты которой сведены в табл. 4-1.

Т р е б у е т с я:

1) составить инженерно-геологические разрезы по трем створам в масштабах: горизонтальный 1:10 000, вертикальный 1:500. На разрезах нанести литологический состав пород, текстурные особенности, указать возраст, генезис пород, сведения о водоносных горизонтах, данные откачек и показатели свойств пород, используя табл. 4-2, 4-3 и 4-4;

2) на картосхеме показать наиболее благоприятный участок долины для проведения детальных работ на следующей стадии проектирования. Оценить строение долины и ее геологическую историю с точки зрения выбора створа плотины;

3) по данным откачек из скважин рассчитать коэффициенты фильтрации пород и удельные расходы (табл. 4-3);

4) составить краткое инженерно-геологическое заключение, в котором основное внимание обратить: а) на инженерно-геологические особенности пород в основании, на выбор несущей толщи для бетонной плотины; б) на устойчивость склонов и надежность примыкания плотины; в) на изменение геологических и гидрогеологических условий после возведения плотины и дать ориентировочный прогноз фильтрационных и связанных с ними явлений в породах участка створа после создания водохранилища; г) определить основные задачи исследований и виды работ на стадии технического проекта по рекомендованному участку створа.

Описание разрезов буровых скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоев, м	
			от	до
Створ I—I				
Скважина № 1. Отм. устья — 132,4 м				
1	alQ ₁ ²	Пески желтовато-коричневые, тонко- и мелкозерни- стые, глинистые, известковистые, ожелезненные, уплотненные	0,0	6,8
2	alQ ₁ ²	Супеси желто-коричневые, слюдистые, известково- стые, с линзами тонкозернистого песка, уплотненные, пластичные, влажные, с глубины 8,9 м водоносные	6,8	14,1
3	alQ ₁ ²	Пески кварцевые мелкозернистые, с обломками рако- вин, водоносные	14,1	17,5
4	alQ ₁ ²	Суглинки буровато-коричневые, грубые, плотные, с галькой и гравием в основании	17,5	22,0
5	P ₂ kz(blб)	Песчаники желтовато-серые, кварц-полевошпатовые, известковистые, горизонтальнослоистые, плотные; аз. пад. 113°, $\angle 2-3^\circ$	22,0	28,5
Скважина № 2. Отм. устья — 119,5 м				
1	pdQ ₄	Почвы дерново-подзолистые, суглинистые	0,0	1,8
2	alQ ₁ ²	Пески коричневато-серые, полимиктовые, глинистые, карбонатные, с обломками раковин, водоносные с глубины 6,4 м	1,8	10,0
3	alQ ₁ ²	Суглинки желтовато-серые, грубые, известковистые, ожелезненные, влажные	10,0	12,1
4	alQ ₁ ²	Пески кварцевые серые, мелкозернистые, известко- вистые, слюдистые, слабовлажные. На глубине 14,2 м — скопление кремнистых галек и гравия	12,1	15,0
5	P ₂ kz(blб)	Глины красновато-коричневые, плотные, слоистые, с прослойками известковистых песчаников, слабо- влажные; аз. пад. 115°, $\angle 1-1,5^\circ$	15,0	36,2
6	P ₂ kz(blб)	Алевриты шоколадного цвета, ожелезненные, сла- бовлажные, полутвердые, с волосными трещинами	36,2	44,1
7	P ₂ kz ₁	Известняки серые и темно-серые, иногда с мелкими кавернами, водоносные	44,1	53,2
Скважина № 3. Отм. устья — 87,9 м				
1	eoIQ ₃	Пески кварцевые светло-желтые, мелкозернистые, однородные	0,0	2,6
2	alQ ₂ ¹	Пески кварцевые желто-коричневые, мелко-тонкозер- нистые, известковистые, с глинистыми прослойка- ми, влажные, с глубины 5,2 м водоносные	2,6	16,0
3	alQ ₂ ¹	Галечники мелкие, с разнозернистым песком и об- ломками раковин, водоносные	16,0	18,3
4	P ₂ kz ₁	Известняки темно-серые, слоистые, кавернозные, тре- щиноватые; на глубине 18,0 и 21,4 м прослой серо- го полимиктового песчаника мощностью 1,2 и 0,6 м, водоносные	18,3	39,7
5	P ₂ uf(sh)	Глины красновато-бурые, плотные, слоистые, загипсо- ванные	39,7	42,9
6	P ₂ uf(sh)	Алевриты темно-бурые, плотные, с прослойками песчаника и редкими гнездами гипса	42,9	48,0
7	P ₂ uf(sh)	Песчаники желто-серые кварц-полевошпатовые, мел- ко-тонкозернистые, ожелезненные, загипсованные	48,0	53,3
8	P ₂ uf(sh)	Частое переслаивание плотных глин и алевритов бурых, слоистых, при выветривании распадающих- ся на листовую щебенку. Встречаются мелкие кри- сталлы гипса и гнезда тонкозернистого песка	53,3	58,9

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоев, м	
			от	до
5	pglQ ₂ ¹	Суглинки средние коричнево-серые, с растительными остатками, влажные; пластичной консистенции	37,7	43,0
6	pglQ ₂ ¹	Пески кварцевые разномзернистые, гравелистые, с галькой	43,0	52,1
7	pglQ ₂ ¹	Гравий и галька песчаников, известняков и аргиллитов хорошо окатанные, с песком кварцевым, разномзернистым	52,1	55,6
8	P ₂ kz(blb)	Алевриты красно-бурые, ожелезненные, слоистые, слюдястые и известковистые, плотные, влажные, полутвердые	55,6	61,9
9	P ₂ kz ₁	Глины шоколадного цвета, тяжелые, слабовлажные, полутвердой консистенции, с фауной	61,9	75,4
10	P ₂ kz ₁	Песчаники кварцевые светло-серые, мелкозернистые, известковистые, крепкие	75,4	81,3
11	P ₂ kz ₁	Алевриты коричнево-серые, песчаные	81,3	89,5
12	P ₂ kz ₁	Пески бурые, мелко- и тонкозернистые, глинистые, известковистые, уплотненные	89,5	94,3
13	P ₂ kz ₁	Глины средние желто-бурые, тонкослоистые, влажные, с растительными остатками и прослойками (2—5 мм) тонкозернистого глинистого песка	94,3	101,0
14	P ₂ kz ₁	Глины тяжелые плотные, слабовлажные, полутвердой консистенции, с ожелезненными остатками древесины	101,0	105,2
15	P ₂ kz ₁	Пески кварцевые светло-серые, мелкозернистые, известковистые, загипсованные, плотные	105,2	110,6
<i>Скважина № 13. Отм. устья — 86,0 м</i>				
1	dQ ₃	Суглинки средние палевые, пылеватые, известковистые, влажные	0,0	3,2
2	pglQ ₂ ¹	Пески кварцевые желтовато-серые, мелкозернистые, глинистые, сильноизвестковистые, с редкими обломками раковин, влажные, водоносные с глубины 16,0 м	3,2	25,0
3	pglQ ₂ ¹	Супеси тяжелые буровато-серые, известковистые, с растительными остатками, влажные	25,0	32,2
4	pglQ ₂ ¹	Пески кварц-полевошпатовые светло-серые, разномзернистые, в отдельных прослоях глинистые и слюдястые, с галькой с глубины 38 м	32,2	39,9
5	alQ ₁ ²	Супеси темно-серые, плотные, влажные	39,9	42,4
6	alQ ₁ ²	Пески кварцевые светло-желтые, мелкозернистые, однородные, водоносные	42,4	52,0
7	alQ ₁ ²	Галечники крупные, хорошо окатанные с разномзернистым песком, ожелезненные	52,0	57,7
8	N ₂ kn	Суглинки средние голубовато-серые, влажные, тугопластичной консистенции, с редкими растительными остатками	57,7	63,8
9	N ₂ kn	Пески темно-серые, тонкозернистые, пылеватые, однородные, слабоизвестковистые	63,8	71,2
10	N ₂ kn	Глины серые с синим оттенком, тонкослоистые, с прослойками глинистого песка; слои глин имеют падение под углами 3—6°. Глины разбиты тонкими трещинами, из которых высачивается вода	71,2	115,1
11	P ₁ s	Известняки желтовато-серые, мелкокристаллические, с линзами гипса, кавернозные и трещиноватые, водоносные	115,1	123,2
<i>Скважина № 14. Отм. устья — 70,2 м</i>				
1	pdO ₄	Почвы дерново-подзолистые	0,0	0,6

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоев, м	
			от	до
2	alQ ₃ ²	Суглинки средние буровато-серые, сверху с остатками растений, влажные, с глубины 6,5 м водонасыщенные	0,6	10,5
3	alQ ₃ ²	Пески кварцевые светло-серые, мелкозернистые, однородные, водоносные, с остатками древесины	10,5	16,8
4	alQ ₃ ²	Суглинки тяжелые темно-серые с голубоватым оттенком, с растительным детритом, влажные	16,8	18,2
5	alQ ₃ ²	Галечники крупные, хорошо окатанные, с разнозернистым кварцевым песком, водоносные	18,2	25,1
6	alQ ₁ ²	Суглинки светло-серые, слоистые, с многочисленными растительными остатками, влажные	25,1	29,4
7	alQ ₁ ²	Пески кварцевые желтовато-серые, неоднородные, мелкозернистые, с прослоями разнозернистых, и тончайшими линзочками серых суглинков	29,4	36,0
8	alQ ₁ ²	Галечники гравелистые с мелкой, хорошо окатанной галькой кварц-кремнистого состава, реже известняков и песчаников, ожелезненные, с кварцевым разнозернистым, промытым песком	36,0	44,5
9	N ₂ kp	Суглинки тяжелые синевато-серые, плотные, влажные, с редкими конкрециями серого мергеля	44,5	48,3
<i>Скважина № 15. Отм. устья — 66,4 м</i>				
1	alQ ₄	Илы темно-серые тяжелые, с корнями растений, водонасыщенные, текучей и вязкой консистенции	0,0	6,9
2	alQ ₄	Пески кварцевые светло-серые, среднезернистые, хорошо отсортированные, с редкой галькой кварца, водоносные	6,9	15,8
3	alQ ₄	Галечники из крупной хорошо окатанной гальки кварцево-кремнистого состава, слабоожелезненные, с песчаным разнозернистым кварц-полевошпатовым заполнителем; водоносные	15,8	21,0
4	N ₂ kp	Глины тяжелые голубовато-серые, плотные, влажные, с тонкими слюдястыми пропластками	21,0	27,1
<i>Скважина № 16. Отм. устья — 68,2 м</i>				
1	alQ ₄	Пески серовато-желтые, тонкозернистые, глинистые, кварц-полевошпатовые, влажные, с глубины 5,0 м водоносные	0,0	6,7
2	alQ ₄	Суглинки буровато-серые, грубые, с многочисленными растительными остатками, пластичные	6,7	8,0
3	alQ ₄	Пески кварцевые светло-серые, мелкозернистые, глинистые, слабослюдистые, с линзами темно-серых слюдястых супесей; водоносные	8,0	13,8
4	alQ ₄	Галечники крупные, хорошо окатанные, кварц-кремнистого состава, реже с гальками песчаников и известняков, ожелезненные, с мелким гравием и песком	13,8	23,0
5	N ₂ kp	Суглинки тяжелые зеленовато-серые, слабослюдистые, плотные, влажные	23,0	30,4
6	N ₂ kp	Глины серые, плотные, с мелкими конкрециями мергелей и раковинами моллюсков; при высыхании распадаются на оскольчатые отдельности	30,4	48,3
7	N ₂ kp	Пески голубовато-серые, тонкозернистые, глинистые, слюдястые, с растительными остатками, водоносные	48,3	65,0
8	N ₂ kp	Супеси серые и зеленовато-серые, грубые, влажные	65,0	78,3
9	N ₂ kp	Суглинки темно-серые, гумусированные, слоистые, с прослойками тонкого песка, плотные, влажные	78,3	89,9

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоев, м	
			от	до
10	N ₂ kp	Частое переслаивание супесей легких, глинистых пес- ков и суглинков тяжелых, серых, влажных плотных	89,9	125,0
11	N ₂ kp	Глины тяжелые голубовато-серые, плотные, с про- слоями суглинков гумусированных, с рассеянным детритом	125,0	140,9
12	N ₂ kp	Пески серые, тонко-мелкозернистые, глинистые, сло- дистые, слонистые, водоносные	140,9	156,6
13	C ₃	Известняки желтовато-серые, мелкокристаллические, трещиноватые	156,6	162,2
<i>Скважина № 17. Отм. устья — 66,7 м</i>				
1	hQ ₄	Торфы бурые, неразложившиеся, рыхлые	0,0	1,9
2	alQ ₄	Суглинки серовато-бурые, с пятнами ожелезнения, влажные, пластичные	1,9	3,9
3	alQ ₄	Пески кварцевые буровато-серые, разнозернистые, с галькой и гравием, водоносные	3,9	15,0
4	alQ ₄	Галечники крупные, хорошо окатанные, кварц-крем- нистого состава, с разнозернистым кварцевым пес- ком, водоносные	15,0	22,2
5	N ₂ kp	Супеси серые, плотные, влажные, слюдистые, с ра- стительными остатками	22,2	27,0
6	N ₂ kp	Глины тяжелые темно-серые с зеленоватым оттен- ком, слабослюдистые, с плоскими конкрециями мер- гелей	27,0	34,8
7	N ₂ kp	Пески серо-голубые, тонкозернистые, мучнистые, од- нородные, слюдистые, переполненные раковинами моллюсков, водоносные	34,8	38,5
8	N ₂ kp	Алевриты зеленовато-серые, однородные, слюдис- тые и известковистые, влажные, слабопластичные	38,5	44,1
9	N ₂ kp	Глины темно-серые тяжелые, плотные, с раковинами моллюсков; при высыхании видна слюда и кристал- лы вивинита	44,1	53,8
<i>Скважина № 18. Отм. устья — 71,2 м</i>				
1	alQ ₃	Супеси буровато-серые, пылеватые, однородные, влажные, с пятнами ожелезнения и редкими расти- тельными остатками	0,0	10,3
2	alQ ₃	Пески кварцевые серовато-желтые, слабоожелезнен- ные, мелкозернистые, водоносные, слабослюдистые; с глубины 13 м — крупнозернистые с редкой галь- кой	10,3	15,0
3	alQ ₃	Валуны и галька кварца, песчаников, известняков и кремней, реже аргиллитов, хорошо окатанные, с поверхности окрашены гидроокислами железа, с грубозернистым полимиктовым деском	15,0	22,8
4	N ₂ kp	Суглинки тяжелые зеленовато-серые, плотные, одно- родные, с растительными остатками, влажные	22,8	30,0
5	N ₂ kp	Глины темно-серые, песчаные, плотные, с включе- ниями органического вещества и раковинами мол- люсков; в основании слоя — гнезда тонкозернистого глинистого слюдистого песка	30,0	37,1
6	N ₂ kp	Пески голубовато-серые, тонко- и мелкозернистые, с прослоями глинистых, с окатанной кварцевой галь- кой, водоносные	37,1	42,5
7	N ₂ kp	Суглинки тяжелые зеленовато-серые, слонистые (лен- точного типа), с тонкими (до 1 мм) и частыми (через 5—10 см) прослойками светло-серого тонко- зернистого песка; влажные, плотные, часты остат- ки ожелезненной древесины и раковины пресновод- ных моллюсков	42,5	57,8

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоев, м	
			от	до
8	N ₂ kn	Пески светло-серые, тонко-мелкозернистые, с мелкой хорошо окатанной галькой кварца, водоносные . . .	57,8	62,7
9	N ₂ kn	Глины серые, с растительными остатками и пятнами ожелезнения	62,7	84,5
10	N ₂ kn	Суглинки средние зеленовато-серые, с линзочками песков и пятнами ожелезнения	84,5	126,9
11	N ₂ kn	Глины темно-серые, неяснослоистые, слабокарбонатные, с сажистыми включениями	126,9	136,0
12	N ₂ kn	Пески серые, тонко-мелкозернистые, глинистые, водоносные	136,0	143,0
13	C ₃	Известняки темно-серые, тонкокристаллические, трещиноватые и кавернозные	143,0	151,5
<i>Скважина № 19. Отм. устья — 97,0 м</i>				
1	dQ ₃	Супеси тяжелые светло-палевые слоистые, плотные, лессовидные, карбонатные, с редкой щебенкой песчаника, влажные	0,0	13,0
2	P ₂ kz(blб)	Алевриты красновато-коричневые, однородные, слюDISTые, известковистые	13,0	22,3
3	P ₂ kz(blб)	Песчаники кварцевые светло-коричневые, мелкозернистые, с зернами глауконита; цемент — железисто-карбонатный типа выполнения пор, трещиноватые, с пленкой лимонита по напластованию	22,3	25,2
4	P ₂ kz(blб)	Глины шоколадного цвета, тяжелые, ожелезненные, плотные, слабовлажные, полутвердой консистенции	25,2	33,0
5	P ₂ kz(blб)	Алевриты бурые, пылеватые, нецементированные, слюDISTые	33,0	40,8
6	P ₂ kz(blб)	Глины красноцветные, тонкослоистые, слюDISTые, известковистые, влажные, полутвердые	40,8	49,1
7	P ₂ kz ₁	Алевриты светло-коричневые, песчаные, неяснослоистые, с ожелезненными растительными остатками и карбонатными конкрециями	49,1	58,3
8	P ₂ kz ₁	Песчаники светло-серые, мелкозернистые, кварц-полевошпатовые, с известковым цементом базального типа, с пятнами окислов железа, трещиноватые	58,3	64,1
9	P ₂ kz ₁	Глины бурые тяжелые, слюDISTые, известковистые, с растительными остатками, слабовлажные	64,1	75,0
10	P ₂ kz ₁	Песчаники кварцевые темно-серые, мелкозернистые, известковистые, плотные с линзами светло-серого алевролита	75,0	78,0
11	P ₂ kz ₁	Переслаивание аргиллитов и алевролитов, мощность прослоев 0,8—0,5 м. К прослоям алевролита приурочены включения щебенки известковистых песчаников	78,0	87,4
12	P ₂ kz ₁	Песчаники темно-серые, тонкозернистые, кварц-полевошпатовые, известковистые, с растительными остатками и мелкими кристаллами пирита	87,4	95,5
13	P ₂ uf(sh)	Глины вишнево-красные, тяжелые, тонкослоистые, с прослойками светло-коричневых тонкозернистых песков, слюDISTые, известковистые, с кристаллами пирита, влажные	95,5	99,0
14	P ₂ uf(sh)	Пески кварцевые буровато-серые, мелкозернистые, известковистые, с щебенкой известняков и песчаников, плотные, с включениями мелких кристаллов пирита	99,0	115,4
15	P ₂ uf(sh)	Алевриты красновато-коричневые, однородные, слюDISTые, известковистые, плотные, влажные	115,4	121,8

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоев, м	
			от	до
16	P _{2uf} (sh)	Пески кварцевые бурые, тонкозернистые, глинистые, слабослюдистые, пиритизированные, плотные, водоносные	121,8	127,5
17	P _{1s}	Гипсы желто-серые кавернозные плотные; каверны иногда заполнены рыхлым глинистым материалом	127,5	130,0

Примечания. 1. Во всех пробуренных скважинах пермские породы имеют аз. пад. 110—113°, $\angle 1-1,5^\circ$.

2. Вертикальным электроразведыванием кровля закарстованных разрушенных известняков и гипсов сакмарского яруса (P_{1s}) установлена на глубине 141,5 м в скв. 3 и 185,8 м в скв. 18.

Таблица 4-3

Данные об уровнях подземных вод и откачках из скважин

№ скважины	Водоносные горизонты	Глубина, м		Результаты пробных откачек		Диаметр скв., мм
		появления воды	установившегося уровня	понижение уровня воды, м	установившийся расход, л/сек	
1	I	8,9	8,5	—	—	
2	I	6,8	6,4	—	—	
	II	45,0	13,6	—	—	
3	I	5,4	5,2	—	—	
	II	25,0	4,8	—	—	
4	I	8,7	8,5	1,2	0,8	165
	II	77,0	18,5	3,0	0,4	101
	III	130,0	16,1	—	—	
5	I	12,4	9,4	1) 0,8 2) 1,4	1) 2,7 2) 3,8	131
6	I	42,5	22,5	—	—	
	II	71,5	54,4	2,5	3,0	101
	I	43,1	9,9	—	—	
	II	81,6	8,2	—	—	
8	I	2,1	1,9	1,0	0,3	200
9	I	3,2	3,0	—	—	
10	I	12,1	2,2	0,4	0,2	131
	II	161,9	—	—	—	
11	I	7,0	6,7	—	—	
	II	106,0	82,5	—	—	
	III	139,0	80,2	—	—	
12	I	14,8	14,5	—	—	
13	I	16,6	16,0	1,5	0,72	200
	II	42,4	17,3	1) 0,8 2) 1,4	1) 0,4 2) 0,6	165
	III	115,8	15,0	—	—	
14	I	7,0	6,5	—	—	
15	I	6,9	3,0	—	—	
16	I	5,2	5,0	1) 1,1 2) 1,8	1) 0,9 2) 1,4	200
	II	47,9	7,2	1) 0,7 2) 1,2	1) 0,2 2) 0,3	131
	III	140,4	8,2	—	—	
17	I	3,9	3,6	—	—	
18	I	7,6	6,6	—	—	
	II	136,0	11,5	—	—	
19	I	11,5	10,5	—	—	
	II	122,0	30,8	—	—	
	III	135,0	24,4	—	—	

№ скважины	Глубина взятия образца, м	Описание пород	Возраст пород	Объемный вес Δ , г/см ³	Удельный вес γ , г/см ³
Скв. 4	40,5	Глина светло-коричневая	P ₂ uf (sh)	2,10	2,77
Скв. 4	51,3	Алевролит коричневый ожелезненный	P ₂ uf (sh)	2,00	2,79
Скв. 4	79,8	Песчаники светло-коричневые, мелкозернистые	P ₂ uf (sh)	2,11	2,81
Скв. 4	87,2	Глина красновато-коричневая	P ₂ uf (sh)	2,04	2,79
Скв. 4	115,7	Заполнитель брекчи—глина светло-серая	P ₂ uf (sh)	2,00	2,78
Скв. 6	30,6	Глина красновато-коричневая	P ₂ kz (blb)	1,99	2,81
Скв. 6	51,7	Песчаник тонкозернистый, железисто-известковый	P ₂ kz (blb)	2,21	2,72
Скв. 6	92,5	Алевролит темно-серый	P ₂ kz ₁	2,12	2,71
Скв. 6	110,7	Глина шоколадного цвета, известковистая	P ₂ uf (sh)	2,03	2,79
Скв. 7	3,5	Глина красно-бурая, песчанистая, известковистая	P ₂ uf (sh)	2,04	2,82
Скв. 7	15,7	Песчаник красно-бурый, мелкозернистый, глинистый	P ₂ uf (sh)	2,26	2,72
Скв. 9	26,9	Глина серовато-бурая, слабоизвестковистая	al Q ₁ ²	1,86	2,66
Скв. 9	36,9	Глина красно-бурая, известковистая	P ₂ uf (sh)	2,01	2,80
Скв. 10	4,5	Суглинок желто-бурый	al Q ₄	—	2,70
Скв. 10	9,1	Суглинок серый	al Q ₄	1,79	2,72
Скв. 10	34,3	Супесь коричневая тонкослоистая	N ₂ kn	1,91	2,72
Скв. 10	62,7	Суглинок серый, тонкослоистый, карбонатный	N ₂ kn	2,01	2,74
Скв. 10	95,6	Глина темно-серая, тонкослоистая	N ₂ kn	1,87	2,76
Скв. 13	28,2	Супесь буровато-серая, известковистая	pgl Q ₂ ¹	—	2,60
Скв. 13	40,4	Супесь темно-серая	al Q ₁ ²	1,82	2,68
Скв. 13	101,6	Глина серая, тонкослоистая	N ₂ kn	1,87	2,72
Скв. 16	28,1	Суглинок темно-серый	N ₂ kn	2,08	2,77
Скв. 16	45,7	Глина серая, плотная	N ₂ kn	1,85	2,76
Скв. 16	72,2	Супесь серая, грубая	N ₂ kn	1,83	2,78
Скв. 19	30,1	Глина шоколадного цвета	P ₂ kz (blb)	2,03	2,80
Скв. 19	69,2	Глина бурая, известковистая	P ₂ kz ₁	1,99	2,81
Скв. 19	96,8	Глина вишнево-красная, известковистая	P ₂ uf (sh)	1,98	2,79

свойства пород

Естественная влажность W , %	Пористость n , %	Пластичность		Сопротивле- ние одноос- ному сжатию R , кг/см ²	Сопротивление сдвигу	
		верхний предел W_f	нижний предел W_p		сцепление c , кг/см ²	угол внутрен- него трения ϕ
23	38,6	43	20	33,5	1,71	37°10'
26,4	28,3	—	—	10,5	1,65	33°08'
20,6	25,0	—	—	19,0	—	—
23,4	41,2	51	24	18,3	0,65	38°15'
28,1	43,8	54	27	14,3	0,50	30°05'
22,4	42,3	54	23	12,0	0,51	30°05'
11,4	27,2	—	—	80,0	—	—
19,2	33,9	—	—	55,6	1,25	21°13'
21,9	40,5	42	21	30,2	1,51	20°20'
27,1	43,2	54	29	26,1	1,05	19°50'
9,7	24,2	—	—	76,1	—	—
39,0	49,6	70	38	—	0,21	13°50'
25,3	43,2	50	25	28,4	1,12	38°50'
40,5	—	61	34	—	0,46	26°07'
40,1	52,94	65	31	—	0,14	7°40'
30,6	46,6	47	22	—	0,85	27°15'
25,5	49,3	58	31	—	0,72	22°19'
35,4	50,0	69	35	4,3	0,53	3°33'
45,5	—	46	27	—	0,11	22°12'
40,2	51,9	65	36	—	0,20	21°30'
33,4	48,5	68	34	3,2	0,35	9°56'
22,9	38,9	59	26	4,1	0,97	8°33'
38,2	51,4	71	35	5,5	0,79	5°50'
29,3	53,2	52	31	—	0,66	5°03'
22,9	41,7	48	27	7,0	0,33	19°50'
22,4	42,3	54	23	12,0	0,51	17°45'
24,1	46,5	48	20	34,7	1,55	24°30'

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ И СОСТАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКЛЮЧЕНИЯ ПО УЧАСТКУ ПЛОТИНЫ И ЗДАНИЯ ГЭС¹

При предварительных инженерно-геологических исследованиях был разбурен створ с целью выбора местоположения земляной плотины с напором 50 м, здания ГЭС и бетонной плотины на левом берегу реки (рис. 4-3). Результаты предварительных исследований приведены в табл. 4-5, 4-6, 4-7 и 4-8.

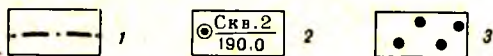
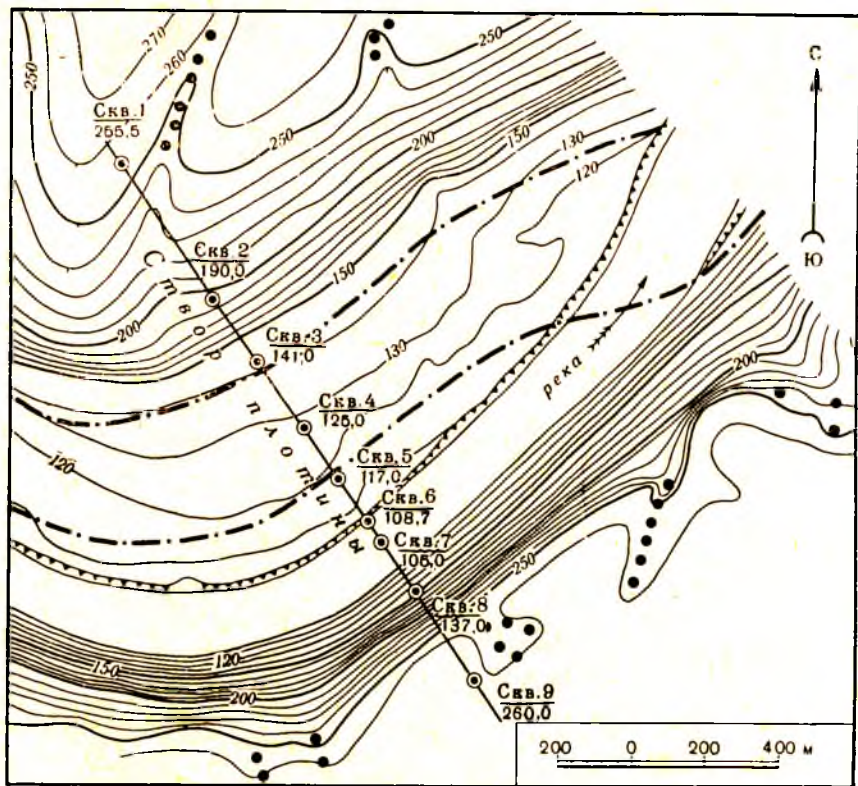


Рис. 4-3. План участка створа плотины:

1 — граница неогеновой погребенной долины; 2 — скважины и их номера, в знаменателе — отметка устья; 3 — карстовые воронки

На основании данных предварительной разведки и опытных работ требуется:

1) построить инженерно-геологический разрез по створу плотины в масштабах: горизонтальный 1:2000, вертикальный 1:500, используя данные табл. 4-5 и 4-6; на разрез нанести геологические индексы, данные о литологическом составе пород, водоносности, уровни подземных вод и отобразить в виде эпюр и цифр результаты опытных работ;

2) рассчитать по данным опытных откачек из скважин коэффициент фильтрации обводненных толщ (табл. 4-7);

¹ Составлена Г. С. Золотаревым.

Описание разрезов буровых скважин

№ скважины	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		Глубина, м	
			от	до	появления воды	установившегося уровня
Скважина № 1. Отм. устья — 255,5 м						
1	pd Q ₄	Почва влажная	0,0	0,30	—	—
2	d Q ₂	Суглинки желто-бурые, пылеватые, слабоблажные	0,30	1,40	—	—
3	el Q	Щебенка известняков мелкая, слабая, с глинистым влажным заполнителем . .	1,40	2,30	2,10	2,05
4	P _{1a}	Известняки беловато-серые, твердые, трещиноватые, с редкими кавернами и пустотами; на глубинах 40,5—45,0 и 80,0—86,0 м прослой красных мергелей	2,30	95,60	86,8	58,5
Скважина № 2. Отм. устья — 190,0 м						
1	d Q ₃	Суглинки бурые, с редкой щебенкой, с глубины 2,10 м сильновлажные . . .	0,0	2,80	2,40	2,10
2	P ₁ a	Известняки серые, твердые кавернозные, трещиноватые, на разных глубинах прослой мергелей пестрой окраски. На глубинах 60, 70, 80 и 90 м повышенная трещиноватость, карстовые пустоты (наблюдались провалы инструмента) .	2,80	123,0	82,3	70,5
Скважина № 3. Отм. устья — 141,0 м						
1	d Q ₃	Суглинки и супеси бурые, средней плотности, с редкой щебенкой известняка, влажные, с глубины 16,0 м водоносные	0,0	18,50	—	—
2	N ₂	Пески желтые, мелкозернистые, глинистые, с прослойками коричневых глин, водоносные	18,50	35,0	18,50	16,0
3	P ₁ a	Известняки беловато-серые, твердые, трещиноватые, кавернозные, с карстовыми пустотами	35,0	90,0	—	—
Скважина № 4. Отм. устья — 125,0 м						
1	d Q ₃	Суглинки бурые, пылеватые, слабоблажные	0,0	3,60	—	—
2	al Q ₂	Пески кварцевые, желто-серые, мелкозернистые, влажные, с глубины 9,40 м водоносные	3,60	12,50	9,90	9,40
3	N ₂	Пески желто-коричневые, мелкозернистые, глинистые, с тонкими прослойками коричневых глин, водоносные . . .	12,5	34,6	—	—
4	N ₂	Пески серые и зеленовато-серые, мелкозернистые, глинистые, водоносные . .	34,60	52,00	—	—
5	N ₂	Пески серые, крупнозернистые, с гравием, водоносные	52,0	55,00	—	—
6	N ₂	Глины зеленовато-серые, пластичные, влажные, с тонкими пропластками песков	55,0	74,0	—	—
7	N ₂	Пески и галечники водоносные	74,0	85,0	74,0	3,50
Скважина № 5. Отм. устья — 117,0 м						
1	al Q ₃	Пески желтые и желто-серые, мелко- и среднезернистые, влажные, с глубины 2,30 м водоносные	0,0	9,50	2,50	2,30

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		Глубина, м	
			от	до	поверхности воды	установившегося уровня
2	P ₁ a	Известняки беловато-серые, твердые, трещиноватые, закарстованные, водоносные	9,50	38,0	—	—
		<i>Скважина № 6. Отм. устья — 108,7 м</i>				
1	al Q ₄	Пески желтые, мелко- и среднезернистые, водоносные	0,0	5,80	1,10	1,10
2	P ₁ a	Известняки белые с прослоями мергелей, твердые, кавернозные, трещиноватые, обводнены по трещинам	5,80	37,0	—	—
		<i>Скважина № 6а. Отм. устья — 109,2 м (в 2 м от скв. 6)</i>				
1	al Q ₄	Пески желтые, мелко- и среднезернистые, водоносные	0,0	8,0	1,40	1,40
2	P ₁ a	Известняки белые, твердые, кавернозные, трещиноватые, с прослоями мергелей, водоносные. На контакте с вышележащей аллювиальной толщей известняки выветрелые, трещины заполнены глинистым материалом. Мощность измененной закольматированной зоны около 6 м	8,0	30,0	14,0	3,5
		<i>Скважина № 6б. (в 6 м от скв. 6). Отм. устья — 110,0 м</i>				
1	al Q ₄	Пески желтые, мелкозернистые, водоносные	0,0	8,0	1,8	1,8
2	P ₁ a	Известняки серовато-белые с прослоями мергелей, сильно выветрелые, разбиты многочисленными трещинами, закольматированными глинистым заполнителем	8,0	9,0	—	—
		<i>Скважина № 7. Отм. устья — 105,0 м (заложена в русле реки)</i>				
1	al Q ₄	Пески желто-серые, среднезернистые, водоносные	0,0	5,0		
2	P ₁ a	Известняки, аналогичные сл. 2 скв. 6	5,0	40,0	—	—
		<i>Скважина № 8. Отм. устья — 137,0 м</i>				
1	d Q ₄	Суглинки бурые, с щебенкой известняка, влажные	0,0	7,20		
2	el Q	Щебенка известняков, мелкая, с глинистым влажным заполнителем	7,20	8,10	8,40	7,00
3	P ₁ a	Известняки беловато-серые, трещиноватые, твердые, с кавернами	8,10	102,0	22,8	10,30
		<i>Скважина № 9. Отм. устья — 260,0 м</i>				
1	Pd Q ₄	Почва	0,05	0,35	—	—
2	el Q	Щебенка известняков с глинистым заполнителем	0,35	1,40	1,20	1,15
3	P ₁ a	Известняки беловато-серые, твердые, трещиноватые, с прослоями пестроцветных мергелей на глубинах 74,5—79,0 и 113,8—119,5 м	1,40	148,0	120,0	85,0

Топографические данные для построения разреза

№ точки	Расстояние от начала створа, м	Отметки поверхности земли, м
Тк. 1	0	275,0
Тк. 2	200	256,0
Скв. 1	240	255,5
Тк. 4	270	253,0
Тк. 5	400	245,0
Тк. 6	440	244,0
Тк. 7	500	230,0
Скв. 2	680	190,0
Тк. 9	800	160,0
Тк. 10	840	145,0
Скв. 3	890	141,0
Тк. 12	1000	130,0
Скв. 4	1120	125,0
Тк. 14	1240	121,0
Тк. 15	1260	118,0
Скв. 5	1280	117,0
Тк. 17	1340	110,0
Скв. 6 (у уреза реки)	1420	108,7
Скв. 7 (дно реки)	1490	105,0
Тк. 20 (урез реки)	1576	108,7
Скв. 8	1640	137,0
Тк. 22	1720	184,0
Тк. 23	1770	187,5
Тк. 24	1820	255,0
Скв. 9	1940	260,0

3) рассчитать удельное водопоглощение известняков (табл. 4-8) и дать рекомендации о противофильтрационных мероприятиях;

4) дать краткое описание инженерно-геологических условий участка створа плотины, обратив внимание на обоснование выбора несущего слоя, изменение гидрогеологических условий после подпора, фильтрацию воды под основание и в обход плеч плотины, устойчивость склонов долины на участке примыканий и обеспеченность строительными материалами;

5) на основе обработки материалов предварительных исследований сформулировать основные задачи дальнейших инженерно-геологических работ с указанием видов и примерного их объема.

Таблица 4-7

Данные опытной откачки из скважины № 4

№ скважины	Отметки уровня воды до откачки, м	Номер понижения	Понижения, м	Установившийся расход, л/сек	Примечание
4	115,60	I	1,0	0,30	Оборудована фильтром диаметром 130 мм на всю вскрытую мощность водоносного горизонта. Глубина скв. 4—32 м, диаметр 165 мм, наблюдательных—28 м; расстояние от центральной скважины—3 и 6 м
		II	1,8	0,50	
1-II	115,65	I	0,40	—	
		II	0,75	—	
2-II	115,70	I	0,28	—	
		II	0,40	—	

Кроме откачки из скв. № 4 для наблюдения за гидравлической связью вод в двух толщах — в артинских известняках и аллювиальных песках — была произведена пробная откачка воды из скв. 6. При этом в центральной скважине (№ 6), диаметр 165 мм и в скважине № 6а была произведена изоляция аллювиального водоносного горизонта. Наблюдения за поведением уровня в аллювиальных отложениях проводились в скважине № 6б, а в артинских известняках — в скважине № 6а. В скважине № 6 при понижении уровня воды на 2,0 м был получен установившийся расход 3,0 л/сек, в то же время в скважине № 6а уровень воды снизился на 1 м, а в скважине № 6б он оставался без изменения.

В скважине № 8 (диаметр 116 мм) были произведены опытные нагнетания, показавшие следующие результаты (табл. № 4-8).

Таблица 4-8

Данные нагнетаний в скважину № 8

№ зоны	Глубина зоны от устья скважины, м	Давление на манометре, атм	Установившийся расход, л/мин	Превышение шейки манометра над устьем скважины, м
1	10,0—15,0	1,0	18,1	1,30
		3,0	42,4	—
2	15,0—20,0	1,0	12,1	1,40
		3,0	29,5	—
3	20,5—25,5	1,0	26,5	1,20
		3,0	62,6	—
4	25,4—30,4	1,0	6,8	—
		3,0	15,5	1,50
5	30,0—35,0	1,0	14,5	1,50
		2,5	36,0	—
6	36,0—41,0	1,0	9,2	1,70
		3,0	25,0	—
7	41,5—46,5	1,0	5,3	1,40
		3,0	14,5	—
8	47,0—52,0	1,0	2,8	1,30
		3,0	8,1	—
9	52,0—57,0	1,0	2,4	1,50
		3,0	6,9	—

ЗАДАЧА № 16

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ И СОСТАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКЛЮЧЕНИЯ ОБ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЛОТИНЫ НА ПРИТОКЕ р. МОСКВЫ¹

В долине притока р. Москвы пробурено пять скважин для выяснения инженерно-геологических условий створа земляной плотины с напором 15 м и бетонным водосбросом (рис. 4-4). Предварительными исследованиями получены данные: для построения топографического

¹ Составлена Г. С. Золотаревым.

профиля (табл. 4-9) и геологического разреза (табл. 4-10) по створу, о водоносных горизонтах (табл. 4-11), об откачках и нагнетаниях воды в скважинах (табл. 4-12 и 4-13).

По результатам разведочного бурения и опытных работ требуется:

1) построить инженерно-геологический разрез через долину реки в масштабах: горизонтальный 1 : 2000, вертикальный 1 : 200, на котором показать уровни подземных вод, влажность пород и результаты опытных откачек и нагнетаний;

2) рассчитать коэффициент фильтрации аллювиальных песков по данным опытной откачки с учетом особенностей несовершенной скважины;

3) оценить гидрогеологическую обстановку в районе створа плотины и ее изменение после постройки плотины;

4) охарактеризовать инженерно-геологические условия строительства плотины и подсчитать возможные фильтрационные расходы под плотиной при условии проницаемого основания;

5) наметить объем и характер инженерно-геологических работ на стадии технического проекта; расположение выработок показать на схеме, приложенной к заданию.

В основании правого и левого склонов долины имеются небольшие источники.

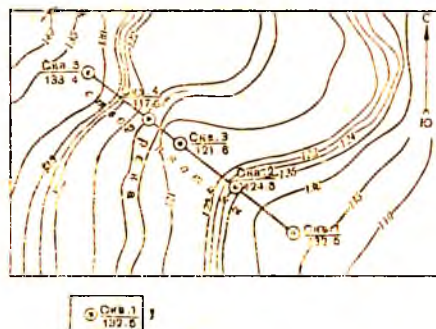


Рис. 4-4. План участка створа плотины: 1 — скважины и их номера, в знаменателе — отметка устья

Таблица 4-9

Данные для построения инженерно-геологического разреза

№ точки, скважины	Расстояние от начала створа, м	Отметки поверхности земли, м	Геоморфологическая характеристика
Скв. 1	0	132,5	Пологий склон левого берега притока р. Москвы, перекрытый мощным делювием
Тк. 2	170	130,9	
Тк. 3	220	125,5	
Скв. 2	270	124,5	Ровная поверхность I надпойменной террасы Пойма Урез реки Дно реки Урез реки Пойма
Тк. 5	320	122,6	
Скв. 3	520	122,3	
Тк. 7	585	121,0	
Тк. 8	610	120,0	
Скв. 4	660	117,5	
Тк. 10	665	120,0	
Тк. 11	695	122,0	
Тк. 12	770	123,0	Правый склон долины, прикрытый делювием
Скв. 5	920	133,4	

Описание разрезов буровых скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скважина № 1. Отм. устья — 132,5 м				
1	dQ ₄	Суглинки желто-бурые, с известковистыми палетами, пылеватые, влажные, с глубины 2,2 м водонасыщенные	0	5,0
2	glQ ₂	Суглинки красно-бурые, грубозернистые, с галькой кристаллических пород, плотные, влажные	5,0	15,5
3	fglQ ₂	Пески зеленовато-серые, мелкозернистые, с редкой галькой, глинистые, плавунные	15,5	20,0
4	I ₃	Глины черные, слюнистые, плотные, с фауной, влажные	20,0	26,5
5	C ₃	Известняки серые, трещиноватые	26,5	30,0
Скважина № 2. Отм. устья — 124,5 м				
1	dpQ ₄	Суглинки желто-бурые, пылеватые, с включением известковистых журавчиков (в смещенном залегании)	0,0	2,7
2	glQ ₂	Суглинки красно-бурые, грубые, плотные, с валунами кристаллических пород	2,7	10,2
3	fglQ ₂	Пески серые, мелко- и среднезернистые, с галькой, глинистые, водоносные	10,2	12,9
4	I ₃	Глины черные, плотные, слюнистые, с остатками фауны, слабовлажные	12,9	18,5
5	C ₃	Известняки серые, трещиноватые, крепкие	18,5	35,0
Скважина № 3. Отм. устья — 122,3 м				
1	alQ ₃	Пески серые, мелкозернистые, с галькой, водоносные	0,0	7,5
2	alQ ₃	Пески желтые, крупнозернистые, с галькой и гравием, водоносные	7,5	14,6
3	C ₃	Известняки трещиноватые, водоносные	14,6	21,0
Скважина № 4. Отм. устья — 117,5 м				
1	alQ ₄	Пески серо-желтые, мелко- и среднезернистые, с галькой, водоносные	0,0	6,0
2	alQ ₄	Пески желтые, крупнозернистые, с гравием и галькой, водоносные	6,0	8,5
3	J ₃	Глины черные, плотные, с фауной, влажные	8,5	10,0
4	C ₃	Известняки серые, трещиноватые, водоносные	10,0	11,5
Скважина № 5. Отм. устья — 133,4 м				
1	dQ ₄	Суглинки желто-бурые, пылеватые, известковистые, макропористые, влажные, с глубины 1,60 м водонасыщены	0,0	4,0
2	glQ ₂	Суглинки красно-бурые, с валунами и галькой кристаллических пород, влажные	4,0	12,0
3	fglQ ₂	Пески зеленовато-серые, мелкозернистые, глинистые, с редким гравием кристаллических пород, водоносные	12,0	16,5
4	J ₃	Глины черные, плотные, слюнистые, с остатками фауны, слабовлажные	16,5	22,0
5	C ₃	Известняки серые, сильнотрещиноватые, закарстованные, обводненные	22,0	29,0

Таблица 4-11

Сведения о подземных водах

Глубина от устья скважины, м	Водоносные горизонты	Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3	Скв. 4	Скв. 5
Появление воды	I	2,2	1,9	0,75	0,0	1,6
	II	15,5	10,2	—	—	12,0
	III	26,5	18,5	—	10,0	22,6
Установившийся уровень	I	2,0	1,3	0,70	0,0	1,4
	II	9,0	4,2	—	—	10,6
	III	10,8	3,5	—	8,0	+3,6

Примечание. Знак (+) означает превышение уровня воды над устьем скважины.

Данные опытных откачек и нагнетаний

У скважины № 3, на левом берегу, заложен опытный куст, состоящий из центральной скважины 3 (диаметр 165 мм) и двух наблюдательных (3а и 3б), расположенных юго-восточнее на расстоянии 2,5 и 8,0 м от центральной. При длительной откачке до постоянного расхода и уровней во всех скважинах получены следующие данные.

Таблица 4-12

Данные опытных откачек

	Скв. 3	Скв. 3а	Скв. 3б	Установившийся расход в центральной скважине, л/сек
I понижение, м . . .	1,00	0,45	0,20	1,10
II понижение, м . . .	2,50	1,05	0,40	1,85
Абс. отм. уровня воды до откачки . . .	120,85	120,90	120,95	—

Опытная откачка из скважины № 3 проводилась при глубине скважины 12,5 м; скважины № 3, 3а и 3б оборудовались фильтрами на всю вскрытую мощность водоносного горизонта.

Верхнекаменноугольные известняки, вскрытые скважиной № 2, были опробованы опытными нагнетаниями (табл. 4-13).

Таблица 4-13

Данные опытных нагнетаний

Глубина интервала, м	Установившийся расход, л/мин	Давление на манометре, атм	Превышение манометра над устьем скважины, м
20,0—25,0	31,2	1,0	1,40
	58,3	2,0	»
24,5—29,5	18,8	1,0	1,30
	32,4	2,0	»
29,0—34,0	5,3	1,0	1,45
	9,2	2,0	»

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ И СОСТАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКЛЮЧЕНИЯ ПО СТВОРУ ПЛОТИНЫ¹

При инженерно-геологических исследованиях в долине р. Енисея по створу плотины были пробурены 13 скважин. Проектируется высокая бетонная плотина, совмещенная с водосбросом и зданием ГЭС, шлюзовые устройства на левом берегу и земляная плотина на правом (рис. 4-5). При создании водохранилища подпор в р. Енисее достигнет отметки 130 м. Результаты топографических, буровых и опытных работ приводятся в табл. 4-14, 4-15 и 4-16.

На основании проведенных предварительных геологических исследований требуется:

1) составить инженерно-геологический разрез по створу плотины в масштабе: горизонтальный 1 : 10 000, вертикальный 1 : 500, на разрезе показать литологию пород, зоны тектонических нарушений, выветренность пород, данные опытно-фильтрационных работ и выход керна в процентах;

Таблица 4-14

Топографические данные для построения инженерно-геологического разреза

№ точки, скважины	Расстояние от начала створа, м	Отметки поверхности земли, м
Тк. 1	0	145,1
Скв. 2	410	129,5
Тк. 3	680	128,9
Тк. 4	700	121,8
Скв. 5	1130	107,5
Скв. 6	1335	102,4
Тк. 6а	1660	108,2
Скв. 7	1800	117,0
Скв. 8	2470	119,2
Скв. 9	3090	110,7
Скв. 10	3280	110,0
Тк. 11	3440	115,9
Тк. 12. Урез реки	3510	74,0
Скв. 13. Дно реки	3560	71,2
Скв. 14. Эрозионный останец	4330	75,5
Скв. 15	4340	74,5
Тк. 15а. Урез реки	4840	74,0
Скв. 16	4980	96,7
Скв. 18	5080	106,8
Скв. 19	5490	109,1
Тк. 20	5930	116,2
Тк. 21	6300	118,0
	6350	128,0
Скв. 20	6420	129,3
Тк. 23	6700	150,1

¹ Составлена А. В. Минервинным.

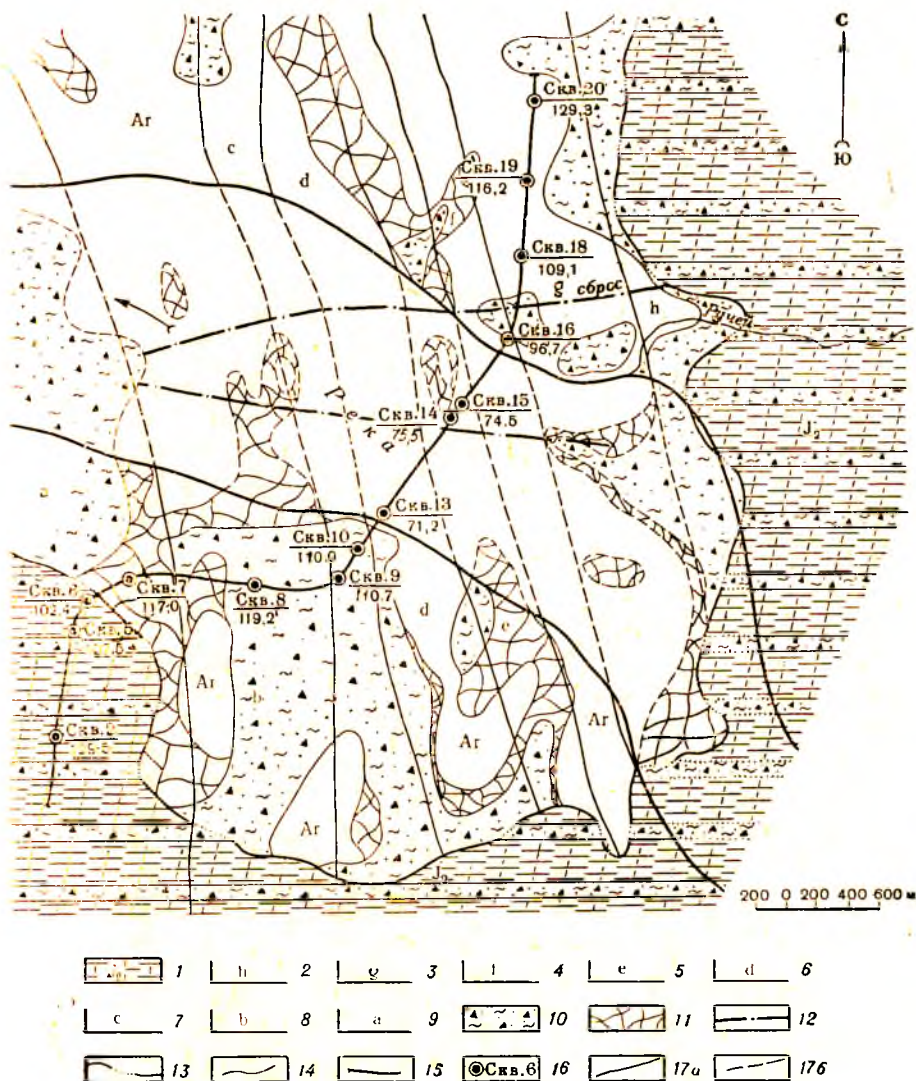


Рис. 4-5. Схематическая геологическая карта участка плотины:
 1 — среднюрские алевриты и аргиллиты с прослоями бурого угля (J₂); архей (Ar): 2 — пачка h — гнейсы биотитовые, мелкокристаллические; 3 — пачка g — гнейсы средне- и крупнокристаллические, порфириовидные; 4 — пачка f — гнейсы мелко- и среднекристаллические, массивные; 5 — пачка e — гнейсы биотитовые, мелко- и среднекристаллические; 6 — пачка d — гнейсы мусковито-биотитовые, крупно- и среднекристаллические, порфириовидные, полосчатые; 7 — пачка c — гнейсы биотитовые и роговообманковые, мелкокристаллические, чередующиеся с гнейсами роговообманково-биотитовыми, мелкозернистыми, окварцованными; 8 — пачка b — гнейсы роговообманково-биотитовые; 9 — пачка a — гнейсы мусковито-биотитовые, мелко- и среднекристаллические, полосчатые; 10 — архейские породы выветрелые до состояния глыб, щебня, дресвы и глинистого материала; 11 — сильноотрециноватые породы; 12 — сбросы, почти вертикальные, с зоной дробления до 10 м; 13 — граница распространения юрских отложений; 14 — граница пород разной степени сохранности; 15 — линия створа плотины; 16 — скважины, их номера; 17 — границы между пачками архейских пород: а — достоверные, б — предполагаемые.

Примечание. Четвертичные отложения на карте не показаны.

2) раскрыть схематическую геологическую карту (рис. 4-5), показав участки с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями;

3) составить краткое заключение об инженерно-геологических условиях участка створа плотины, в котором отметить:

а) породы наиболее надежные как основание бетонной и земляной плотин и других сооружений гидроузла;

б) возможные неблагоприятные явления в основании и примыканиях плотины, возникающие в результате изменения гидрогеологических условий, воздействия фильтрационного потока в трещинах и давления от веса сооружений;

в) величины съема выветрелых пород в основании и примыканиях плотины, а также меры по укреплению пород основания и борьбе с фильтрацией;

4) сформулировать задачи инженерно-геологических исследований на стадии технического проекта гидроузла и определить ориентировочно виды и объемы работ.

При разбуривании скважин по створу плотины в нескольких из них были проведены поинтервальные опытные откачки и нагнетания для характеристики трещиноватости, обводненности и водопроницаемости пород. Результаты исследований сведены в табл. 4-15.

Таблица 4-15

№ скважины	Глубина зон опробования, м	Удельное водопоглощение по нагнетаниям, л/мин	Удельные расходы по откачкам, л/мин
Скв. 2	5,0—10,0	—	0,2
	15,0—25,0	—	9,5
	40,0—45,0	0,03	—
Скв. 5	23,0—28,0	10,00	—
Скв. 7	25,0—30,0	0,03	—
	40,0—45,0	0,01	—
Скв. 8	6,0—11,0	—	3,5
	12,0—17,0	—	0,1
	35,0—40,0	0,1	—
	70,0—75,0	0,6	—
Скв. 9	25,0—30,0	0,5	—
	40,0—45,0	0,4	—
	52,0—57,0	0,2	—
Скв. 14	22,0—27,0	2,1	—
	35,0—40,0	1,0	—
	50,0—55,0	0,2	—
Скв. 18	11,0—16,0	8,6	—
	18,0—23,0	0,6	—
Скв. 19	12,0—17,0	—	5,2
	20,0—25,0	9,5	—
	25,0—30,0	0,15	—

Описание разрезов буровых скважин

№ скважины	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		Водоносные горизонты	
			от	до	появление воды, м	установившийся уровень, м
<i>Скважина № 2. Отм. устья — 129,5 м</i>						
1	dQ ₃	Суглинки легкие, пылеватые, карбонатные, влажные, пластичные	0,0	11,5	—	—
2	alQ ₂	Пески разнородные, кварц-полевошпатовые, неоднородные, с обильной галькой и гравием	11,5	24,8	13,6	13,0
3	J ₂	Аргиллиты желтовато-серые, тонкогоризонтальнослоистые, с тонкими прослойками бурого угля, плотные, увлажненные	24,8	48,1	—	—
4	J ₂	Алевриты и глины темно-серые, слоистые, песчаные, уплотненные, влажные	40,1	70,8	56,3	53,0
На глубине 56,3 м — прослой водоносного песка мощностью 1,8 м						
<i>Скважина № 5. Отм. устья — 107,5 м</i>						
1	alQ ₃	Пески кварцевые серые, крупнозернистые, хорошо отсортированные, водоносные	0,0	5,1	2,4	2,4
2	alQ ₃	Глины темно-серые, гумусированные, слоистые, влажные, пластичные	5,1	12,3	—	—
3	alQ ₃	Пески полимиктовые, гравелистые, неоднородные, водоносные	12,3	19,0	16,5	11,3
4	J ₂	Алевриты серые, слоистые, с тонкими пропластками бурого угля, влажные, плотные, слаботрещиноватые	19,0	51,3	—	—
5	elMz	Щебень и дресва метаморфических пород с супесчаным влажным заполнителем; выход зерна 25%	51,3	76,1	—	—
6	elMz	Гнейсы розово-серые, слюдяные, с прослойками кварцитов, интенсивно разбиты трещинами выветривания, разборные; выход зерна 50%	76,1	87,1	80,4	80,3
7	A	Гнейсы розовые и желтовато-серые, полосчатые, слюдяные, мелко- и среднекристаллические, твердые; аз. падения 80°, $\angle 35-50^\circ$	87,1	100,0	—	—
<i>Скважина № 6. Отм. устья — 102,4 м</i>						
1	alQ ₃	Пески светло-серые, мелкозернистые, водоносные	0,0	2,1	1,5	1,5
2	alQ ₃	Глины серые, с растительными остатками, слоистые, влажные, пластичные	2,1	8,5	—	—
3	alQ ₃	Пески полимиктовые грубозернистые с галькой и гравием, водоносные	8,5	16,8	8,3	2,0
4	J ₂	Аргиллиты темно-серые, слоистые, трещиноватые, водонасыщенные	16,8	28,5	—	—
5	el ₂ Mz	Обломки, дресва и щебень гнейсов и кварцитов с супесью влажной пластичной	28,5	40,2	—	—
6	el ₁ Mz	Гнейсы и окварцованные породы интенсивно трещиноватые и выветрелые; трещины бессистемные; выход зерна 48%	40,2	52,0	—	—

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		Водоносные горизонты	
			от	до	появление воды, м	установившийся уровень, м
7	A	Гнейсы двуслюдяные желто-серые, крупнокристаллические, участками окварцованные, с редкими тонкими трещинами; аз. пад. 80°, $\angle 35-38^\circ$; выход керна 88%	52,0	64,0		
		<i>Скважина № 7. Отм. устья — 117,0 м</i>				
1	alQ ₂	Пески среднезернистые, кварц-полевошпатовые, неоднородные, с галькой и гравием, водоносные	0,0	8,3	6,0	6,0
2	el ₁ Kz	Гнейсы розовые, кристаллические, сильно трещиноватые и выветрелые; выход керна 50%	8,3	40,6	—	—
3	A	Гнейсы розовато-серые, слюдястые, среднекристаллические, с прослоями кварцитов, твердые; выход керна 92%; аз. пад. 80°, $\angle 48^\circ$	40,6	52,0	—	—
		<i>Скважина № 8. Отм. устья — 119,2 м</i>				
1	alQ ₂	Супеси тяжелые голубовато-серые, неслоистые, влажные, пластичные	0,0	4,6	—	—
2	alQ ₂	Пески кварцевые желтовато-серые, среднезернистые, однородные, неяснослоистые, водоносные	4,6	11,5	5,0	5,0
3	alQ ₂	Суглинки желтые, неоднородные, влажные, пластичные	11,5	17,2	—	—
4	el ₁ Kz	Гнейсы роговообманковые с прослоями амфиболитов, сильнотрещиноватые; выход керна 42%	17,2	25,2	—	—
5	A	Гнейсы роговообманковые и биотитовые темно-серые, окварцованные; аз. пад. 82°, $\angle 42-45^\circ$; выход керна 87%	25,2	118,6	—	—
		<i>Скважина № 9. Отм. устья — 110,7 м</i>				
		Скважина пробурена наклонно, в направлении на ЮЗ (250°), под углом 70°				
1	alQ ₃	Суглинки легкие, серые, пылеватые, карбонатные, водонасыщенные	0,0	6,4	3,5	3,5
2	alQ ₃	Пески кварцевые среднезернистые, хорошо отсортированные, водоносные	6,4	23,0	—	—
3	el ₂ Kz	Щебенка, дресва и отдельные глыбы гнейсов с супесчаным заполнителем, влажные	23,0	39,2	—	—
4	el ₁ Kz	Гнейсы и амфиболиты роговообманковые и биотитовые, сильнотрещиноватые, выветрелые; аз. пад. 85°, $\angle 43^\circ$; выход керна 36%	39,2	46,4	—	—
5	A	Переслаивание роговообманковых и биотитовых гнейсов, сильно окварцованных, с амфиболитами. Породы монолитные, твердые; аз. пад. 82°, $\angle 43^\circ$; выход керна 93%	46,4	75,0	—	—

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		Водоносные горизонты	
			от	до	появляе- ние во- ды, м	устано- вившийся уровень, м
		<i>Скважина № 10. Отм. устья — 110,0 м</i> Скважина пробурена наклонно, в направлении ЮЗ (220°), под углом 80°				
1	alQ ₃	Супеси тяжелые серые, с прослойками грубозернистых песков, влажные . . .	0,0	6,2	3,0	2,9
2	alQ ₃	Пески кварц-полевошпатовые, мелкозер- нистые, однородные, с редкой галькой, водоносные	6,2	9,8	—	—
3	el ₂ Kz	Метаморфические породы, выветрелые до состояния глыб, щебенки, дресвы и су- песи, водонасыщенные; выход керна 12%	9,8	27,5	—	—
4	el ₁ Kz	Гнейсы биотитовые, роговообманково- биотитовые, темно-серые, интенсивно трещиноватые и выветрелые; выход керна 39%	27,5	46,0	—	—
5	A	Частое переслаивание метаморфических пород: амфиболитов, окварцованных гнейсов, биотитовых и двуслюдяных гнейсов. Породы крепкие, слаботрещи- новатые; аз. пад. 83°, $\angle 75^\circ$, выход керна 88%	46,0	123,4	—	—
6	A	Зона сильно перетертых, брекчированных пород (разлом). Простираение разлома 358°, падение на СВ под углом 51°	123,4	125,0	—	—
7	A	Гнейсы роговообманково-биотитовые с прослойками окварцованных амфиболи- тов, твердые, монолитные	125,0	139,8	—	—
		<i>Скважина № 13. Отм. устья — 71,2 м</i> Скважина пробурена наклонно в направлении ЮЗ (215°), под углом 75°				
1	alQ ₄	Пески грубозернистые, полимиктовые, с большим количеством гальки и щебня, водоносные	0,0	3,0		
2	A	Гнейсы двуслюдяные серые, крупно- и среднекристаллические, твердые, нетре- щиноватые; аз. пад. 80°, $\angle 73^\circ$; выход керна 94%	3,0	79,4	—	—
3	A	Частое переслаивание темно-серых био- титовых и роговообманково-биотито- вых гнейсов, окварцованных гнейсов и амфиболитов, твердых; аз. пад. 83°, $\angle 75^\circ$; выход керна 90%	79,4	92,1	—	—
		<i>Скважина № 14. Отм. устья — 75,5 м</i> Скважина пробурена наклонно в направлении ЮЗ (216°), под углом 65°				
1	A	Гнейсы темно-серые и серые, мелко- и среднекристаллические, иногда порфи- ровидные, твердые, монолитные; аз. пад. 83°, $\angle 78^\circ$; выход керна 80%	0,0	19,6	—	—
2		Разлом — простираение СЗ 280°, падение на ЮЗ под углом 75°; керн не поднят	19,6	20,9	—	—

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		Водоносные горизонты	
			от	до	появление воды, м	установившийся уровень, м
3	A	Гнейсы темно-серые, мелко- и среднекристаллические, монолитные, твердые, с тонкими трещинами; выход керна 93%	20,9	73,5	—	—
4	A	Гнейсы двуслюдяные серые и розоватые, крупно- и среднекристаллические, крепкие; аз. пад. 85°, $\angle 75-80^\circ$; выход керна 95%	73,5	82,9	—	—
		Скважина № 15. Отм. устья — 74,5 м				
		Скважина пробурена наклонно в направлении СВ (35°), под углом 50°				
1	A	Гнейсы порфировидные темно-серые, мелкокристаллические, монолитные с редкими трещинами; аз. пад. 82°, $\angle 78^\circ$; выход керна 85%	0,0	26,4	—	—
2	A	Гнейсы желтовато-серые, мелко- и среднекристаллические, с прослоями тонкоплитчатых биотитовых сланцев; породы неоднородны по прочности; аз. пад. 83°; выход керна 88%	26,4	90,0	—	—
3	A	Гнейсы розово-серые и серые, средне- и крупнокристаллические, полосчатые, иногда порфировидные, крепкие; выход керна 96%	90,0	120,6	—	—
4		Зона тектонического нарушения — брекчированные метаморфические породы. Простираание разлома СВ 85°, падение на С под углом 80°, выход керна — 50%	120,6	121,4	—	—
		Скважина № 16. Отм. устья — 96,7 м				
		Скважина пробурена наклонно на СВ (37°), под углом 65°				
1	dQ ₃₋₄	Пески серые, разнозернистые с щебнем, увлажненные	0,0	2,7	—	—
2	dQ ₃₋₄	Супесь щебнистая влажная	2,7	5,1	—	—
3	el ₂ Kz	Гнейсы биотитовые среднекристаллические, массивные, выветрелые, сильно трещиноватые; выход керна 82%	5,1	13,4	—	—
4	el ₁ Kz	Гнейсы серые, полосчатые, иногда порфировидные, разбортные, водонасыщенные	13,4	33,0	13,9	12,5
5	A	Гнейсы розовато-серые, средне- и крупнокристаллические и порфировидные. Простираание 345°, аз. пад. 45°, $\angle 83^\circ$; выход керна 82%	33,0	47,9	—	—
6	A	Брекчированные интенсивно выветрелые гнейсы, рыхлые, слабовлажные (разлом); падение на СЗ 355° под углом 80°; керн не поднят	47,9	48,6	—	—
7	A	Гнейсы серые, среднекристаллические, полосчатые	48,6	64,0	—	—
		Скважина № 18. Отм. устья — 109,1 м				
1	alQ ₃	Супеси тяжелые желтовато-серые, слоистые, влажные, пластичные	0,0	3,1	—	—
2	alQ ₃	Пески желтые, мелкозернистые, кварцполевошпатовые, однородные, водоносные	3,1	10,0	8,5	8,3

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		Водоносные горизонты	
			от	до	появление воды, м	установившийся уровень, м
3	A	Гнейсы биотитовые темно-серые, мелкокристаллические, окварцованные, с пегматитовыми и кварцевыми жилами. Простираение 347°, аз. пад. 45°, $\angle 32^\circ$, выход керна 83%	10,0	31,4	—	—
		Скважина № 19. Отм. устья — 116,2 м				
1	alQ ₃	Суглинки серовато-желтые с тонкими прослоями пылеватых песков, влажные, пластичные	0,0	11,9	—	—
2	alQ ₃	Пески кварцевые крупнозернистые, однородные, с редкими гальками метаморфических пород, водоносные	11,9	17,3	12,6	11,6
3	A	Гнейсы светло-серые полосчатые, крупнокристаллические, твердые; аз. пад. 78°, $\angle 82^\circ$; выход керна 91%	17,3	44,0	—	—
		Скважина № 20. Отм. устья — 129,3 м				
1	alQ ₂	Пески среднезернистые и крупнозернистые кварц-полевошпатовые, отсортированные, влажные	0,0	13,1	—	—
2	alQ ₂	Галька кварца и метаморфических пород, окатанная, с гравийно-песчаным заполнителем, водоносная	13,1	21,4	15,3	15,3

ЗАДАЧА № 18

**ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ИЗЫСКАНИЙ В РАЙОНЕ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ПЛОТИНЫ
НА р. ЕНИСЕЕ И СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ О ВЫБОРЕ СТВОРА¹**

Инженерно-геологические исследования, проведенные на начальной стадии проектирования гидроузла на р. Енисее в Западном Саяне, выявили два участка, где можно возвести бетонную гравитационную плотину с напором 200 м и ежегодной сработкой горизонта водохранилища до 40 м. На этих участках (рис. 4-6) были выполнены следующие инженерно-геологические работы: а) инструментальная геологическая съемка (табл. 4-19 и рис. 4-6); б) топографическая съемка (табл. 4-17); в) бурение на створах (табл. 4-21); в табл. 4-17 приводятся данные вертикального электроразведывания; г) поинтервальные нагнетания воды в скважины для выявления участков, обладающих повышенной водопроницаемостью (табл. 4-20), д) детальное полевое изучение трещиноватости основных комплексов метаморфических и интрузивных пород. Кроме того, трещиноватость пород изучалась в ориентированных кернах (табл. 4-18); е) полевые и лабораторные определения свойств пород (табл. 4-22).

На основании полученных материалов требуется:

1) составить инженерно-геологические разрезы по створам плотины в масштабе 1:1000 с данными о петрографическом составе и свойствах

¹ Составлена А. В. Минервиним с дополнениями Э. В. Калинин и В. С. Федоренко.

пород, основных систем тектонических трещин, зонах разгрузки и выветривания; указать на разрезах уровни подземных вод и результаты опытных гидрогеологических работ;

2) оценить степень трещиноватости массивов пород, дать прогноз фильтрационных явлений на левом и правом берегу и в русловой части долины;

3) обосновать выбор створа, наиболее благоприятного по инженерно-геологическим условиям;

4) определить задачи дальнейших инженерно-геологических исследований на рекомендованном створе, виды и примерные объемы работ.

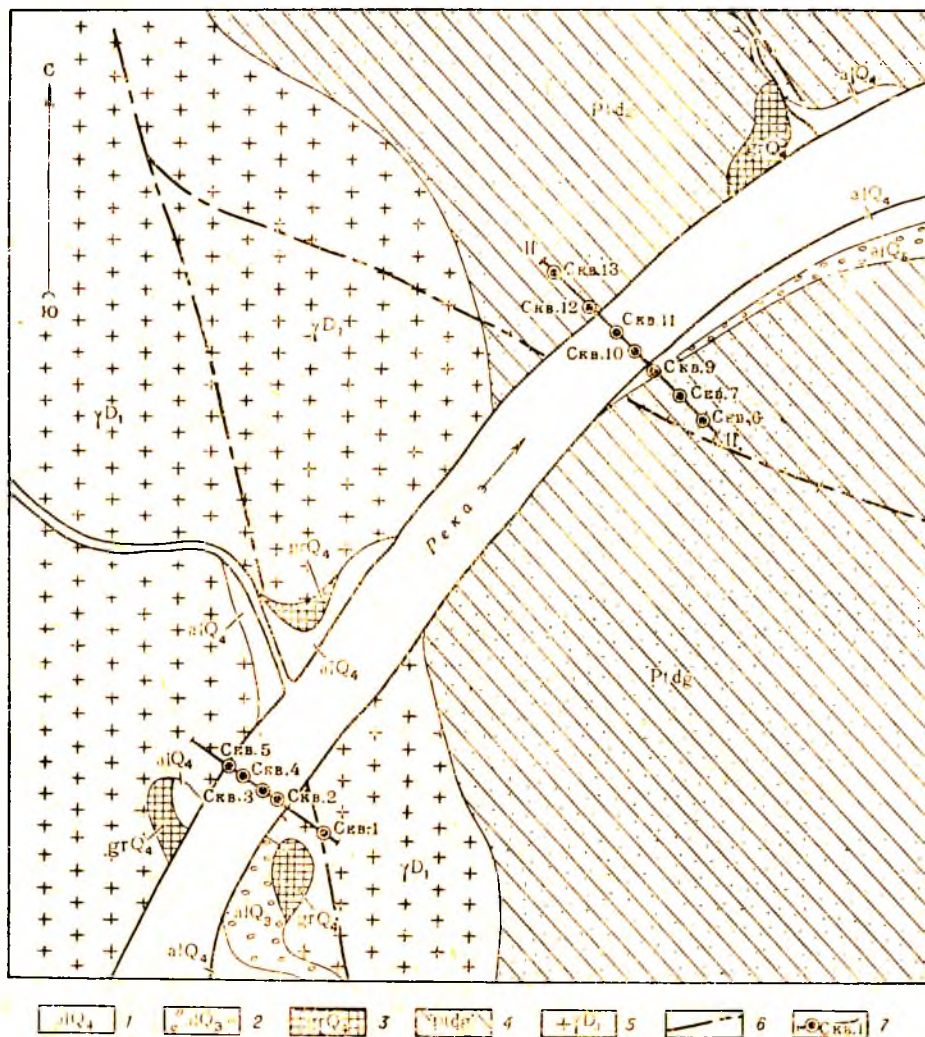


Рис. 4-6. Схематическая геологическая карта участка долины реки:
 1 — современные аллювиальные отложения (alQ₄) валуны, галечники с песком;
 2 — верхнечетвертичные аллювиальные отложения (alQ₃), слагающие I надпойменную террасу, — супеси, пески и галечники; 3 — современные обвально-осыпные отложения (grQ₄) — щебень, дресва и глыбы; 4 — протерозойские отложения джебашской серии (Pt dg) — метаморфические кварцево-биотитовые и альбит-эпидот-биотитовые сланцы; 5 — нижнедевонские интрузивы (aD₁) — граниты разномзернистые, порфировидные, биотитовые, трещиноватые; 6 — разломы; 7 — линия разрезов, скважины и их номера

**Топографические и геоморфологические данные для построения
инженерно-геологических разрезов**

№ точки, разметки, скважины	Расстояние от начала створа, м	Отметки поверхности земли, м	Геоморфологическая характеристика
Створ I—I			
Тк. 106	6,9	608,1	Обвально-осыпной уступообразный склон, участками задернованный. На уступах по тектоническим трещинам происходит отседание крупных глыб. Склоны изрезаны промоинами, приуроченными к зонам дробления и разрывам
Тк. 102	38,5	549,9	
Скв. 1	59,3	511,0	
Тк. 98	62,0	510,0	
Расч. 94	86,7	502,8	
Тк. 93	106,9	463,3	
Тк. 91	115,4	457,5	
Тк. 81	154,1	422,0	
Тк. 80	162,8	407,7	
Тк. 71	191,9	391,9	
Тк. 69	236,0	393,1	
Тк. 66	254,4	390,0	
Тк. 61	276,0	365,2	
Тк. 60	292,6	363,2	Поверхность III надпойменной террасы с маломощным аллювием
Скв. 2	310,0	360,6	Бечевник крутизной 15°, участками со скоплениями обвального материала
ВЭЗ-1	352,0	357,2	Урез реки
Скв. 3	392,2	357,2	Дно реки неровное, с эрозионными останцами и редкими валунами гранитов. Мощность аллювиальных отложений по данным вертикального электрического зондирования: ВЭЗ1—2,0 м, ВЭЗ2—3,8 м, ВЭЗ3—6,3 м
ВЭЗ-2	410,0	357,1	
ВЭЗ-3	446,0	355,2	
Скв. 4	479,0	360,3	
Скв. 5	524,5	361,6	
Тк. 1	544,2	363,2	Урез реки
Тк. 4	568,0	367,3	Бечевник левого берега с большими скоплениями обвальных глыб и выходами гранитов
Тк. 6	582,0	375,5	Современный обвально-осыпной склон, уступообразный, с большим количеством отсевиных блоков
Тк. 25	630,1	428,9	Склон полудернованный, стабильный с промоинами
Тк. 33	662,6	480,9	Древний склон смыва, задернованный с выходами гранитов и промоинами, стабильный
Тк. 3	697,0	522,3	
Расч. 2	731,9	555,0	
Створ II—II			
Тк. 125	0,0	621,1	Древний делювиальный пологий склон, задернованный, стабильный, с редкими выходами коренных пород
Тк. 122	28,6	612,0	
Скв. 6	39,5	597,8	Средне-верхнечетвертичный делювиальный и осыпной задернованный склон, с уступами, отседающими глыбами и ложбинами
Расч. 126	77,3	557,0	
Тк. 119	113,0	527,3	
Расч. 99	150,1	500,0	
Скв. 7	213,6	457,0	
Тк. 83	251,3	425,1	
Тк. 82	259,2	416,4	
Тк. 57	283,9	398,0	
Тк. 56	289,8	381,1	
Шурф 8	325,7	366,2	
Скв. 9	353,0	364,5	Поверхность I надпойменной террасы
ВЭЗ-4	387,0	359,0	Пойма реки
ВЭЗ-5	424,7	357,9	Дно реки. Мощность аллювиальных отложений по данным вертикального электрического зондирования: ВЭЗ4—6,0 м; ВЭЗ5—4,0 м; ВЭЗ6—2,3 м; ВЭЗ7—5,0 м; ВЭЗ8—5,0 м; ВЭЗ9—7,0 м
Скв. 10	468,7	357,7	
ВЭЗ-6	528,2	358,0	
ВЭЗ-7	543,0	358,0	
Скв. 11	575,2	358,5	

№ точки, расчистки, скважины	Расстояние от начала створа, м	Отметки поверхности земли, м	Геоморфологическая характеристика
ВЭЗ-8	614,0	359,1	Современная осыпь
ВЭЗ-9	657,0	359,2	
Скв. 12	706,9	365,1	
Тк. 13	740,0	388,8	
Тк. 14	746,6	426,0	
Тк. 30	769,1	464,3	Современный обвальный склон с уступами, отсевшими глыбами и редкими задернованными промоинами
Расч. 29	783,0	481,1	
Расч. 27	801,8	509,0	
Тк. 26	830,9	517,2	Среднечетвертичный обвальнo-осыпной склон уступообразной формы, стабильный, задернованный; выше отм. 600 м прослеживается древний склон смыва
Тк. 22	852,3	538,5	
Тк. 21	856,0	548,8	
Скв. 13	908,9	576,6	
Тк. 19	911,6	600,9	

Таблица 4-18

**Результаты замеров трещиноватости по ориентированным
кернам скважин**

№ скважин	Глубина керна, м	Элементы залегания трещин	
		аз. пад	α
6	1,5	270	52
	8,7	266	53
	26,0	268	55
	56,5	270	50
7	26,9	180	42
	53,0	45	56
	59,0	177	49
9	25,0	145	10
	40,8	140	8
	59,2	141	6
	79,1	178	49
	87,9	138	11
	113,8	300	85
	156,0	291	51
10	8,8	295	40
	16,1	110	7
	29,3	115	73
	56,0	114	68
	59,5	110	12
11	17,6	165	72
	20,0	160	53
	31,1	153	4
	37,7	175	63
	40,0	311	40
12	5,5	128	25
	16,6	130	31
	31,0	125	81
	45,2	120	28

Описание геологических точек

№ точки	Геологический индекс	Описание пород	Элементы залегания основных систем трещин	
			з. пад.	аз. пад.
102, 106	γD_1	Граниты розовато-серые биотит-роговообмакковые, крупнозернистые, трещиноватые, с вертикальной зоной дробления шириной 8 м, прорваны двумя вертикальными жилами мелкокристаллических, слабо-трещиноватых диабазов. Простирание зоны дробления и жил СЗ 351°. Трещины в гранитах имеют ширину несколько миллиметров, слабожелезные	55—60 77—79 16—18 45	89—90 280 69 205
94	$\gamma \delta D_1$	Расчисткой вскрыты гранодиориты биотитовые светло-серые, крупнозернистые, крепкие, до глубины 0,8 м выветрелые до состояния дресвы, с супесчаным заполнителем (около 20%)	67 36 58	124 270 39
91, 93	γD_1	В промоинах обнажаются граниты биотит-роговообмакковые, ярко-розовые, крупнозернистые, почти певыветрелые, трещиноватые. Ширина трещин до 0,5 мм, длина 1,5—3,8 м	33—37 58 68—72 40—50	130—140 296 90—100 50—60
81	$\delta \mu D_1$	Дайка диабазов темно-серых, мелкокристаллических, трещиноватых, крепких. Дайка вертикальная, с простиранием СЗ 350°, мощностью около 4 м	65—70 55—60	104 28
66, 69, 71	γD_1	На эрозионной поверхности III надпойменной террасы обнажаются граниты розовато-серые, биотитовые, крупнозернистые, сильнотрещиноватые (блоки до 0,1—0,2 м) и выветрелые, иногда с зеркалами скольжения и брекчей трещин. Трещины шириной 2—5 мм, у поверхности расширены до 3—5 см, с шероховатыми ожелезненными стенками, заполнены аллювиальными супесями (5—15%). Длина наиболее крупных трещин 8—12 м. В точках 66 и 71 разрывы вертикальные, шириной 12—16 м, с простиранием СЗ 350—360°		
4, 61	alQ_4 γD_1	На бечевнике под крупными галечниками с гравийным и песчаным крупнозернистым заполнителем и угловатой щебенкой биотитовых гранитов, мощностью 1—1,5 м, обнажены граниты биотитовые буровато-красные, крупнокристаллические с тонкими открытыми трещинами протяженностью 5—7 м	71 45	65 277
6	γD_1	Граниты биотитовые буровато-красные, крупнозернистые, участками порфирировидные, прочные; с поверхности выветрелые до состояния щебенки	50 73 59	25 270 349
25	γD_1	Граниты зеленовато-розовые, сильнотрещиноватые, с вертикальной зоной дробления шириной от 20 до 50 м, меридионального простирания	80 65	274 326
	grQ_4	Склон покрыт глыбами и щебенкой выветрелых светло-розоватых гранитов размером от 5 до 30 см с заполнителем (20—50%) — грубозернистым, кварц-полевошпатовым песком и супесью		

№ точки	Геологический индекс	Описание пород	Элементы залегания основных систем траппин	
			≤ пад.	аз. пад.
33	εD ₁	В обрыве крутизной 60° обнажаются сени- ты ярко-розовые, среднезернистые, не- выветрелые, крепкие, трещиноватые	81 48	36 13
2	γD ₁	Расчисткой на склоне вскрываются грани- ты биотитовые, розовато-серые крупнозер- нистые, трещиноватые, с поверхности на глубину 1,6 м разбиты на остроугольные глыбы и щебенку с мелкозернистым су- песчаным заполнителем	29—32 75—78	270—280 60—65
122	Ptdg dQ ₃	Обнажаются сланцы метаморфические тем- но-зеленые и голубовато-серые, кварц-био- титовые, рассланцованные, трещиноватые. Сланцеватость вертикальная с простира- нием СВ 34°. С поверхности до глубины 2,3 м — остроугольная щебенка кристал- лических сланцев с супесчаным и песча- ным заполнителем		
126	δμD ₁	Разведочной канавой вскрываются диабазы темно-серые и серые, крупнокристалличе- ские, участками мелкокристаллические, разбитые трещинами на кубические блоки объемом до нескольких кубических мет- ров. Диабазы образуют вертикальную дайку с простираанием СВ 10—12° и мощ- ностью 10—15 м	60—85 72—80	260 350
119	Ptdg	Сланцы биотитовые и кварц-биотитовые се- ровато-зеленые, рассланцованные. Слан- цеватость вертикальная с простираанием СВ 40—45°	42 73	140—142 145
99	δμD ₁	Расчисткой вскрываются диабазы черные и темно-серые, амфиболитизированные и слабохлоритизированные, с тонкими сом- кнутыми трещинами, выветрелые на глу- бину до 0,5 м. Дайка вертикальная с про- стираанием СВ 55° и мощностью 8—13 м	75 66	350 255
56, 57, 82, 83	Ptdg	Сланцы кристаллические темно-зеленые, альбит-эпидот-биотитовые, с прослоями амфиболитовых роговиков. Породы с сомкнутыми трещинами. Сланцеватость вертикальная с простираанием СЗ 274°	63—65 65 80—82 65—70	90—97 220 345—347 129—132
26, 29	Ptdg	Роговики темно-серые, роговообманковые и эпидот-биотитовые, с прослойками хлорит- биотитовых сланцев. Мощность выветре- лой зоны 6 м, глубже породы монолит- ного сложения. Аз. пад. СВ 31—42°, ∠ 68—75°	53 48	25 126
22	Ptdg	Сланцы кристаллические темно-зеленые, альбит-эпидот-биотитовые, плитчатые, с прослоями темно-серых роговиков, тре- щиноватые; средняя ширина трещин 2— 5 мм. Аз. пад. СВ 40°, ∠ 50°	32 40 38	90 65 31

Результаты опытных нагнетаний

№ скважин	Интервалы опробования, м	Породы	Удельное водопоглощение, л/мин
12	18,0—23,0	Роговики и сланцы	4,3
	23,0—28,0	То же	0,04
	28,0—33,0	»	0,2
	33,0—38,0	»	0,02
	43,0—48,0	»	0,01
	48,0—53,0	»	0,01
11	10,5—15,5	Габбро-порфириды	0,1
	15,5—20,5	»	0,7
	20,5—25,5	»	5,2
	25,5—30,5	»	0,1
	30,5—35,5	Роговики	0,06
	35,5—40,5	»	2,3
	40,5—45,5	»	0,9
	45,5—50,5	»	0,3
	50,5—55,5	»	0,03
	55,5—65,5	»	0,01
	65,5—70,5	»	0,21
10	7,0—12,0	Роговики	0,2
	12,0—17,0	»	32,2
	17,0—22,0	»	2,9
	22,0—27,0	»	0,4
	27,0—32,0	»	1,2
	32,0—37,0	»	0,5
	37,0—42,0	»	0,27
	42,0—52,0	»	0,26
	52,0—57,0	»	4,14
	57,0—62,0	»	0,60
9	20,5—25,5	Сланцы	0,68
	25,5—30,5	»	0,19
	30,5—35,5	»	6,40
	35,5—40,5	»	0,24
	40,5—50,5	»	1,10
	50,5—55,5	»	0,80
	55,5—60,5	»	0,01
	60,5—65,5	»	0,03
	65,5—70,5	»	0,02
	70,5—80,5	Сланцы трещиноватые	3,01
	80,5—90,5	Сланцы	0,40
	90,5—100,5	»	0,00
	100,5—110,5	»	0,20
	110,5—115,5	»	0,01
	115,5—120,5	Роговики	0,16
	120,5—125,5	»	0,02
	125,5—130,5	»	0,24
	130,5—140,5	Роговики и габбро	0,01
	140,5—145,5	Габбро	0,11
	145,5—150,5	Габбро и роговики	0,07
	150,5—155,5	Роговики	0,00
7	0,0—8,0	Порфириды диабазовые	1,3
	8,0—16,0	То же	0,2

Продолжение табл. 4-20

№ скважин	Интервалы опробования, м	Породы	Удельное водопоглощение, а/мин
7	16,0—24,0	Порфиристы диабазовые	0,01
	24,0—32,0	То же	0,02
	32,0—42,0	»	0,02
	42,0—48,0	»	0,06
	48,0—58,0	»	0,2
	58,0—60,0	»	0,1
6	11,5—21,5	Сланцы сильнотрещиноватые	4,2
	21,5—31,5	То же	1,01
	31,5—41,5	Сланцы	0,01
	41,5—46,5	»	0,1
	46,5—51,5	»	0,1
1	10,0—15,0	Граниты среднезернистые	25,6
	15,0—20,0	То же	0,3
	20,0—25,0	»	0,1
	25,0—30,0	»	20,6
	30,0—40,0	»	0,05
	40,0—50,0	Граниты крупнокристаллические	30,6
	50,0—60,0	То же	0,5
	60,0—70,0	»	20,2
	70,0—80,0	»	15,1
	80,0—85,0	»	34,1
2	0,5— 5,5	Граниты мелкозернистые	0,06
	5,5—10,5	То же	0,2
	10,5—15,5	Граниты сильнотрещиноватые	30,1
	15,5—20,5	То же	28,4
	20,5—25,5	Граниты мелкозернистые	0,1
	25,5—30,5	Брекчия трения гранитов	38,1
	30,5—35,5	То же	30,2
	35,5—40,5	Граниты крупнозернистые	15,1
	40,5—50,5	То же	0,06
	50,5—60,5	»	0,2
	60,5—70,5	»	0,3
	70,5—80,5	»	0,1
	80,5—90,5	»	1,3
	90,5—100,5	»	0,5
	100,5—105,5	»	5,1
3	10,8—15,0	Граниты среднезернистые	0,3
	15,0—20,0	То же	1,1
	20,0—25,0	»	0,2
	25,0—30,0	»	0,1
	30,0—32,0	Граниты сильнотрещиноватые	24,5
	32,0—37,0	То же	32,0

№ скважин	Интервалы опробования, м	Породы	Удельное водопоглощение, л/мин
3	37,0—42,0	Граниты и граодиориты	0,2
	42,0—47,0	То же	0,1
	47,0—52,0	»	0,01
	52,5—57,5	Брекчированные породы	29,0
	57,5—62,5	То же	33,1
	62,5—72,5	Гранодиориты	10,6
	72,5—77,5	»	0,2
	77,5—82,0	»	1,3
4	5,0—10,0	Граниты грубозернистые	1,3
	10,0—15,0	То же	0,1
	15,0—20,0	»	1,7
	20,0—25,0	Граниты сильнотрещиноватые	30,2
	25,0—30,0	То же	32,6
	30,0—33,0	»	17,1
	33,0—43,0	Сиениты	1,2
	43,0—53,0	»	0,1
	53,0—63,0	»	0,2
	63,0—73,0	»	0,1
	73,0—83,0	»	1,1
5	0,5— 4,5	Граниты сильнотрещиноватые	11,6
	4,5— 9,5	То же	1,2
	9,5—14,5	»	0,6
	14,5—19,5	»	1,4
	19,5—24,5	Брекчия трения гранитов	28,1
	24,5—29,5	То же	31,0
	29,5—32,0	»	39,1
	32,0—37,0	Граниты трещиноватые	1,1
	37,0—42,0	То же	0,1
	42,0—47,0	»	0,3
	47,0—52,0	Граниты трещиноватые	0,8
	55,0—65,0	Граносиениты	0,1
	65,0—75,0	»	3,1
	75,0—85,0	»	4,3
	85,0—95,0	»	0,2
	95,0—105,0	»	0,3
	105,0—115,0	»	0,4
	115,0—125,0	Граниты сильнотрещиноватые	21,1
	125,0—130,0	Граниты трещиноватые	6,9

Описание разрезов скважин

№ слоя	Геологический индекс	Характеристика пород	Глубина залегания слоев, м	
			от	до
Створ I—I				
Скважина № 1. Отм. устья — 511,0 м; наклонная: аз. СЗ 334°, угол 72°				
1	eIQ ₄	Граниты желтовато-серые, среднезернистые, выветрелые, ожелезненные, сильнотрещиноватые, в верхней части с суглинистым заполнителем по трещинам	0,0	2,0
2	γD ₁	Граниты серые, биотит-роговообманковые, равномерно-среднезернистые, крепкие, слаботрещиноватые. Крупные трещины встречены на глубине 14 и 26,5 м в направлении, перпендикулярном забою скважины	2,0	41,6
3	γD ₁	Граниты розовато-серые, порфириовидные, крупнозернистые, катаклазированные, сильнотрещиноватые, гидротермальноизмененные по отдельным зонам. Преобладают трещины: ∠57°, аз. пад. 88°. На глубине 28,3 и 55,9 м — дайки темносерых скрыто-кристаллических диабазов мощностью 2,5 и 2,8 м. Дайки почти вертикальные, простирание СЗ 350°	41,6	87,0
Скважина № 2. Отм. устья — 360,6 м; наклонная аз. СЗ 299°, ∠55°				
1	γD ₁	Граниты биотитовые, желтовато-серые, мелкозернистые, выветрелые, с открытыми трещинами, средней крепости	0,0	0,50
2	γD ₁	Граниты светло-серые со светлым зеленоватым оттенком, биотитовые, мелкозернистые, монолитные, слаботрещиноватые. Выход керна — 95%	0,50	11,2
3	γD ₁	Граниты розовые, крупнокристаллические, порфириовидные, сильнотрещиноватые, раздробленные, гидротермальноизмененные. Трещины в гранитах выполнены бурой влажной щебнистой супесью. Выход керна — 61%	11,2	18,7
4	γD ₁	Граниты серые, участками темно-серые, биотит-роговообманковые, мелкозернистые, крепкие, трещиноватые	18,7	25,9
5	γD ₁	Остроугольные выветрелые обломки серых крупнозернистых гранитов размером от 1 до 8 см, погруженные в брекцию трения суглинистого состава, увлажненную, плотную. Выход керна — 75%	25,9	37,5
6	γD ₁	Граниты розовые, крупно- и среднезернистые, микроклиновые, порфириовидные, с редкими тонкими жилами пегматитов и сомкнутыми трещинами	37,5	88,0
7	γδD ₁	Гранодиориты темно-серые, розоватые, крупнозернистые, с кристаллами серовато-желтых полевых шпатов размером 3—8 мм. Биотита 5—8%. В кернах, особенно ближе к забою, широкие первичные трещины, перпендикулярные оси скважины в количестве 1,5 на 1 пог. м	88,0	106,6
Замерены четыре трещины на глубине:				
а) 26,0 м: ∠36°, аз. пад. СВ 20°				
б) 52,6 м: ∠71°, аз. пад. ЮЗ 233°;				
в) 70,9 м: ∠58°, аз. пад. СВ 49°;				
г) 76,0 м: ∠26°, аз. пад. ЮВ 174°.				

№ скважины	Геологический индекс	Характеристика пород	Глубина залегания слоев, м	
			от	до
		<i>Скважина № 3. Отм. устья — 357,2 м, вертикальная</i>		
1	alQ ₄	Галечники крупные, представлены гранитами, порфири- ритами, диабазами, кварцем, роговиками и други- ми породами, с большим количеством валунов. За- полнитель — пески серые крупнозернистые, кварце- во-шпатовые	0,0	2,0
2	γD ₁	Граниты серые и розовато-серые, среднезернистые, роговообманково-биотитовые, слаботрещиноватые; до глубины 3,5 м — сильнотрещиноватые, выветре- лые. Выход керна — 93%	2,0	30,6
3	γD ₁	Граниты, аналогичные описанным выше, но интен- сивно трещиноватые. Преобладают меридиональ- ные трещины (разрыв). Выход керна — 50%	30,6	37,2
4	γD ₁	Граниты и гранодиориты зеленовато-серые, крупно- зернистые, порфировидные, биотитовые, слаботре- щиноватые. Выход керна — 90%	37,2	52,8
5	γD ₁	Брекчированные породы, остроугольные рыхлые об- ломки серых крупнозернистых гранитов в плотной притертой (с зеркалами скольжения) суглинистой массе. Выход керна — 59%	52,8	60,9
6	γδD ₁	Гранодиориты светло-серые, крупнозернистые; видны крупные кристаллы микроклина размером до 1— 2 см, слаботрещиноватые. Выход керна от 82 до 88%. Керна с глубины 18,3 м с волосной трещино- ватостью (∠36°; аз. пад. СВ 21°). Стенки трещин интенсивно ожелезнены и покрыты пленкой лимо- нита. На глубине 37,1 и 71,5 м трещины шириной 0,3—0,5 см (∠26°; аз. пад. ЮВ 174°)	60,9	84,9
		<i>Скважина № 4. Отм. устья — 360,3 м; вертикальная</i>		
1	γD ₁	Граниты розовые, равномерно-грубозернистые, пор- фировидные, с редкими крупными кристаллами биотита и мелкими кристаллами пироксенов, сла- ботрещиноватые. До глубины 2,5 м — выветрелые, сильнотрещиноватые. Выход керна — 88%	0,0	22,5
2	γD ₁	Граниты раздробленные, интенсивно трещиноватые (зона дробления). Преобладают трещины: ∠20°; аз. пад. ЮВ 175°. Выход керна 63%	22,5	32,8
3	εD ₁	Сиеениты серовато-розовые, мелкозернистые, плагио- клазовые (в основном альбитовые), крепкие, слабо- трещиноватые. На глубине 5,7 и 28,0 м две первич- ные трещины шириной 1—2 мм (∠35°; аз. пад. СВ 20°)	32,8	85,0
		<i>Скважина № 5. Отм. устья — 361,6 м, наклонная — аз. 119°; угол 54°</i>		
1	γD ₁	Граниты розовато-серые, биотитовые, крупнозерни- стые, порфировидные, с редкими кристаллами ми- кроклина, сильнотрещиноватые. Преобладают тре- щины: угол пад. 22°; аз. пад. ЮВ 173°. До глуби- ны 5,0 м — очень сильнотрещиноватые, выветрелые	0,0	17,2
2	γD ₁	Тектоническая брекчия в виде остроугольных облом- ков гранитов размером 1—6 см, с горизонтальны- ми штрихами на плоскостях, падающих под углом 20°, по азимуту ЮВ 170°. Заполнитель — суглинок желто-бурый, тяжелый, плотный, слабовлажный, полутвердой консистенции	17,2	30,8
3	γD ₁	Граниты, аналогичные описанным в первом интерва- ле, но менее трещиноватые	30,8	51,0

№ слоя	Геологический индекс	Характеристика пород	Глубина залегания слоев, м	
			от	до
4	$\gamma\epsilon D_1$	Граносиениты светло-розовые, ортоклазовые. В общей массе полевых шпатов редкие зерна светло-серого кварца. Прочные, слаботрещиноватые. Керна с глубины 75 м раскололся по трещине шириной 2 мм (угол пад. 32°). Выход керна — 89%	51,0	112,7
5	γD_1	Граниты светло-серые, крупнозернистые, порфировидные, роговообманково-биотитовые, слаботрещиноватые. На глубине 122,0 м сильно ожелезненная трещина шириной 2—3 мм с извилистыми шероховатыми стенками (угол пад. 31°)	112,7	130,0
Створ II—II				
Скважина № 6. Отм. устья — 597,8 м, наклонная — аз. ЮВ 132°, угол 58°				
1	dQ ₃	Супесь светло-коричневая, щебнистая, неоднородная, слабопластичная, увлажненная	0,0	1,8
2	Ptdg	Сланцы темно-серые с зеленоватым оттенком, кварцево-биотитовые, пластинчатые и плитчатые. По отдельностям вторичное ожелезнение, трещины накладывают сланцеватость. Выход керна — 72%	1,8	29,9
3	Ptdg	Сланцы биотитовые темно-зеленые, кристаллические, более трещиноватые, чем предыдущие. По трещинам — интенсивное ожелезнение. Элементы залегания сланцеватости: угол 90°; аз. прост. СВ 36°. Выход керна — 65%	29,9	68,0
Скважина № 7. Отм. устья — 457,0 м; наклонная — аз. ЮВ 178°, угол 49°				
1	$\delta\mu D_1$	Порфиры диабазовые, серые, полнокристаллические, крупнозернистые, из плагиоклазов и авгита; интенсивные трещины выветривания заполнены супесью желто-серой, влажной. Выход керна — 51%	0,0	0,9
2	$\delta\mu D_1$	Порфиры аналогичные описанным выше, но слаботрещиноватые. Выход керна — 82% В 10 м ниже по склону от скважины — жила диабазов	0,9	67,5
Шурф 8. Отм. устья — 366,2 м				
1	dQ ₃	Пески кварцевые, светло-серые, мелкозернистые, слоистые, с мелкой галькой, количество которой с глубиной увеличивается	0,0	3,1
2	elQ	Суглинки темно-серые, плотные, влажные, пластичные, с редкой щебенкой и дрсвой сланцев	3,1	3,3
3	Ptdg	Сланцы альбит-мусковит-эпидотовые темно-зеленые, кристаллические, плитчатые, трещиноватые	3,3	4,5
Скважина № 9. Отм. устья — 364,5 м; наклонная — по линии створа к СЗ, угол наклона — 60°				
1	alQ ₃	Галечники крупные, хорошо окатанные с гравием и крупнозернистым песком. Состав галек: граниты, слюдяные сланцы, габбро, кварциты, диабазы. В галечниках — редкие крупные валуны	0,0	10,5
2	Ptdg	Сланцы темно-зеленые и темно-серые, метаморфические, эпидот-хлоритовые, альбит-амфиболитовые и кварцево-мусковитовые, плитчатые, слаботрещиноватые, ожелезненные по трещинам. Угол падения 82°; аз. пад. ЮВ 161°	10,5	69,0

№ слоя	Геологический индекс	Характеристика пород	Глубина залегания слоев, м	
			от	до
3	Ptdg	Сланцы кварц-биотитовые, метаморфические, сильно рассланцованные, пльчатые, слаботрещиноватые. Стенки трещин покрыты ярко-бурой коркой лимонита	69,0	115,0
4	Ptdg	Роговики темно-зеленые, альбит-эпидот-биотитовые, эпидот-роговообманковые и альбит-эпидот-амфиболовые, слаботрещиноватые	115,0	132,5
5	$\delta\mu D_1$	Габбро темно-серые и серые, крупнокристаллические, массивные, с редкими трещинами остывания. Слагают дайку (угол падения 82° , азимут падения СЗ 338°)	132,5	148,7
6	Ptdg	Роговики темно-зеленые роговообманковые и альбит-биотитовые с редкими тонкими прослоями эпидотового амфиболита и кварц-биотит-эпидотовых сланцев, мощностью 0,3—0,6 м. Роговики слаботрещиноватые (1—3 сомкнутых трещин на 1 пог. м). Выход керна — 93%	148,7	183,0
		<i>Скважина № 10. Отм. устья — 357,7 м; вертикальная</i>		
	alQ ₄	Валуны и гальки метаморфических пород, хорошо окатанные, с гравийно-песчаным заполнителем, водоносные	0,0	3,1
2	elQ	Глины темно-синие, очень плотные, влажные, полутвердые, с щебенкой сланцев и роговиков	3,1	3,9
3	Ptdg	Роговики темно-зеленые, роговообманковые, очень крепкие, слабо рассланцованные, с тонкими трещинами. Породы залегают вертикально, азимут простираания ЮВ 97°	3,9	64,8
		<i>Скважина № 11. Отм. устья — 358,5 м; вертикальная</i>		
1	alQ ₄	Галечники с редкими валунами размером 0,3—0,8 м из изверженных пород и метаморфических сланцев; заполнитель — крупнозернистый, кварцевый песок	0,0	6,3
2	$\delta\mu D_1$	Габбро-порфиры темно-серые, крупнокристаллические, слаботрещиноватые, крепкие *	6,3	30,5
3	Ptdg	Роговики темно-серые и темно-зеленые альбит-биотитовые, крепкие, слаботрещиноватые. Сейсмокаротажем обнаружена зона повышенной трещиноватости на глубине 36—40 м	30,5	71,5
		<i>Скважина № 12. Отм. устья — 365,1 м; наклон: по створу к СЗ, угол наклона 56°</i>		
1	grQ ₄	Обломки роговиков различных размеров, остроугольные, с гравийно-песчаным заполнителем	0,0	3,1
2	Ptdg	Роговики зеленые эпидот-роговообманковые, крепкие, слаботрещиноватые, переслаиваются со сланцами слюдястыми темно-зелеными и темно-серыми, кристаллическими, плитчатыми, слаботрещиноватыми; по стенкам трещин — ожелезнение. Мощность прослоев: роговиков — 0,8—0,9 м, сланцев — 1,5 м. Слои занимают вертикальное положение, простираются по азимуту СВ 85°	3,1	65,0

* Мелкими разведочными скважинами, пробуренными в русле реки, установлено, что габбро-порфиры слагают дайку (угол пад. 81° ; аз. пад. СЗ 340°).

№ слоя	Геологический индекс	Характеристика пород	Глубина залегания слоев, м	
			от	до
1	Pfdg	Скважина № 13. Отм. устья — 576,6 м; наклон по створу к СЗ, угол наклона 60° Роговики серо-зеленые, альбит-эпидот-биотитовые, роговообманковые, амфиболовые, до глубины 1,0 м — в виде глыб и обломков в желтовато-сером супесчаном слабовлажном заполнителе, глубже — сильнотрещиноватые, средней крепости	0,0	2,3
2	Pfdg	Роговики темно-зеленые, альбит-эпидот-биотитовые, роговообманковые и амфиболитовые с редкими прослоями эпидотовых амфиболитов и сланцев мощностью до 0,5—0,8 м, слабо рассланцованные, крепкие и очень крепкие. До глубины 28,3 м сильнотрещиноватые, глубже — слаботрещиноватые	2,3	89,8

Данные о подземных водах

Глубина, м	Шурф 8	Скв. 9	Скв. 12
Появления воды	1,5	1,7	0,9
Установившегося уровня	1,5	1,7	0,9

Примечание. В скважинах 2, 3, 4, 5, пройденных в гранитах, подземные воды связаны с зонами повышенной трещиноватости и разломами.

Таблица 4-22

Физико-механические свойства метаморфических и интрузивных пород

Выра- ботка, №	Глубина отбора образца, м	Породы	Объемный вес Δ , г/см ³	Водопоглощение, %	Временное сопротивление сжатию R , кг/см ²			Модуль деформации E , т/см ²	
					ориентировка оси сжатия*	монокристаллические	с микротрещинами	динамический (ультразвуковой полевой метод)	статический (лабораторный метод)
1	35,0	Граниты	2,62	0,35	⊥ *	1010** 730	600 450	880	630
1	45,0	Граниты	2,61	0,30	⊥	900 570	515 340	470	300
1	16,5	Граниты выветрелые	2,47	0,80	—	300 170	230 130	70	60
5	25,0	Тектоническая брекчия гранитов	—	—	—	—	—	10	—
1	56,0	Порфириды диабазовые жильные	2,88	0,30	⊥	820 730	760 610	430	500

Створ I—I

Створ II — II

6	25,0	Сланцы кристаллические	2,86	0,50		1800 1560	1380 900	750	900
9	45,0	Сланцы кристаллические	2,89	0,40	⊥	2000 1730	1850 1470	870	1000
12	55,0	Сланцы с прослоями роговиков	—	—	—	—	—	650	—
9	125,0	Роговики	3,06	0,23		2260 2000	2090 1970	690	980
11	60,0	Роговики	3,10	0,37	⊥	2750 2100	2410 2100	850	1070
7	50,0	Порфириды диабазовые жильные	2,83	0,31	⊥	1500 1300	1230 1060	630	770
9	140,0	Габбро	2,95	0,10	⊥	1320 970	1250 1030	750	830

* ⊥ — перпендикулярно, || — параллельно сланцеватости.

** В числителе — для сухих образцов, в знаменателе — для водонасыщенных.

ЗАДАЧА № 19

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТКА
ПРОЕКТИРУЕМОЙ ПЛОТИНЫ НА РАСТВОРИМЫХ ПОРОДАХ¹**

В аридной области в целях регулирования стока реки и создания водохранилища для орошения новых земель и водоснабжения окрестных поселков проектируется земляная плотина с напором 10, 20 или 30 м и здание гидроэлектростанции на правом берегу. Для обоснования проекта плотины и выбора отметки подпора были выполнены следующие работы: а) топографическая съемка района размещения гидроузла (рис. 4-7 и табл. 4-23); б) бурение 6 скважин на створе (табл. 4-24); в) опытные откачки и нагнетания в скважины 1, 4 и 6 для определения трещиноватости и водопроницаемости пород (табл. 4-25).

Для составления заключения об инженерно-геологических условиях участка створа плотины требуется:

1) построить инженерно-геологический разрез по створу проектируемой плотины в масштабе: горизонтальный — 1 : 5000, вертикальный — 1 : 500; на разрезе показать литологический состав пород, закарстованность, гидрогеологические данные, результаты опытных работ и дать геоморфологическую характеристику поверхности;

2) охарактеризовать изменение гидрогеологических условий в районе створа после создания водохранилища с напорами 10, 20 и 30 м и дать прогноз фильтрационных явлений и воздействия подземных вод на загипсованные породы;

3) дать инженерно-геологическую оценку породам основания и примыканий плотины, с учетом вероятного выщелачивания гипсов;

4) оценить возможность возведения плотины с разным напором при условии осуществления противофильтрационных мероприятий в основании и в примыканиях плотины;

5) сформулировать основные вопросы последующих инженерно-геологических исследований.

¹ Составлена А. В. Минервиним, Г. С. Золотаревым и Э. В. Калининим.

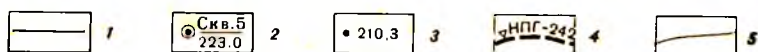
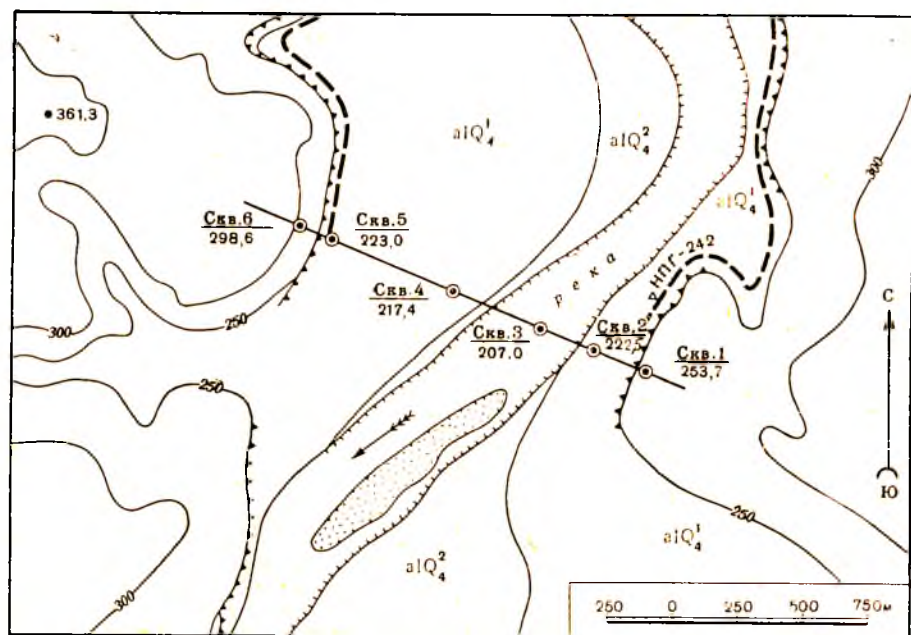


Рис. 4-7. Геологическая схема участка створа плотины:

1 — линия створа; 2 — скважины и их номера, в знаменателе отметка устья;
3 — отметки поверхности земли; 4 — нормальный подпорный горизонт; 5 — геологические границы

Таблица 4-23

Топографические данные для построения инженерно-геологического разреза

№ точки, скважины	Расстояние от начала створа, м	Отметка, м	Геоморфологическая характеристика
Тк. 1	0,0	253,8	III надпойменная терраса на левом берегу реки, перекрытая лавами
Скв. 1	17,5	253,7	
Тк. 3	105,1	252,5	Бровка уступа III надпойменной террасы
Тк. 4	139,9	237,0	Основание уступа III надпойменной террасы
Скв. 2	227,6	222,5	Поверхность II надпойменной террасы
Тк. 6	284,0	210,3	Урез реки
Скв. 3	463,2	207,0	Пробурена с понтона в русле реки
Тк. 8	680,1	212,1	Основание уступа I надпойменной террасы на правом берегу реки; ширина бечевника 30 м
Тк. 9	689,9	216,8	Бровка уступа I надпойменной террасы, прикрытой овражными выносами
Скв. 4	836,7	217,4	
Тк. 11	1120,0	217,9	Граница обвально-осыпных накоплений
Скв. 5	1343,8	223,0	
Тк. 13	1395,0	235,0	Граница обвально-осыпных накоплений
Скв. 6	1530,2	298,6	
Тк. 15	1575,0	300,0	Бровка обвально-осыпного склона
Тк. 16	1750,0	304,0	Платообразная поверхность лавового покрова

№ сло:	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скважина № 1. Отм. устья — 253,7 м				
1	βQ_3	Базальты темно-серые и черные, скрытокристаллические, крепкие, пузырчатой текстуры. Керн разбит тонкими трещинами со слабоожеженными стенками В береговых обнажениях базальты образуют столбчатую отдельность; наблюдается обрушение глыб	0,0	8,2
2	alQ ₁	Пески светло-серые, однородные, среднезернистые, полимиктовые, сухие, сыпучие	8,2	9,8
3	alQ ₁	Галечники мелкие, окатанные, с примесью гравия. Заполнитель — песок желтовато-серый, мелкозернистый, полимиктовый, глинистый. Толща безводна	9,8	12,5
4	al—IN ₂	Переслаивание мергелей зеленовато-серых, брекчиевидных, слоистых, пелитоморфных с тонкими линзами зеленой глины и редкой галькой мергелей белых, плотных с тонкими прослоями известняка. Породы слабо увлажнены. Контакт с нижележащими гипсами размытый, ожеженный	12,5	22,0
5	mN ₁ ²	Гипсы белые и зеленовато-серые, тонко- и мелкокристаллические, гнездами крупнокристаллические с редкими прослойками мергелей. Гипсы закарстованные и сильнотрещиноватые, особенно на глубине 23,6 м и в подошве слоя	22,0	36,8
6	mN ₁ ²	Мергели голубовато-серые, пятнами бурые, с отдельными кристаллами гипса, плотные, слаботрещиноватые, слабовлажные	36,8	48,5
7	mN ₁ ²	Мергели светло-серые, переслаиваются с белыми гипсами (преобладают мергели), слои мергелей мощностью до 0,5 м, гипсов до 5—10 см. В гипсах каверны диаметром несколько миллиметров	48,5	56,4
8	mN ₁ ²	Мергели бурые и голубовато-серые, с тонкими прослойками гипса, твердые	56,4	77,0
9	mN ₁ ²	Гипсы зеленовато-серые, крупнокристаллические, кавернозные и трещиноватые (особенно на контакте с мергелями)	77,0	83,1
Скважина № 2. Отм. устья — 222,5 м				
1	grQ ₂	Щебень с редкими глыбами местных пород и галькой с супесчаным заполнителем в основании слоя	0,0	2,0
2	alQ ₃	Песок кварцевый грубозернистый, плохо сортированный, с обуглившейся древесиной, слабовлажный	2,0	4,6
3	alQ ₃	Супесь легкая, серая, тонкослоистая, с тонкими прослойками пылеватого светло-серого тонкозернистого песка, влажная	4,6	8,9
4	alQ ₃	Галечники мелкие и средние из базальтов, диабазов, кварца и известняка; заполнитель — песок разнотонкозернистый, полимиктовый, обводненный	8,9	13,0
5	alQ ₃	Галечники мелкие и средние с песчаным заполнителем, интенсивно ожеженные, обводненные; заполнитель — песок разнотонкозернистый, карбонатный, загипсованный	13,0	20,6
6	elQ ₃	Глины (элювий) коричнево-бурые, ожеженные, трещиноватые, плотные, влажные	20,6	21,9
7	al—IN ₂	Мергели зеленовато-серые, слоистые с прослоями плотных глин и слабых известняков, иногда скопления гипса	21,9	37,9

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
8	al—IN ₂	Глины светло-коричневые, с прослойками голубовато-серых, известковистые, тонкослонистые, слюдястые, с линзами пылеватого песка и окатанной галькой. Глины плотные, слабовлажные, полутвердой консистенции	37,9	41,2
9	al—IN ₂	Мергели зеленовато-серые, массивные, твердые, с многочисленными мелкими валунами и гальками	41,2	48,0
10	al—IN ₂	Глины известковистые, однородные, с кристаллами гипса, плотные, влажные, полутвердой консистенции. В основании обогащены кристаллами гипса	48,0	57,0
11	mN ₁ ²	Гипсы белые с желтоватым оттенком, скрытокристаллические, с тонкими прослойками зеленовато-серых мергелей и глин. В верхней части слоя гипсы интенсивно трещиноватые и кавернозные	57,0	59,4
12	mN ₁ ²	Глины светло-зеленые с пятнами коричнево-бурых, карбонатные, с тонкими прослоями загипсованных алевролитов. Глины слабовлажные, плотные, полутвердые. Отмечена литогенетическая трещиноватость, параллельная слоистости и кососекающая	59,4	64,8
13	mN ₁ ²	Переслаивание тонкокристаллических белых трещиноватых и кавернозных гипсов и зеленовато-серых глинистых крепких мергелей	64,8	68,0
14	mN ₁ ²	Глины голубовато-серые, алевролитовые, с прослоями коричневатобурых, участками загипсованные, плотные, слабовлажные	68,0	72,7
<i>Скважина № 3. Отм. устья — 207,0 м</i>				
1	alQ ₄ ²	Галечники мелкие, окатанные, базальтовые, порфировые и песчаниковые. Заполнитель мелко- и тонкозернистый полимиктовый окатанный песок. На глубине 5,0—6,2 м глины серовато-голубые, слоистые, влажные, пластичные, водоносные	0,0	12,8
2	alQ ₂	Галечники крупные темно-коричневые, ожелезненные, водоносные; галька песчаников крупнозернистых, выветрелая	12,8	17,0
3	alQ ₂	Пески желтовато-серые, тонкозернистые, кварцево-полевошпатовые, с растительными остатками, галькой и гравием, водоносные	17,0	22,4
4	alQ ₂	Галечники мелкие, окатанные, базальтовые, однородные, водоносные, промытые; с глубины 27,0 м с охристой окраской, ожелезненные, слабовыветрелые	22,4	30,5
5	alQ ₂	Галечники бурых и светло-коричневых окрасок, крупные, с редкими валунами. Переслаиваются с желтовато-серыми полимиктовыми глинистыми песками, водоносные	30,5	42,6
6	al—IN ₂	Глины серые, плотные, влажные, известковистые	42,6	52,1
7	al—IN ₂	Алевролиты голубовато-серые, карбонатные, тонкослоистые, плотные, твердые, в подошве слоя с кристаллами гипса	52,1	63,0
8	mN ₁	Гипсы голубовато-белые скрытокристаллические плотные, слаботрещиноватые	63,0	70,0
<i>Скважина № 4. Отм. устья — 217,4 м</i>				
1	dQ ₄	Суглинисто-щебнистые накопления из щебенки и отдельных галек мергелей, базальтов, гипсов в щебнисто-песчаном и суглинистом заполнителе, слабовлажные	0,0	3,0

№ слон	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
2	alQ ₄ ¹	Супеси коричневатого-желтые с щебенкой и гравием базальтов, макропористые, карбонатные, влажные	3,0	5,4
3	alQ ₄ ¹	Галечники мелкие, окатанные, со светло-серыми песками разнозернистыми, полимиктовыми; водоносные	5,4	12,7
4	alQ ₂	Глины тяжелые серовато-желтые, плотные, влажные, пластичные	12,7	16,3
5	alQ ₂	Пески коричневатого-серые, с прослойками зеленоватого-серых, мелкозернистых, с гравием, водоносные	16,3	18,8
6	alQ ₂	Галечники крупные и мелкие, окатанные, с гравийным и песчаным заполнителем (20—30%), водоносные	18,8	52,8
7	mN ₁ ²	Гипсы желтовато-белые, крупнокристаллические, монолитные, с тонкими линзами голубовато-серых плотных мергелей; после извлечения керна гипс очень быстро выветривается, растрескивается и оплывает	52,8	73,0
Скважина № 5. Отм. устья — 223,0 м				
1	grQ ₄	Щебенка и отдельные крупные обломки базальтов и гипсов, редкие гальки порфиров и базальтов	0,0	2,6
2	dQ ₄	Супеси легкие буровато-коричневые, пылеватые, лесовидные, с журавчиками карбонатов и гипса, слабоблажные	2,6	8,8
3	alQ ₄ ¹	Пески желтовато-серые, глинистые, плохо сортированные, с прослойками карбонатных суглинков, полимиктовые	8,8	12,3
4	alQ ₄ ¹	Галечники мелкие, окатанные. Заполнитель — пески разнозернистые, плохо окатанные (20—30%)	12,3	16,1
5	mN ₁ ²	Известняки желтовато-коричневые, детритусовые, загипсованные, крепкие. Порода с многочисленными неориентированными трещинами. Выход керна 40—55%. На известняках элювий — коричневые, плотные глины мощностью 0,6 м	16,1	27,0
6	mN ₁ ²	Гипсы голубовато-белые, скрытокристаллические, монолитные, без видимых каверн	27,0	33,9
7	mN ₁ ²	Мергели серые с зеленоватым оттенком, слаботрещиноватые, с многочисленными кристаллами гипса и прослойками известковистых серых глин	33,9	37,5
8	mN ₁ ²	Гипсы, аналогичные сл. 6, интенсивно трещиноватые, сильнокавернозные. Выход керна — до 20%	37,5	41,4
Скважина № 6. Отм. устья — 298,6 м				
1	βQ ₃	Базальты черные, с крупными зернами полевых шпатов, крепкие, трещиноватые, со столбчатой отдельностью	0,0	15,2
2	alQ ₁	Галечники крупные, с редкими валунами, окатанные, с мелкозернистым песчаным заполнителем, почти сухие	15,2	29,0
3	al-IN ₂	Мергели темные, голубовато-серые, с тонкими прослойками гипса, плотные, слаботрещиноватые, слабоблажные	29,0	35,0
4	al-IN ₂	Мергели светло-серые, неоднородные, тонкослоистые, с прослойками тонкозернистых полимиктовых песчаников; сухие; нижние 4,5 м содержат включения гипса	35,0	48,2
5	mN ₁ ²	Алевриты светло-бурые, известковистые, со слюдистыми прослойками, с окатанной галькой; слабоувлажнены, полутвердые, с трещинами напластования	48,2	51,6

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
6	mN ₁ ²	Гипсы желтовато-белые, мелкокристаллические, тре- щиноватые, в отдельных зернах сильно выщелочен- ные, каверниозные. Выход зерна — 32—25%. На глу- бине 57,5—61,0 м слой конгломератов карбонат- ных, прочных	51,6	66,9
7	mN ₁ ²	Глины темные, с зеленоватым оттенком, тяжелые, из- вестковистые, плотные, слабовлажные	66,9	70,0
8	mN ₁ ²	Гипсы зеленовато-серые, скрытокристаллические, мо- нолитные	70,0	73,2
9	mN ₁ ²	Мергели белые с зеленоватым и желтоватым оттен- ком, брекчиевидные, тонкослоистые, с гальками глин и пелитоморфных известняков	73,2	75,8
10	mN ₁ ²	Гипсы белые, однородные, крупнокристаллические, с тонкими редкими прослойками зеленовато-серых мергелей, трещиноватые, с кавернами выщелачива- ния, обводненные	75,8	87,1
11	mN ₁ ²	Мергели светло-серые, плотные с редкими гальками порфиров и песчанистых алевролитов, с интен- сивной литогенетической трещиноватостью (шири- на 1 мм), по стенкам — кристаллы гипса. Выход зерна — 58%	87,1	98,5
12	mN ₁ ²	Гипсы светло-желтые, тонкокристаллические, с про- слойками зеленовато-серых мергелей, слаботрещи- новатые	98,5	115,6

Таблица 4-25

№ скважины	Интервал опробования, м	Порода	Коэффициент филь- трации, м/сут, определенный	
			при откачках	при наг- нетаниях
1	3,5—7,5	базальты	—	1,8
	14,0—19,0	мергели	—	0,2
	17,0—22,0	»	—	0,3
	22,0—27,0	гипсы	—	33,8
	24,0—29,0	»	—	30,7
	26,0—31,0	»	—	35,6
	28,0—33,0	»	—	27,4
	30,0—35,0	»	—	6,3
	32,0—37,0	»	—	0,6
	44,0—49,0	мергели	—	0,6
	49,0—54,0	мергели и гипсы	—	1,3
	54,0—59,0	то же	—	1,1
	59,0—64,0	мергели	—	1,7
	6,4—12,7	галечники	51,2	—
4	16,5—27,5	пески и галечники	22,5	—
	41,0—50,0	то же	30,5	—
	58,5—70,5	гипсы	—	0,43
6	43,0—48,0	мергели	—	0,6
	47,0—52,0	алевриты	—	0,9
	52,0—57,0	гипсы	—	38,6
	57,0—62,0	конгломераты	—	20,3
	62,0—67,0	гипсы	—	47,9
	71,0—76,0	гипсы и мергели	—	0,8
	76,0—81,0	гипсы	—	0,5
	81,0—86,0	»	—	10,4
	88,0—93,0	мергели и алевроли- ты	—	1,0

Глубина, м	Скв. 1	Скв. 2	Скв. 4	Скв. 5	Скв. 6
Появление воды	34,2	10,2	6,0 16,3	10,2	83,1
Установившийся уровень	34,0	10,0	5,5 6,2	9,70	82,3

ЗАДАЧА № 20

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТРАССЫ
ИРРИГАЦИОННОГО КАНАЛА¹

В одном из районов Средней Азии для орошения земель проектируется самотечный магистральный ирригационный канал с расходом 50—60 м³/сек при скоростях течения 0,5—0,6 м/сек и шириной дна от 5 до 7 м. Глубина канала различная в зависимости от рельефа. Канал располагается на пологом приводораздельном склоне, III и II надпойменных террасах. В пределах поймы и I надпойменной террасы реки проектируются водозаборная 10-метровая плотина и насосная станция для подъема воды в канал. На III, II и I надпойменных террасах расположены массивы орошения, вода на которые будет забираться из магистрального канала. Отдельные участки трассы канала характеризуются различными геологическими, геоморфологическими и гидрогеологическими условиями. Дно магистрального канала в головной его части (точка 5) в пределах водораздельной поверхности проектируется на отметках 170 м, средние уклоны канала принимаются 0,0015—0,0020.

Данные топографической съемки и разведочного бурения по трассе канала сведены в табл. 4-26 и 4-27.

По проекту канал будет заложен в необводненных породах различного возраста, генезиса и состава. Как правило, подземные воды залегают на значительных глубинах. Для определения водопроницаемости песчаных отложений II надпойменной террасы и лессовых пород III надпойменной террасы были проведены опытные наливы в шурфы. В песчаных породах произведено 4 опыта, в лессах — 3; диаметр фильтрующего цилиндра 0,40 м. Наливы производились в течение нескольких суток, уровень воды поддерживался на 10 см над дном шурфа. Величины установившихся расходов воды при наливах даны в табл. 4-28.

Данные по физико-механическим свойствам пород приведены в табл. 4-29. Для ориентировочной оценки развития и величины просадочных деформаций в лессах, связанных с фильтрацией воды из канала, проведены лабораторные испытания образцов лессовых пород (табл. 4-30).

¹ Составлена Э. В. Калининным.

На основании обработки полевых материалов требуется составить заключение об инженерно-геологических условиях трассы магистрального ирригационного канала, которое включает:

1) инженерно-геологический разрез трассы канала в масштабе: горизонтальный 1 : 20 000, вертикальный 1 : 500;

2) расчеты коэффициента фильтрации различных литологических разновидностей пород по данным опытных наливов в шурфы;

3) расчет фильтрационных потерь воды из канала на участках с различными геологическими и гидрогеологическими условиями;

4) общий прогноз развития просадочных явлений в лессовой толще вследствие фильтрации воды из канала;

5) предварительная (качественная) оценка изменения состояния и свойств засоленных пород в откосах и дне канала в связи с их выщелачиванием;

6) рекомендации по заложению и укреплению откосов канала на типичных по геологическому строению участках в условиях фильтрации воды из канала;

7) краткое заключение, в котором дать оценку инженерно-геологических условий трассы ирригационного канала и сформулировать основные задачи дальнейших исследований.

Таблица 4-26

Топографические и геоморфологические данные для построения инженерно-геологического разреза

№ точки, выработки	Отметки поверхности земли, м	Расстояние от начала разреза, м	Геоморфологическое описание
Тк. 1	150,0	0	Урез реки
Тк. 2	155,8	50	Осыпной уступ в песчаных породах I надпойменной террасы
Скв. 1	159,4	160	Поверхность I надпойменной террасы
Тк. 4	161,7	450	
Тк. 5	180,5	520	Бровка крутого обвально-осыпного уступа водораздельной поверхности
Тк. 6	183,0	1716	Полого-холмистая водораздельная поверхность, осложненная оврагами с пологими и задернованными бортами
Скв. 2	179,9	2523	
Тк. 8	178,1	3719	
Тк. 9	177,6	4284	
Тк. 10	175,2	5010	Пологий делювиальный склон
Тк. 11	171,6	5602	Неровная поверхность III надпойменной террасы, осложненная промоинами и впадинами, формирующимися в лессовых породах
Скв. 3	168,5	6600	
Ш. 21	167,3	7120	
Скв. 4	170,4	7607	
Ш. 22	169,6	8017	
Тк. 16	169,0	8525	
Ш. 23	167,3	9200	
Скв. 5	166,5	9656	
Тк. 19	159,0	10510	Делювиальный склон крутизной 4—6°
Ш. 24	153,5	11280	Ровная слабонаклонная поверхность II надпойменной террасы
Скв. 6	154,1	12020	
Ш. 25	152,1	12782	
Ш. 26	150,6	13710	
Ш. 27	149,8	14336	
Тк. 25	148,1	14680	Бровка уступа II надпойменной террасы
Тк. 26	141,0	15050	Ровная поверхность I надпойменной террасы
Скв. 7	140,2	15600	
Тк. 28	135,0	16500	

Данные о просадочных свойствах лессов по скв. 4

Глубина отбора образца, м	Объемный вес скелета δ , г/см ³	Естественная влажность W , %	Пористость μ , %	Величина нагрузки P , кг/см ²	Относительное уплотнение образца под нагрузкой		Влажность после испытания, %
					до замачивания	через 3 сут после замачивания	
2,5	1,24	11,8	45,2	0,5	0,005	0,034	28,2
				1	0,010	0,040	27,6
				1,5	0,015	0,045	26,9
7,5	1,27	12,9	44,1	1	0,012	0,040	27,4
				1,5	0,017	0,044	25,0
				2	0,021	0,047	24,2
12,5	1,30	14,0	43,5	1	0,011	0,046	27,6
				2	0,021	0,060	26,4
				3	0,03	0,070	25,5
17,5	1,32	16,2	41,5	2	0,023	0,018	30,1
				3	0,032	0,023	29,2
				4	0,039	0,026	28,5
22,5	1,42	20,2	38,7	3	0,038	0,014	30,8
				4	0,046	0,018	30,1
				5	0,051	0,018	29,5

ЛИТЕРАТУРА

Общая

- Геология и плотины, т. 1 — 1959; т. 2 — 1962; т. 3 — 1963; т. 4 — 1965; т. 5 — 1967. М., Госэнергиздат.
- Геология оснований высоких плотин. «Тр. Ин-та ВОДГЕО». М., Стройиздат, 1962.
- Опыт и методика гидрогеологического и инженерно-геологического изучения крупных водохранилищ, т. 2. Изд-во МГУ, 1961.

К задаче № 14

- Горецкий Г. И. Аллювий великих антропогенных прарек русской равнины. М., «Наука», 1964. Гл. 3.
- Кривошеева З. А. Литолого-стратиграфическая характеристика верхнепермских красноцветных отложений Среднего Прикамья как основа для их инженерно-геологической оценки. В сб.: «Вопросы инженерной геологии и грунтоведения». Изд-во МГУ, 1963.
- Тарасова Г. И. Типы склонов Среднего Прикамья, закономерности их формирования и оценка устойчивости. В сб.: «Вопросы инженерной геологии и грунтоведения». Изд-во МГУ, 1963.

К задаче № 15

- Лыкошин А. Г. Павловская ГЭС на р. Уфе. В сб.: «Геология и плотины», т. 1. М., Госэнергиздат.
- Лыкошин А. Г. Инженерно-геологические условия строительства плотин на карбонатных породах. В сб.: «Геология и плотины», т. 3. М., Госэнергиздат, 1963.

К задаче № 16

Карпышев Е. С. Инженерно-геологические условия строительства плотин в областях ледниковой аккумуляции. В сб.: «Геология и плотины», т. 3. М., Госэнергоиздат, 1963.

К задачам № 17 и 18

Конярова Л. П., Нейштадт Л. И. Инженерно-геологические условия строительства плотин на изверженных породах. В сб.: «Геология и плотины», т. 3. М., Госэнергоиздат, 1963.

Зоненшайн Л. П. Тектоника Западного Саяна. М., Госгеолгиздат, 1963.

Пирогов И. А. Инженерно-геологические предпосылки к выбору створа Саяно-Шушенской ГЭС на р. Енисей. «Гидротехническое строительство», 1965, № 1.

К задаче № 19

Веригин Н. Н. Основы теории растворения и вымыва солей при фильтрации воды в горных породах. В сб.: «Инженерно-геологические свойства горных пород и методы их изучения». М., Изд-во АН СССР, 1962.

Маменко Г. К. Камская плотина на р. Каме. В сб.: «Геология и плотины», т. 5. М., «Энергия», 1967.

К задаче № 20

Балаев Л. Г., Царев П. В. Лессовые породы центрального и восточного Предкавказья. М., «Наука», 1964. Гл. 8, 9.

Инженерно-геологические свойства лессовых пород. М., «Наука», 1966. Гл. 9.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРОДСКИХ, ДОРОЖНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

§ 1. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ ОСНОВАНИЙ СООРУЖЕНИЙ

Инженерно-геологическое изучение оснований промышленных, городских и транспортных объектов ведется в целях оценки деформируемости пород, расчетов осадки и устойчивости сооружений, а также прогноза неблагоприятных геологических явлений в период строительства и эксплуатации. Любое инженерное сооружение взаимодействует с геологической средой, оказывает дополнительное давление на породы основания, изменяет режим и движение подземных вод, температурные условия грунтов и др. При строительстве и последующей эксплуатации сооружений, в зависимости от их вида и от геологического строения, возникают следующие неблагоприятные инженерно-геологические явления:

а) деформации толщ пород вследствие их уплотнения, сдвига и выпора под действием веса сооружения;

б) деформации слаболитифицированных песчано-глинистых обводненных пород с непрочными структурными связями в результате возникновения тиксотропных явлений при динамическом воздействии;

в) значительное изменение прочностных и деформационных свойств пород вследствие выщелачивания и механической суффозии, вызванных изменением режима подземных вод;

г) пучение в глинистых и отпор в трещиноватых скальных породах в дне строительных котлованов и выемок, вызванные процессами разгрузки и выветривания, а также «взламывание» пород дна котлового напорными водами;

д) прорывы и притоки подземных вод в выемки и частичное затопление последних;

е) плывуны явления в обводненных песках, лессах и илах при вскрытии их котлованами, особенно при больших градиентах грунтовых и напорных вод;

ж) сезонные мерзлотные деформации пород откосов и дна котлованов;

з) оползни, обрушения и размывы пород в откосах строительных котлованов и временных выемок.

Развитие неблагоприятных, опасных для устойчивости сооружения инженерно-геологических явлений в первую очередь определяется характером и состоянием толщи пород. Различие в процессах и деформациях пород основания обуславливает разную методику их инженерно-

геологического изучения, разведки, опробования, лабораторных и полевых опытов и т. п. Исходя из вероятных видов деформаций пород и возникающих процессов создаются инженерно-геологические схемы для расчетов и моделирования. С этой точки зрения представляется возможным выделить следующих комплексов пород:

- **слаболитифицированные морские и озерные молодые глины, илы, пльвинные мелкие пески, торфяно-глинистые образования;**

- **недоуплотненные и разрыхленные пылеватого состава суглинистые лессовидные породы и лессы;**

- **разнозернистые пески и гравийно-галечниковые образования разного генезиса;**

- **древние глины высокой степени литификации, плотные, чаще морские; моренные валунно-глинистые породы;**

- **аргиллиты, алевролиты, мергели, песчаники рыхлосцементированные, опоки и аналогичные им породы с полужесткими связями;**

- **растворимые породы — гипсы и соли, легко переходящие в пластическое состояние при возрастании напряжений;**

- **прочные карбонатные и песчаниковые осадочные породы с кристаллическими связями, высокой степени литификации, иногда слабометаморфизованные, трещиноватые и закарстованные;**

- **прочные интрузивные, эффузивные и метаморфические трещиноватые породы;**

- **глинистые и щебнисто-глыбовые образования коры выветривания;**

- **глинисто-щебнистые и глыбовые разного состава и мощности — четвертичные и плиоценовые склоновые и пролювиальные образования.**

Рассматривая возможные случаи развития инженерно-геологических процессов и деформаций в породах указанных комплексов, залегающих в основании сооружений, следует различать:

- а) **состояние пород — недоуплотненное, нормальноуплотненное и переуплотненное (перенапряженное для прочных пород), разгруженное и разрыхленное в результате эпигенетических процессов;**

- б) **степень и характер обводненности пород — постоянную, сезонную или отсутствие подземных вод;**

- в) **степень и характер закарстованности и трещиноватости пород (литогенетическая, тектоническая и экзогенная);**

- г) **мерзлое или талое состояние пород, постоянное и периодическое.**

Распределение напряжений в грунтах под фундаментом от веса сооружения, представляемое в идеализированном случае в виде эллипсоида напряжений, значительно усложняется в зависимости от геологических факторов — типов пород, чередования их в разрезе, слоистости и залегания, фациальной неоднородности, текстуры, трещиноватости и т. д. Известное влияние оказывают такие факторы, как сезонная обводненность, температурный режим и др. В соответствии с типом фундамента и основными геологическими факторами необходимо определять форму и величины дополнительных напряжений в «активной зоне». Для ориентировочных прикидок можно применять расчетный метод, а более точное определение распределения и величин напряжений в неоднородных и трещиноватых породах основания сооружений дают методы оптического моделирования или на эквивалентных материалах.

Таким образом, для прогноза инженерно-геологических явлений в породах под фундаментами, в том числе и для расчетов неравномерного уплотнения пород и осадки сооружений во времени, необходимо: детальное изучение геологического разреза; выявление опасных зон и контак-

тов: расчленение толщ на инженерно-геологические элементы и оценка свойств пород.

Инженерно-геологические исследования на участках строительства отдельных крупных сооружений и мостовых переходов предусматривают изучение следующих вопросов, детальность разработки которых различна и зависит от стадии проектирования и особенностей геологических и гидрогеологических условий.

1. Выяснение геолого-литологического строения и залегания подземных вод на территории строительства, в долинах рек и в проливе на одном или нескольких участках проектируемых сооружений в целях выбора трассы моста или площадки с наилучшими инженерно-геологическими условиями. Строение участка речной долины выясняется путем колонкового бурения с отбором образцов пород, проведения детальной инженерно-геологической съемки участка и геофизической разведки.

2. Характеристика по данным лабораторных и полевых опытов физико-технических свойств пород и, в первую очередь коэффициента сжимаемости и модуля деформации при заданных напряжениях в целях выбора несущего слоя для опор моста, подходов и фундаментов зданий.

3. Характеристика современных геологических процессов (подмыв, оползни, обвалы, просадки в лессах, карст и т. п.), происходящих на берегах реки или на стройплощадках, в целях выявления их значения для устойчивости территории и склонов.

4. Изучение гидрогеологических условий участка для оценки агрессивности подземных вод и возможности их дренирования.

5. Характеристика водопроницаемости отложений для оценки водопритока и суффозии в строительных котлованах.

Наиболее существенное значение имеет выбор несущего слоя в целях последующего определения величины возможной осадки сооружения, особенно неравномерной.

В процессе проведения полевых инженерно-геологических исследований и при камеральной обработке материалов полезно сделать ориентировочные расчеты уплотнения толщи пород основания в целях общей оценки явления, уточнения глубины скважин, объемов натурных и лабораторных испытаний. Подобные расчеты рекомендуется выполнять по методике, изложенной в СНИП П-Б-1-62 для случая многослойной толщи и СНИП П-Б-3-62 для отдельно стоящего сооружения на сравнительно однородных породах. В зависимости от характера пород, типа сооружений и вида нагрузок расчеты ведутся по деформациям (второе предельное состояние) или по несущей способности (первое предельное состояние).

Для отдельно стоящих сооружений при равномерной нагрузке на грунт, ограниченной мощности сжимающего слоя, подстилаемого прочными породами, и при условии оттока выжимаемой воды можно рассчитать среднюю осадку S_{cp} по следующей формуле, основанной на теории упругости:

$$S_{cp} = m \frac{BP(1 - \mu^2)}{E_{cp}}, \quad (5-1)$$

где m — коэффициент, зависящий от очертания фундамента и соотношения мощности сжимаемого слоя (H) и ширины фундамента (B), определяется по табл. 5-1, μ — коэффициент Пуассона; E_{cp} — средний модуль деформации без бокового расширения при среднем напряжении; $\tau/\text{м}^2$; P — давление от сооружения, $\tau/\text{м}^2$.

Значения коэффициента m в зависимости от очертания подошвы фундамента

H $B/2$	Очертание подошвы фундамента					
	круг- лое	прямоугольное				ленточное $\alpha=\infty$
		$\alpha=1$	$\alpha=2$	$\alpha=3$	$\alpha=10$	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13
0,50	0,22	0,22	0,24	0,24	0,24	0,25
0,75	0,31	0,31	0,34	0,34	0,35	0,36
1,00	0,38	0,39	0,43	0,44	0,46	0,46
1,50	0,50	0,53	0,59	0,61	0,63	0,64
2,00	0,58	0,62	0,70	0,73	0,77	0,79
2,50	0,63	0,68	0,79	0,83	0,89	0,92
3,00	0,66	0,72	0,87	0,92	1,00	1,03
4,00	0,70	0,77	0,96	1,04	1,15	1,20
5,00	0,72	0,80	1,03	1,13	1,27	1,34

$\alpha = \frac{L}{B}$, где L —размер длинной стороны фундамента; B —размер короткой стороны фундамента.

§ 2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА И СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ И ДРУГИХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Эти исследования характеризуются специфическими задачами и особенностями, в свою очередь определяемыми особым состоянием пород на большой глубине, высокими величинами естественных напряжений, резким изменением гидрогеологических условий и своеобразием процессов и явлений, получивших название — инженерно-геологических явлений глубоких зон земной коры. К ним относятся:

— давление на крепь подземных сооружений неодинаковое в различных направлениях, развивающееся во времени и получившее название «горного давления»;

— пластические деформации преимущественно глинистых пород, гипсовых и соленосных толщ в виде выпирания и пучения дна и стенок подземных выработок;

— отскоки (горные удары) глыб прочных пород;

— обрушение кровли подземных выработок, сдвижение и разрыхление вышележащей толщи пород, нередко с образованием на поверхности воронкообразного понижения («мульды сдвижения»);

— водоприток и, иногда, прорывы подземных вод, расходы которых с течением времени возрастают, если наблюдается сдвижение пород и расширение депрессионной воронки;

— механическая суффозия и выщелачивание по трещинам и пластам пород в связи с большими скоростями фильтрации; развитие процессов суффозии и выщелачивания оказывает определенное влияние на увеличение водопритока и размеры мульды сдвижения;

— прорывы плывунов в подземные выработки;

— изменение термического режима и, как следствие, состояния и свойств пород в стенках подземных сооружений;

— приток газов.

Проявление горного давления, пучения и горные удары обусловлены

процессами разгрузки и резкими градиентами (перепадами) напряжений, вызванными созданием подземной выемки. Естественные напряжения в больших массивах горных пород на глубине создаются: а) давлением от веса вышележащих толщ; б) температурными напряжениями; в) остаточными и непрерывно развивающимися тектоническими процессами и г) распространением и напорами подземных вод. Существенное влияние на распределение естественных напряжений оказывает геологическое строение (состав, залегание, неоднородность и закарстованность пород), наличие и характер тектонических разрывов и трещиноватость, рельеф дневной поверхности и развитие экзогенных процессов. Многофакторность, обуславливающая естественные напряжения в массивах пород, приводит к тому, что, например, в таких регионах, как Балтийский щит или горноскладчатые области Тянь-Шаня, величины напряжений оказываются значительно большими, чем вес вышележащих толщ, а горизонтальные напряжения нередко превышают вертикальные.

Для определения формы и размеров сводов обрушения и мульд сдвигания пород над подземными выработками следует применять моделирование на эквивалентных материалах и оптическое, дающее более точное решение в условиях неоднородного геологического строения. Приближенную величину горного давления для отдельной подземной выработки можно получить расчетом по формуле М. М. Протодяконова:

$$D = \frac{4}{3} \Delta \frac{a^2}{f}, \quad (5-2)$$

где D — горное давление, т/м^2 ; Δ — объемный вес пород; a — половина ширины свода обрушения, м ; f — коэффициент крепости пород по классификации М. М. Протодяконова (см. приложение 9).

При использовании указанного метода расчета горного давления необходимо иметь в виду, что все разнообразие и особенности геологического строения и гидрогеологических условий массива пород находит отражение в указанном коэффициенте. Основные факторы, которые определяют величину коэффициента крепости массива пород, следующие:

- а) петрографический состав пород;
- б) условия залегания пород — горизонтальное, наклонное, вертикальное и складчатое;
- в) трещиноватость массива пород — литогенетическая, тектоническая, экзогенная, искусственная и др.;
- г) обводненность пород массива — наличие подземных вод, величины напора и т. д.

На развитие свода обрушения над подземной выработкой, кроме их размера и геологических условий, оказывают влияние горно-технические факторы; скорость проходки, способы временного крепления и т. д. Многочисленные исследования параметров сводов обрушений на стендах с эквивалентными материалами (Барановский, 1963 и др.) показали исключительно большое значение геологических факторов, особенно в случае складчатого залегания пород, недостаточно учитываемых коэффициентом М. М. Протодяконова.

Величины горного давления можно измерить опытным путем непосредственно в шахтах, штольнях и тоннелях, что обычно и проводится в стадии изысканий для технического проекта или в период строительства. Данные натурных измерений и моделирования выявили иной характер в распределении горного давления от подземной выработки в глубь массива, чем следует из представлений М. М. Протодяконова

о параболическом своде обрушения, который следует считать частным случаем. На небольшом расстоянии от стенки подземной выработки наблюдается значительное возрастание напряжений, получившее название опорного горного давления, относительно быстро снижающееся в глубь массива пород.

При строительстве железнодорожной или автомобильной магистрали в горноскладчатых областях или на оползневых склонах, например на Черноморском побережье Кавказа, на Байкале и в других районах, возникает необходимость борьбы с крупными оползнями, обвалами и другими неблагоприятными геологическими явлениями. Содержание железнодорожного пути в состоянии, пригодном для безопасного и без ограничения скоростей движения поездов, требует обычно крупных затрат. В связи со сложностью и стоимостью мероприятий по борьбе с указанными геологическими явлениями во многих случаях возникает вопрос о тоннельном варианте железнодорожной магистрали на неустойчивом участке горного склона.

Проложение деривационных и строительных тоннелей гидроэлектростанций ставит аналогичные инженерно-геологические вопросы об устойчивости склонов на участках порталов и об оценке пород и явлений внутри массива на значительной глубине.

ЗАДАЧА № 21

СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ОБ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ УЧАСТКА СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРОДСКОГО ЗДАНИЯ¹

На одной из площадок в Юго-Западном районе Москвы предполагается постройка высокого здания, состоящего из центральной части, имеющей в плане очертание прямоугольника со сторонами 100 и 60 м, и примыкающих справа и слева крыльев длиной 160 м каждое (рис. 5-1).

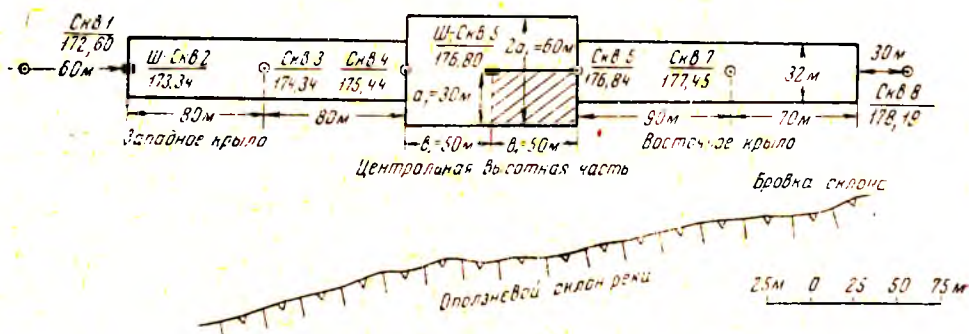


Рис. 5-1. Схема расположения здания и разведочных выработок первой очереди

Предполагаемые глубины заложения фундамента и удельное давление на породы основания различны для крыльев и центральной части здания. Фундамент центральной части здания представляет собой толстую железобетонную плиту, его предполагается заложить на отметке 163,0 м; эта часть здания оказывает давление на грунт, равное 5 кг/см^2 . Фундамент западного и восточного крыльев здания закладывается на отметках 168,0 м; они оказывают давление на грунт 4 кг/см^2 .

¹ Составлена Г. С. Золотаревым.

Описание разрезов выработок

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя от устья, м	
			от	до
Скважина № 1. Отм. устья — 172,60 м				
1	pdQ ₄	Почва влажная	0,0	0,25
2	dQ ₃	Глины желто-серые, пылеватые, влажные	0,25	3,20
3	glQ ₂ ³	Суглинки красно-бурые, с гравием и валунами из- вестняков и гранитов, влажные. При бурении воды в скважине не встречено	3,20	12,50
Шурф-скважина № 2. Отм. устья — 173,34 м				
1	pdQ ₄	Почва влажная	0,0	0,30
2	dQ ₃	Суглинки серовато-коричневые, макропористые, пы- леватые, с растительными остатками, влажные; на контакте суглинков и глин, на глубине 1,50 м — слабое высачивание воды	0,30	1,50
3	dQ ₃	Глины желтовато-серые, пылеватые, гумусированные, влажные	1,50	3,70
4	fglQ ₂	Пески зеленовато-серые, мелкозернистые, влажные	3,70	5,0
5	glQ ₂ ³	Суглинки красно-бурые и коричневые, грубые, с гнез- дами и линзами песка, с гравием и валунами раз- личных пород, влажные; прослой песков обвод- нены	5,00	13,50
6	lglQ ₂ ²	Глины и суглинки желтовато-серые, ожелезненные, слоистые, влажные	13,50	16,50
7	glQ ₂ ²	Суглинки тяжелые красно-бурые и коричневые, гру- бые, с гравием и валунами, влажные	16,50	24,75
8	fglQ ₂ ¹	Пески желто-серые, мелкозернистые, пылеватые, слабовлажные	24,75	26,95
9	Cr _{1ap}	Пески желтые и серые, тонкозернистые, слюдистые, слабовлажные	26,95	28,40
Глубина шурфа 5,20 м. На глубине 5,20 м проведен опыт с пробной нагрузкой на штамп.				
Скважина № 3. Отм. устья — 174,34 м				
1	pdQ ₄	Почва влажная	0,0	0,40
2	dQ ₃	Глины желтовато-серые, с растительными остатками, пылеватые, слоистые, влажные	0,40	3,15
3	glQ ₂ ³	Суглинки и глины красно-бурые и коричневые, плот- ные, с гравием и валунами, с гнездами песка, влажные	3,15	11,30
4	lglQ ₂ ²	Супеси желтовато-серые, пылеватые, неоднородные, влажные	11,30	12,80
5	lglQ ₂ ²	Суглинки серо-коричневые, тонкие, ожелезненные, сильновлажные	12,80	14,50
6	glQ ₂ ²	Суглинки красно-бурые, до глубины 15,50 м грубые, неоднородные, плотные, с гравием и валунами кри- сталлических пород, влажные	14,50	24,90
7	fglQ ₂ ¹	Пески желто-серые, тонкозернистые, глинистые, сла- бовлажные	24,90	26,40
При бурении в скважине воды не встречено, отме- чается повышенная влажность песчаных линз и гнезд в верхнем слое морены.				
Скважина № 4. Отм. устья — 175,44 м				
1	pdQ ₄	Почва слабовлажная	0,0	0,50
2	dQ ₃	Глины серые, с желтым оттенком, рыхлые, с расти- тельными остатками, средней плотности, влажные	0,50	2,60

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя от устья, м	
			от	до
3	glQ ₂ ³	Суглинки красно-бурые, плотные, неоднородные, с гнездами песка, с гравием и валунами, влажные	2,60	8,50
4	lglQ ₂ ²	Глины, с глубины 11,0 м суглинки, желтовато-серые, слоистые, ожелезненные, сильновлажные	8,50	11,90
5	glQ ₂ ²	Супеси коричневые, грубые, неоднородные, с гравием кристаллических пород, плотные, влажные	11,90	14,50
6	glQ ₂ ²	Суглинки и глины красно-бурые и коричневые, участками грубые (особенно вверх слоя), неоднородные, плотные, с линзами песка, гравия и валунов, влажные	14,50	24,80
7	fglQ ₂ ¹	Супеси зеленовато-серые, однородные, плотные, влажные; на глубине 27,70—28,50 м — прослой суглинка	24,80	29,90
8	Cr ₁ ap	Пески желтые и светло-серые, тонкозернистые, однородные, с тонкими прослоями коричневых глин, слабовлажные При бурении воды в скважине не встречено; отмечается повышенная влажность пород на глубине 2,50 м и в песчаных линзах в морене	29,90	35,55
<i>Шурф-скважина № 5. Отм. устья — 176,80 м</i>				
До глубины 17,20 м выработка пройдена шурфом большого сечения, ниже — скважиной колонкового бурения. На глубине 17,2 м произведен опыт с пробной нагрузкой (штампом)				
1	pdQ ₄	Почва влажная	0,0	0,40
2	dQ ₃	Глины желтовато-серые, рыхлые, с растительными остатками, влажные	0,40	3,40
3	fglQ ₂ ³	Суглинки красно-бурые, неоднородные, с гнездами песка, скоплениями гравия и валунов изверженных пород, плотные, влажные	3,40	8,60
4	lglQ ₂ ²	Глины, суглинки с глубины 9,40 м желтовато-серые, слоистые, ожелезненные, сильновлажные, с глубины 9,50 м водонасыщенные	8,60	12,45
5	glQ ₂ ²	Супеси коричневатого-бурые, грубые, неоднородные, плотные, с гравием, влажные	12,45	15,50
6	glQ ₂ ²	Суглинки и глины тяжелые, коричневые и бурые, неоднородные, с гравием и валунами карбонатных изверженных пород, влажные, плотные	15,50	26,55
7	fglQ ₂ ¹	Супеси коричневые и темно-желтые, однородные, средней плотности, влажные; с глубины 30,3 м более тяжелые	26,55	31,40
8	Cr ₁ ap	Пески светло-серые и светло-желтые, тонкозернистые, полевошпатовые, плотные, с редкими 0,3—0,4 м прослойками коричневой глины, влажные, с глубины 45,90 м водоносные	31,40	48,80
9	Cr ₁ nc	Пески желто-бурые разнозернистые, с гнездами слабого песчаника	48,80	55,50
10	Cr ₁ nc	Глины черные, слюдяные, с желваками песчаника и фосфорита и прослоем (1,5 м) разнозернистых песков, влажные	55,50	63,05
11	Cr ₁ v	Пески серые, с зеленоватым оттенком, к низу более светлые, разнозернистые, с конкрециями фосфорита, водоносные	63,05	71,75
12	J ₃ v	Пески глауконитовые зеленовато-серые, слюдяные, мелкозернистые, глинистые, водоносные	71,75	82,45
13	J ₃ v	Глины темно-серые и черные, известковистые, слюдяные, с прослойками глауконитовых песков, с фауной, влажные	82,45	89,05

№ слои	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя от устья, м	
			от	до
14	J ₃ ox	Глины черные, слюдистые, плотные, с обломками аммонитов, влажные При проходке шурфа и бурении скважины встречены подземные воды с установившимся уровнем на глубинах: I — 9,50 м — со слабым водопритоком; II — 45,30 м — со средним водопритоком. <i>Скважина № 6. Отм. устья — 176,84 м</i>	89,05	95,03
1	pdQ ₄	Почва влажная	0,0	0,25
2	dQ ₃	Глины желтовато-серые, с растительными остатками, влажные	0,25	3,10
3	glQ ₂ ³	Суглинки красно-бурые, неоднородные, плотные, с гравием и валунами, влажные	3,10	8,90
4	lglQ ₂ ²	Суглинки серые, ожелезненные, слоистые, с прослойками песка, сильновлажные	8,90	11,75
5	glQ ₂ ²	Супеси красно-бурые с гравием, плотные, влажные	11,75	13,50
6	glQ ₂ ²	Глины коричневатого-бурые, с валунами, плотные, влажные	13,50	18,00
		<i>Скважина № 7. Отм. устья — 177,45 м</i>		
1	pdQ ₄	Почва слабовлажная	0,0	0,30
2	dQ ₃	Суглинки желтовато-серые, тонкие, пылеватые, с растительными остатками, влажные	0,30	3,50
3	glQ ₂ ³	Суглинки красно-бурые, грубые, с гравием и валунами, плотные, влажные	3,50	7,20
4	lglQ ₂ ²	Глины желто-серые, ожелезненные, слоистые, с прослойками глинистых песков	7,20	10,70
5	glQ ₂ ²	Суглинки коричневатого-бурые, неоднородные, валунные, плотные, с гнездами песка и гравия, влажные	10,70	25,10
6	fglQ ₂ ¹	Супеси темно-желтые и коричневые, однородные, слюдистые, с гравием, влажные; на глубине 27,15—28,90 м прослой мелкозернистых глинистых песков	25,10	30,08
7	Cr ₁ ap	Пески светло-желтые и светло-серые, тонкозернистые, слюдистые, слабовлажные В скважине на глубине 7,30 м проведен опыт с пробной нагрузкой (штампом)	30,08	34,40
		<i>Скважина № 8. Отм. устья — 178,19 м</i>		
1	pdQ ₄	Почва слабовлажная	0,0	0,40
2	dQ ₃	Суглинки и глины желтовато-серые, тонкие, пылеватые, с растительными остатками, влажные	0,40	3,75
3	glQ ₂ ³	Суглинки красно-бурые, грубые, неоднородные, с гнездами и прослоями сильновлажных песков, плотные, влажные	3,75	8,35
4	lglQ ₂ ²	Глины серые, охристые, слоистые, с прослойками песков, сильновлажные	8,35	10,70
5	glQ ₂ ²	Суглинки и глины красно-коричневые, валунные, тяжелые, плотные, влажные	10,70	19,35

Состав и свойства ледниковых пород

№ выработки	Глубина взятия образца, м	Гранулометрический состав, %												Естественная влажность W, %	Объемный вес влажного грунта Δ, г/см³	Удельный вес γ, г/см³	Пластичность		Сжимаемость: коэффициент пористости e при нагрузках P, кг/см²					
		размер фракций, мм															предел текучес- ти, W _L	предел пластич- ности, W _P	1	2	3	4	5	6
		>10	10—5	5—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	0,10—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,002	<0,002											
2	5,20	0,6	0,6	1,9	1,0	3,2	6,2	15,0	17,8	23,1	11,7	10,9	9,0	15,6	2,14	2,72	30,7	14,1	0,410	0,398	0,390	0,385	0,380	0,379
5	17,20	0,10	0,6	0,8	0,8	3,1	7,5	22,0	30,3	18,8	4,8	6,1	5,2	11,6	2,17	2,72	22,6	11,7	—	—	—	—	—	—
5	3,0	—	—	—	—	0,6	1,2	3,7	11,8	35,7	15,5	16,5	15,0	24,7	1,98	2,75	37,3	18,4	При проведении опыта в шиф. № 5 на глубине 17,2 м полная осадка штампа при P=5 кг/см² со- ставила 3,6 мм					
5	6,25	—	1,2	1,2	1,5	4,9	6,4	18,1	26,3	22,8	4,0	7,2	6,4	12,9	2,17	2,78	22,2	10,6						
5	9,50	—	—	—	—	1,2	3,5	8,3	21,2	35,8	9,1	8,5	12,4	19,3	—	—	36,9	12,3						
5	24,2	0,5	0,2	0,5	0,7	5,8	8,3	19,4	22,7	22,7	4,8	6,2	9,2	10,0	2,15	2,72	23,3	11,9						
4	2,5	—	—	—	—	—	—	0,2	16,0	29,5	22,8	14,2	17,3	25,0	—	—	38,9	21,0						
4	9,70	—	0,1	0,2	0,7	0,2	0,1	0,5	19,9	32,2	15,5	14,3	16,1	22,5	2,05	2,77	40,3	21,6						
4	5,60	3,6	1,3	2,4	2,2	4,0	5,8	11,3	25,1	19,3	8,5	7,0	9,5	12,0	—	—	20,5	10,3						
4	18,80	—	0,7	1,1	1,1	3,7	6,8	23,8	21,7	15,0	4,5	9,6	11,0	14,2	—	—	25,5	12,4						
4	29,65	—	—	—	—	—	1,6	13,6	53,0	17,0	3,2	6,6	5,0	11,5	—	—	23,2	17,7						
4	35,5	—	0,4	0,1	0,1	0,7	5,5	69,0	13,9	2,9	2,7	2,5	2,2	9,7	—	—	—	—						
7	7,30	1,1	0,1	0,4	0,4	2,1	3,8	14,0	2,2	3,75	2,0	6,5	10,0	24,6	2,00	2,72	32,8	14,3	Полная осадка штампа при P=4 кг/см² равна 7,8 мм					

Для предварительной характеристики инженерно-геологических условий площадки строительства по длинной оси проектируемого здания разбурены восемь скважин (рис. 5-1), выполнено лабораторное и полевое опробование физико-механических свойств пород. Описание разрезов скважин приведено в табл. 5-2. При проходке шурфов и скважин были отобраны монолитные образцы для изучения состава, состояния и физико-механических свойств ледниковых отложений; результаты определений сведены в табл. 5-3.

Используя данные предварительных инженерно-геологических работ требуется:

1) построить инженерно-геологический разрез по створу разбуренных скважин в масштабе: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200;

2) обработать результаты лабораторного изучения состояния и физико-механических свойств ледниковых пород: вычислить число пластичности, коэффициент консолидации, пористость и естественную уплотненность (по В. А. Приклонскому); нанести эти данные на разрез;

3) рассчитать напряжения от веса центральной части здания на глубине 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 и 60 м от подошвы фундамента;

4) составить краткое заключение об инженерно-геологических условиях площадки строительства, обратив внимание на:

а) выбор несущего слоя для центральной части и крыльев здания;

б) возможность неравномерной осадки сооружения;

в) меры защиты подвальных помещений от грунтовых вод;

5) задачи детальных инженерно-геологических исследований.

ЗАДАЧА № 22

ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТРАССЫ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА¹

Проектируется мостовой переход через реку для городского и железнодорожного транспорта в одном из районов Предуралья, с примыканием к существующей железной дороге.

Левый берег реки пологий, правый — крутой на большом протяжении. Предусмотрено строительство двухпролетного железобетонного моста на бетонных опорах с высокой подходной насыпью или эстакадой на левом берегу реки и глубокой выемкой или затяжным ходом по склону. Мост и подход к нему проектируются без уклона, с отметкой проезжей части 250 м. Три опоры намечены у скважин 4, 5, 6 и 7. Нагрузка на породы основания от опор равна 6—8 кг/см².

При инженерно-геологических исследованиях для проектного задания мостового перехода были выполнены следующие работы: а) топографическая и инженерно-геологическая съемка масштаба 1 : 2000 (рис. 5-2, табл. 5-4); б) вертикальное электрическое зондирование (табл. 5-5); в) бурение скважин по оси перехода (табл. 5-6); г) полевые гидрогеологические исследования (табл. 5-7); д) изучение трещиноватости (табл. 5-9); е) лабораторные определения свойств пород (табл. 5-8).

¹ Составлена В. С. Федоренко.

Требуется:

1) составить инженерно-геологический разрез по оси мостового перехода в масштабе: горизонтальный — $1:2000$, вертикальный — $1:500$, на котором показать литологический состав пород и их свойства, уровни подземных вод, данные о трещиноватости, откачек и т. п.;

2) дать заключение об инженерно-геологических условиях мостового перехода: а) ориентировочно оценить уплотнение пород основания высокой насыпи на участке переуглубленной долины; б) оценить агрессивность вод к бетону; в) оценить степень закарстованности гипсов и инженерно-геологическое значение этого процесса, а также рекомендовать укрепительные меры, обеспечивающие устойчивость оснований сооружений и откосов при динамических нагрузках; г) используя результаты предварительной разведки и нормативные документы, рекомендовать несущие слои для мостовых опор, глубины их заложения и схему наилучшего расположения с точки зрения инженерно-геологических условий; д) вычислить параметры и построить графики компрессионных кривых для глинистых песков и глин;

3) определить задачи дальнейших инженерно-геологических исследований.

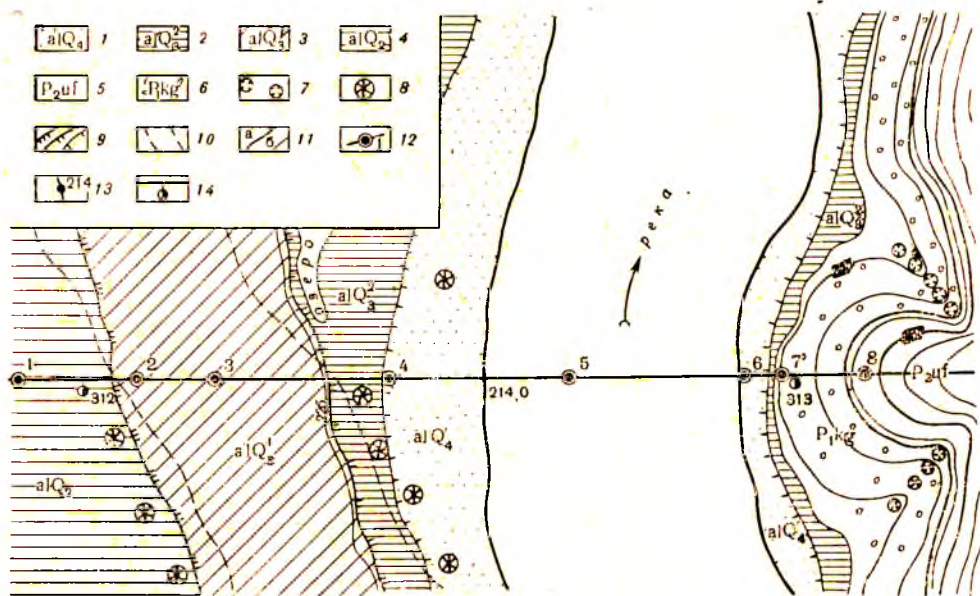


Рис. 5-2. Геологическая схема участка мостового перехода:
 четвертичные отложения: 1 — поймы и русла — суглинки пластичные, пески разнозернистые и галечники ($al Q_4$); 2 — I террасы — суглинки тяжелые, слоистые с включением галек ($al Q_3^1$); 3 — II террасы — супеси пылеватые, пески разнозернистые, кварцевые и галечники крупные и средние ($al Q_3^1$); 4 — III террасы — суглинки пылеватые, известковистые, пески кварцевые, крупнозернистые, галечники ($al Q_2$); пермские отложения: 5 — известняки темно-серые, мелкокристаллические, крепкие, с редкими прослоями мелкозернистых песчаников (P_{2uf}); 6 — гипсы белые и красновато-серые, сильно-закарстованные (P_{1kg}); 7 — карстовые воронки конусовидные и колодцеобразные; 8 — западины карстовые; 9 — бровки террас; 10 — погребенная неогеновая долина; 11 — границы стратиграфические (a) и геоморфологические (б); 12 — ось мостового перехода; скважины и их номера; 13 — меженный урез реки и его отметка; 14 — километры

Примечание. Делювиальные отложения на схеме не показаны.

Топографические данные для построения инженерно-геологического разреза

Пикеты	Отметка поверхности земли, м	Краткое описание
4—00	237,3	Поверхность III надпойменной террасы на левом берегу (начало разреза)
4+50	237,1	Скв. 1
4+80	230,5	Тыловой шов II надпойменной террасы
5+12	230,3	Скв. 2
6+20	229,5	Скв. 3
7+70	224,8	Тыловой шов I надпойменной террасы
8+55	221,7	Тыловой шов поймы
8+66	221,3	Скв. 4
10+00	214,0	Меженный уровень реки (паводковый 220—222 м)
11+20	210,7	Скв. 5
13+60	214,0	Урез реки
13+70	218,3	Скв. 6
13+94	219,2	Тыловой шов поймы
14+12	225,2	Бровка I надпойменной террасы
14+20	227,1	Скв. 7
14+55	257,2	Скв. 8. Склон делювиальный с карстовыми воронками
15+40	290,0	
15+90	320,4	Бровка делювиального склона Приводораздельный склон
16+40	350,3	
17+00	360,1	

Таблица 5-5

Результаты вертикального электрического зондирования

Точка ВЭЗ		Глубина залегания нижней границы, м	
пикет	отметка поверхности земли, м	четвертичных и плиоценовых песчано-глинистых пород	закарстованных гипсов
5+40	230,1	95	120
6+00	229,7	112	145
6+60	229,1	108	136
7+40	227,8	56	95
7+80	224,3	30	63
9+80	220,2	15	20
10+80	210,1	12	18
12+10	203,9	7	15
12+80	201,5	8	16
13+40	206,5	14	24

Описание разрезов буровых скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина, м	
			от	до
Скважина № 1. Отм. устья — 237,1 м				
1	alQ ₂	Суглинки тяжелые, темно-серые, пылеватые, слабо- влажные, слабопластичные	0,0	6,4
2	alQ ₂	Пески кварцевые темно-серые, слюдистые, крупно- зернистые, с редкой галькой и гравием кварца, кремня и карбонатных пород, влажные	6,4	18,1
3	alQ ₂	Галечники крупные и средние, из кремня, кварца, известняков и песчаников. Заполнитель — песок темно-серый, кварцевый, разнозернистый; водонос- ные	18,1	33,5
4	P ₁ kg	Гипсы белые, крупно- и мелкозернистые, слоистые, трещиноватые, с редкими прослоями красновато-се- рых известняков мощностью до 0,2 м	33,5	49,1
5	P ₁ kg	Ангидриды серовато-голубые, тонкозернистые, тол- стослоистые, слаботрещиноватые	49,1	52,4
Скважина № 2. Отм. устья — 230,3 м				
1	alQ ₃ ¹	Супеси тяжелые буровато-коричневые, пылеватые, из- вестковистые и слюдистые, пятнами ожелезненные, с редкими тонкими прослойками бурых суглинков	0,0	5,7
2	alQ ₃ ¹	Пески серые и желтовато-серые, кварцевые, мелко- зернистые, глинистые, слюдистые, известковистые, плотные, влажные, с глубины 8,0 м водоносные	5,7	12,4
3	alQ ₃ ¹	Галечники крупные и средние из кремня и кварца; заполнитель — песок темно-серый, кварцевый, раз- нозернистый; водоносные	12,4	20,7
4	alQ ₂	Галечники средние и мелкие из кремня, кварца, из- вестняков и песчаников. Заполнитель — пески тем- но-серые, кварцевые, разнозернистые, с окатышами темно-серых глин; водоносные	20,7	27,2
5	N ₂ ak	Глины темно-серые, тяжелые, слоистые, плотные, влажные, пластичные, с редкой галькой карбонат- ных пород	27,2	33,0
6	N ₂ ak	Пески буровато-желтые, разнозернистые, кварцево- полевошпатовые, глинистые, с редкой галькой кар- бонатных пород; водоносные	33,0	43,6
7	N ₂ ak	Глины аналогичные сл. 5	43,6	51,5
8	al—dN ₂	Обломки и щебень известняка в песчаном и суглини- стом заполнителе	51,5	56,4
9	P ₁ kg	Гипсы белые, иногда красновато-серые, слоистые, крупно- и мелкокристаллические, с прослоями красновато-серых известняков мощностью до 0,4 м. Породы сильно закарстованы до глубины 90,0 м. Преобладают каверны размером до 30 см, преры- вистого распространения, заполненные краснова- то-серыми глинами с песком и обломками вывет- релых известняков	56,4	99,5
Скважина № 3. Отм. устья — 229,5 м				
1	alQ ₃ ¹	Супеси тяжелые буровато-коричневые, известкови- стые и слюдистые, с пятнами ожелезнения, с ред- кими тонкими прослойками суглинков, влажные	0,0	6,0
2	alQ ₃ ¹	Пески серые и желтовато-серые, кварцевые, тонко- и мелкозернистые, глинистые, слюдистые, влажные, с глубины 8,20 м водоносные	6,0	16,2
3	alQ ₃ ¹	Пески серые и коричневатые-серые, кварцевые, разно- зернистые, слюдистые, с редкой галькой в нижней части слоя, водоносные	16,2	22,5

№ скважины	Геологический индекс	Описание пород	Глубина, м	
			от	до
4	alQ ₃ ¹	Галечники крупные и средние, из кремня, кварца и яшмовидных пород. Заполнитель — пески темно-серые, разномзернистые, преимущественно крупные, кварцевые; водоносные	22,5	39,6
5	N ₂ ak	Глины темно-серые, пылеватые, слоистые, влажные, пластичные, с редкой галькой	39,5	45,3
6	N ₂ ak	Пески буровато-желтые, разномзернистые, кварцево-полевошпатовые, слабоглинистые, с гравием; водоносные	45,3	47,8
7	N ₂ ak	Глины аналогичные сл. 5	47,8	56,1
8	N ₂ ak	Пески буровато-желтые, кварцево-полевошпатовые, разномзернистые, слабо глинистые, с редкими прослоями темно-серых глин; водоносные	56,1	71,5
9	N ₂ ak	Глины аналогичные сл. 5	71,5	97,5
10	N ₂ ak	Галечники мелкие из кремнистых и карбонатных пород. Заполнитель — пески буровато-серые, кварцевые, разномзернистые (30%), водоносные	97,5	109,0
11	P ₁ kg	Гипсы белые и красноватые, тонкослоистые, закарстованные	109,0	116,5
<i>Скважина № 4. Отм. устья — 221,3 м</i>				
1	alQ ₄	Суглинки легкие темно-серые, слюдястые, влажные, пластичные	0,0	2,5
2	alQ ₄	Пески темно-серые, разномзернистые, кварцевые, слюдястые, с галькой и гравием (до 10%), влажные	2,5	5,0
3	alQ ₃ ²	Суглинки тяжелые буровато-коричневые, слюдястые, слоистые, с пятнами ожелезнения и сажистыми примазками; влажные до глубины 57,0 м, ниже — водонасыщенные	5,0	10,5
4	alQ ₃ ²	Галечники средние из кремня, кварца и известняков. Заполнитель — темно-серый, разномзернистый, кварцевый, слюдястый, песок (до 20%); водоносные	10,5	15,0
5	P ₁ kg	Гипсы светло-серые, трещиноватые, слоистые, до глубины 20,5 м сильно закарстованные и обводненные	15,0	50,5
6	P ₁ kg	Ангидриты серовато-голубые, тонкозернистые, массивные, слаботрещиноватые	50,5	61,0
<i>Скважина № 5. Отм. дна реки — 210,7 м</i>				
1	alQ ₄	Пески кварцевые темно-серые, разномзернистые, слюдястые, с редкой галькой и гравием; до глубины 1,5 м глинистые	0,0	5,0
2	alQ ₄	Галечники средние и мелкие из кварца, кремня, известняков и песчаников. Заполнитель — пески серые, разномзернистые, кварцевые, слюдястые	5,0	11,3
3	P ₁ kg	Гипсы желтые и красновато-серые, тонкослоистые, до глубины 26,0 м сильно закарстованные, глубже слаботрещиноватые	11,3	49,6
<i>Скважина № 6. Отм. устья — 218,3 м</i>				
1	alQ ₄	Суглинки темно-серые, слюдястые, сильно влажные, мягкопластичные, с перегнившими остатками растений	0,0	5,5
2	alQ ₄	Пески темно-серые, разномзернистые, кварцевые, слюдястые, с редкой галькой и гравием кремня и кварца, водоносные	5,5	11,5
3	alQ ₄	Галечники средние и мелкие, из кварца, кремня, известняков и песчаников, с разномзернистым серым глинистым слюдясто-кварцевым песком, водоносные	11,5	28,0

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина, м	
			от	до
4	P ₁ kg	Гипсы светло-серые, слоистые, трещиноватые; обводненные; до глубины 38,0 м с почти горизонтальными кавернами диаметром 5—10 см, иногда выполненными темно-коричневыми супесями	28,0	58,0
		<i>Скважина № 7. Отм. устья — 227,1 м</i>		
1	dQ ₄	Суглинки желтовато-серые, известковистые, с щебнем местных пород, слабовлажные	0,0	2,0
2	alQ ₃	Суглинки средние буровато-коричневые, слюдястые, слоистые, с сажистыми примазками, пятнами ожелезнения и корнями растений, влажные, пластичные	2,0	11,0
3	alQ ₃	Пески кварцевые желтовато-коричневые, мелкозернистые, с гравием и галькой в нижней части слоя; водоносные	11,0	17,3
4	alQ ₃ 3	Галечники мелкие из кремня, кварца, известняков и песчаников, с темно-серым разномзернистым кварцевым песчаным заполнителем; водоносные	17,3	24,0
5	P ₁ kg	Гипсы белые и красновато-серые, тонкослоистые, крупно- и мелкокристаллические; до глубины 45,0 м сильно закарстованные и обводненные, глубже — трещиноватые. Каверны субгоризонтальные, обычно полые	24,0	66,7
		<i>Скважина № 8. Отм. устья — 290,0 м</i>		
1	dQ ₃₋₄	Суглинки желтовато-серые, известковистые, с щебнем местных пород, слабовлажные, полутвердые	0,0	2,5
2	P ₂ uf	Известняки темно-серые, преимущественно толсто-слоистые, крепкие, до глубины 8 м сильно трещиноватые и глубже — трещиноватые, переслаивающиеся с красновато-коричневыми мелкозернистыми песчаниками, глинами и мергелями; песчаники обводнены в нижней части толщи	2,5	24,0
3	P ₁ kg	Гипсы белые, иногда красновато-серые, тонкослоистые, крупно- и мелкокристаллические, с прослоями мергелей; до глубины 5,76 м преобладают субвертикальные каверны, шириной до 10—15 см, частично заполненные бурым суглинком со щебнем. В интервале 76,0—92,0 м встречены частые субгоризонтальные каверны размером до 25—30 см, иногда выполненные суглинком	24,0	105,0
4	P ₁ kg	Ангидриты серовато-голубые, тонкозернистые, толсто-слоистые, слаботрещиноватые	105,0	117,3

Дополнительные данные

Растворимость гипсов (в % от первоначального веса образца) за 25 сут при скорости движения подземных вод по трещинам 2,0 м/час характеризуется:

для тонкослоистых разностей — 77,5 %;
 для мелкокристаллических — 57,8 %;
 для крупнокристаллических — 49,5 %.

Данные о подземных водах и водопроницаемости пород

Глубина, м	Номера скважин и водоносных горизонтов												
	8		7		6	4		3			2		1
	I	II	I	II	I	I	I	I	II	III	I	II	I
Появления воды Установившегося уровня	18,9	66,0	11,0	45,0	4,8	10,5	8,4	56,0	97,3	8,3	33,0	13,3	
	16,9	46,0	10,0	12,3	3,6	6,2	8,2	16,0	14,3	8,0	15,1	13,0	
Коэффициент фильтрации по данным опытных от- качек, м/сут*	30		80		—	—		100		—		—	
	13,9—24,0		30—45					22,0—39,6					
Тип и минерализация вод	В кунгурских отложениях сульфатно-кальциевые с минерализацией до 4 г/л В уфимских отложениях гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией до 0,4—0,5 г/л												
Содержание, мл/л: HCO ₃ свободной CO ₂ SO ₄	в водах кунгурских пород												
	—												
	300												
	в водах уфимских отложений												
	75—150												
	25—50												
	—												

* В знаменателе интервалы глубин опробования, м.

Данные о свойствах четвертичных и акчагыльских пород
(обобщенные показатели)

Физические свойства

Скважина и глубина отбора образца, м	Порода и ее индекс	Природная влажность W , %	Объемный вес Δ , $г/см^3$	Вес скелета δ , $г/см^3$	Удельный вес γ , $г/см^3$	Пределы пластичности		Гранулометрический состав, %					
						верхний W_f	нижний W_p	>2	2-1	1-0,5	0,5-0,05	0,05-0,005	<0,002
3 42,0	Глины N_{2ak}	33,5	1,83	1,38	2,71	77,8	36,6	—	0,5	2,1	20,5	46,2	20,7
3 10,0	Пески alQ_3^1	22,8	1,95	1,58	2,68	—	—	—	7,2	29,0	48,6	13,6	1,6
5 3,50	Пески alQ_4	31,2	2,06	1,71	2,73	—	—	0,8	13,3	35,7	44,0	4,7	1,5

Сопротивление сдвигу

Скважина и глубина отбора образца, м	Порода и ее индекс	Угол внутреннего трения, φ ф	Сцепление c , $кг/см^2$	Коэффициент сдвига φ фр при вертикальном давлении σ , $кг/см^2$				Примечание
				2	4	6	6	
3 42,0	Глины N_{2ak}	0,318	0,512	0,763	0,640	0,597	0,597	Определено на приборах Гидро- проекта с предварительным уп- лотнением по схеме медленного сдвига
3 10,0	Пески alQ_3^1	—	—	0,588	—	0,533	0,533	
5 3,50	Пески alQ_4	—	—	0,559	—	0,518	0,518	

Сжимаемость

Сжимаемость и глубина отбора образца, м	Порода и ее индекс	Коэффициент пористости e при вертикальном давлении σ_v , кг/см ²								Модуль сжатия E_c , мм/мм
		0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0	
$\frac{3}{42,0}$	Глины N_{2ak}	0,920	0,860	0,820	0,780	0,765	0,755	0,745	0,740	2,72
$\frac{3}{10,0}$	Пески alQ_3^1	0,715	0,710	0,701	0,694	0,688	0,689	0,672	0,666	2,10
$\frac{4}{7,0}$	Суглинки alQ_3^2	0,750	0,720	0,695	0,675	0,665	0,645	0,630	0,622	2,16

Дополнительные данные:

1. Объемный вес галечников принят равным $1,90 \text{ г/см}^3$ (в сухом состоянии).
2. По лабораторным данным объемный вес гипсов $2,20 \text{ г/см}^3$, сопротивление одноосному сжатию:
 - а) для плотных разновидностей $R=90 \text{ кг/см}^2$;
 - б) с микротрещинами: $R=60 \text{ кг/см}^2$.

Трещиноватость пермских пород
(статистические данные)

Породы	Генетические типы трещин	Элементы залегания		Расстояние между трещинами, см	Длина трещин, м	Рас- крытие, мм	Коли- чество замеров
		угол пад.	аз. пад.				
Уфимские известняки	напластования литогенети- ческие	3°	CЗ 310°	50	20	5	89
		80°	ЮЗ 230°	70	10	3	110
		85°	CЗ 315°	100	5	3	77
	тектонические	80°	ЮЗ 235°	около 400	больше 100	10	75
		85°	CЗ 290°	около 700	больше 50	5	53
Кунгурские гипсы	напластования литогенети- ческие	3°	CЗ 310°	20	7	1	45
		83°	ЮЗ 230°	100	10	3	78
		85°	CЗ 320°	150	5	2	61
	тектонические	85°	ЮЗ 235°	около 500	30	3	42
		87°	CЗ 295°	около 800	20	3	35

ЗАДАЧА № 23

СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ОБ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ УЧАСТКА ТРАССЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВАРИАНТОВ НАЗЕМНОГО ПУТИ¹

В одном из оползневых горных районов проведены предварительные инженерно-геологические работы с целью выявления наилучших условий для прокладки железнодорожной магистрали. Конкурируют три варианта: два — наземных и один — тоннельный. Трасса в первом варианте проектируется в основании южного склона вблизи горного озера; вторая — на северном склоне, за гребнем; обе трассы пересекают несколько участков с действующими оползнями и оврагами. Тоннельный вариант дает возможность проложить путь вне влияния оползней.

Предварительные исследования состояли: из маршрутной инженерно-геологической съемки района; проходки разведочных шурфов и скважин, которыми выявлены сложное геологическое строение и гидрогеологические условия склонов, и в определении свойств пород. Мощность оползневых накоплений на некоторых участках достигает 50—60 м; они образованы древними и современными оползнями различных типов. Вскрыты подземные воды, заключенные в дочетвертичных и четвертичных отложениях. Некоторые водоносные горизонты обладают высокими напорами, оказывающими взвешивающее давление на оползневые массы. Отметки порталов тоннеля около 120 м.

На основании полученных материалов требуется:

1) составить схематическую геологическую карту на прилагаемой топографической основе (рис. 5-3) по данным маршрутной инженерно-геологической съемки и согласно описаниям скважин и шурфов;

2) составить инженерно-геологические разрезы по линиям I-I и II-II в масштабе 1:2000 и по линии III-III, по трассе возможного тоннеля в масштабе 1:2000, используя данные табл. 5-11, и нанести показатели свойств пород

¹ Составлена Г. С. Золотаревым.

3) рассчитать устойчивость существующих оползневых масс, используя геологический разрез и данные лабораторного изучения сопротивления сдвигу оползневых пород (табл. 5-10);

4) охарактеризовать величину горного давления на крепь двупутного тоннеля на наиболее сложном участке и дать прогноз инженерно-геологических явлений;

5) составить предварительное заключение об инженерно-геологических условиях оползневого склона, обратив внимание на возможные неблагоприятные явления, и дать сравнительную характеристику наземным и тоннельному вариантам железнодорожной магистрали;

6) сформулировать вопросы дальнейших инженерно-геологических исследований для окончательного решения вопроса о преимуществах наземного или тоннельного варианта, указав виды и объемы работ.

Описание точек наблюдения при маршрутной съемке масштаба 1:10 000

1. Точки № 1 — 44 геоморфологические, отбивающие верхнюю границу развития древних и современных оползней различных типов, выраженных в рельефе.

2. Обнажения с № 45 по 49 расположены на контактах между серыми песчаниками (Pg_2^2), массивными, трещиноватыми, содержащими частые прослои черных слоистых глин, и известковистыми слоистыми глинами (Pg_2^1).

3. Точки с № 50 по 57 — расположены на контакте слоистых черных глин и серых песчаников (Pg_2^2) с нижележащей пачкой известковых и слоистых глин с мергелями (Pg_2^1); установлены по обнажению и по интерполяции между разведочными выработками.

4. Обнажения, расчистки и шурфы с № 58 по 67 обнаружили контакт пачки известковистых слоистых глин (Pg_2^1) с толщей пестроцветных очень плотных мергелей (Pg_1).

Таблица 5-10

Физико-механические свойства оползневых пород

№ выработки	Глубина изъятия монолита, м	Наименование породы и ее возраст	Гранулометрический состав, %			Естественная влажность W , %	Пластичность		Удельный вес γ , г/см ³	Объемный вес влажного грунта Δ , г/см ³	Сопротивление сдвигу		
			фракции, мм				предел текучести W_f	предел текучести W_p			угол внутреннего трения φ	сцепление c , кг/см ²	влажность при сдвиге, %
			>0,05	0,05—0,005	<0,005								
10	21,50	Глинистая масса из зоны оползневого перемещения оползня-блока (дрQ ₃)	10,2	23,4	66,4	25,1	41,5	27,0	2,72	2,00	12	0,15	28,5
2	4,50	Глина желто-бурая, комковатая, со щебенкой (дрQ ₄)	29,1	31,5	39,4	29,0	40,6	21,8	2,70	1,96	10 8	0,10 0,05	29 38
	1,90	Глина желтая, песчаная (дрQ ₃)	27,0	29,4	43,6	33,6	43,6	25,6	2,75	1,86	14 8	0,10 0,06	33,6 41,5

Описание разрезов разведочных скважин и шурфов

№ слоев	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м		Глубина уров- ня воды, м	
			от	до	появ- ления	устано- вивше- гося
Скважина № 1. Отм. устья — 271,50 м						
1	pdQ ₄	Почва	0,0	0,30	—	—
2	dpQ ₄	Глины желтые, с редкой щебенкой пес- чаников	0,30	7,80	—	—
3	dpQ ₃₋₄	Глины и суглинки желто-бурые, с боль- шим количеством щебенки песчаников и отдельными глыбами; водонасыщен- ные	7,80	16,20	7,80	6,20
4	Pg ₂ ¹	Песчаники серые, трещиноватые, пере- слаивающиеся с известковистыми гли- нами, падение под углом 10°	16,20	28,90	—	—
Шурф № 2. Отм. устья — 135,40 м						
1	dpQ ₄	Суглинки желто-бурые, с известковисты- ми пятнами, с глубины 4,0 м переходя- щие в глины со щебнем песчаников; влажные, с глубины 1,50 м водонасы- щенные	0,0	8,40	2,10	1,50
2	dpQ ₃	Смещенные пачки палеогеновых песчани- ков и известковистых глин с глинистым материалом между пачками	8,40	19,90	17,80	7,50
3	Pg ₂ ²	Мергели глинистые, плотные, переслан- ивающиеся с песчаниками; падение под углом 14°	19,90	24,90	—	—
Скважина № 3. Отм. устья — 127,80 м						
1	alQ ₃	Мелкий галечник с глинистым песком; водоносный с глубины 1,60 м	0,60	2,60	1,80	1,60
2	dpQ ₃	Пачки и глыбы песчаников и известкови- стых глин, плотного сложения	2,60	10,20	9,60	4,30
3	Pg ₂ ²	Глины известковистые, плотные, с часты- ми прослоями тонкозернистых песчани- ков	10,20	20,40	—	—
Шурф № 4. Отм. устья — 136,20 м						
1	dpQ ₄	Суглинки серо-желтые со щебенкой гли- ны и песчаников; водонасыщенные	0,0	5,60	3,40	2,80
2	dpQ ₃	Смещенные и раздробленные пачки и глыбы известковистых глин с прослоя- ми песчаников, с глинистой массой, за- полняющей промежутки между пачка- ми, обводнены в местах дробления	5,60	24,20	21,60	10,20
3	Pg ₂ ²	Глины и песчаники в коренном залега- нии	24,20	31,50	—	—
Скважина № 5 Отм. устья — 139,80 м						
1	dpQ ₄	Суглинки и глины желто-бурые со ще- бенкой и отдельными глыбами песчани- ков; влажные, к низу водонасыщенные	0,0	11,80	5,80	5,0
2	dpQ ₄	Смещенные пачки песчаников и глин с глинистым заполнителем, обводненные	11,80	31,20	20,10	7,90
3	Pg ₂ ¹	Известковистые глины с редкими тонки- ми прослоями песчаников	31,20	45,50	—	—
Скважина № 6. Отм. устья — 196,20 м						
1	d—dpQ ₄	Суглинки и глины желто-бурые, плотные, с щебенкой и отдельными глыбами пес- чанника; влажные	0,0	15,40	10,20	8,80

№ слоев	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м		Глубина уров- ня воды, м	
			от	до	появ- ления	устано- вивше- гося
2	dpQ ₃	Смещенные и раздробленные пачки и блоки олигоценых песчаников и глин с глинистым материалом	15,40	62,80	45,60	28,20
3	Pg ₂ ¹	Мергели с тонкими песчаными прослоями	62,80	75,50	—	—
4	Pg ₁	Мергели пестроцветные, очень плотные	75,50	90,00	—	—
		<i>Шурф № 7. Отм. устья — 294,20 м</i>				
1	dpQ ₄	Глины песчанистые, желтые и желто-се- рые, с щебенкой грубых песчаников; влажные, с глубины 2,80 м, водонасы- щенные	0,0	8,20	3,50	2,80
2	Pg ₂ ¹	Глины серые, известковистые, слоистые, с прослоями мелкозернистых глинистых песчаников; слои падают под углом 12—13°	8,20	15,0	Обводнены в верхней час- ти по тре- щинам	
		<i>Скважина № 8. Отм. устья — 186,50 м</i>				
1	dpQ ₄	Глины желтые, жирные, пластичные . .	0,0	8,30	Повышенная влажность с глубины 4,80 м	
2	dpQ ₃	Смещенные пачки и глыбы песчаников и глин, плотного сложения, с глинистым заполнителем	8,30	18,60	12,20	10,10
3	Pg ₂ ²	Песчаники серые, трещиноватые, обвод- ненные, мелкозернистые, с частыми прослоями известковистых глин	18,60	43,0	25,50+1,80 (самоизлив)	
		<i>Скважина № 9. Отм. устья — 228,0 м</i>				
1	dpQ ₄	Глины желто-бурые, плотные, пластич- ные, со щебенкой и обломками (до 10—15%) выветрелых песчаников, влажные	0,0	9,00	8,30	6,40
2	dpQ ₃	Смещенные пачки и глыбы известкови- стых глин и песчаников, с заполните- лем в виде глинистой сильновлажной массы	9,0	32,60	25,10	15,60
3	Pg ₂ ¹	Мергели серые, глинистые, слоистые, трещиноватые, с редкими прослоями тонкозернистых песчаников	32,60	45,0	—	—
		<i>Скважина № 10. Отм. устья — 185,0 м</i>				
1	dpQ ₄	Суглинки и глины желтые, известкови- стые, пластичные, со щебенкой и от- дельными глыбами песчаников; влаж- ные и водонасыщенные	0,0	14,30	10,20	9,60
2	dpQ ₃	Смещенные и раздробленные блоки и пачки известковистых глин, мергелей и песчаников с глинистым заполнителем	14,30	62,20	41,50	28,10
3	Pg ₂ ¹	Глины серые, слоистые, сильноизвестко- вистые (в коренном залегании)	62,20	75,00	—	—
		<i>Скважина № 11. Отм. устья — 144,80 м</i>				
1	dpQ ₄	Глины серо-желтые, с большим количе- ством щебенки песчаников и мерге- лей; влажные	0,0	6,80	5,60	6,0

№ слоев	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м		Глубина уров- ня воды, м	
			от	до	появ- ления	устано- вивше- гося
2	dpQ ₃	Смещенные и раздробленные пачки глин, мергелей и песчаников	6,80	31,20	22,60	15,40
3	Pg ₂ ¹	Глины и мергели серые, слоистые, плотные, с углом падения (по керну) 10—12°	31,20	45,0	—	—
		Скважина № 12. Отм. устья — 242,60 м				
1	dpQ ₄	Глины желто-серые, известковистые, с мелкими обломками мергелей, водонасыщенные	0,0	12,40	6,20	4,80
2	Pg ₁	Мергели пестроцветные, плотные, сверху выветрелые	12,40	3,05	—	—

ЗАДАЧА № 24

СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ОБ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ТРАССЫ ДЕРИВАЦИОННЫХ ТОННЕЛЕЙ¹

В одном из районов Кавказа проектируется деривационная ГЭС. Предполагается построить арочную плотину на р. Малая, подземное здание гидроэлектростанции на правом берегу р. Главной и напорный тоннель к нему. Для увеличения мощности гидроэлектростанции предполагается переброска вод в водохранилище через безнапорный тоннель из р. Большой (рис. 5-4). Входные порталы тоннелей расположены на отметках: безнапорного — 620 м; напорного — 595 м; уклон напорного тоннеля 0,005.

Предварительные исследования включали инженерно-геологическую съемку участка в масштабе 1:25 000 и бурение скважин по трассам тоннелей. Были получены данные о геологическом строении участка, обводненности и свойствах различных комплексов пород (табл. 5-13; 5-12 и 5-14). Были проложены тахеометрические профили и выполнено геологическое описание трасс безнапорного и напорного тоннелей (табл. 5-15).

На основании полученных полевых материалов требуется:

1) составить инженерно-геологические разрезы по трассам безнапорного и напорного тоннелей в масштабе 1:10 000 (вертикальный), 1:2000 (горизонтальный), показать литологические особенности, обводненность и свойства пород;

2) дать прогноз развития неблагоприятных инженерно-геологических явлений на различных участках и в разных комплексах по трассам тоннелей;

3) оценить возможность и места водопритокров при строительстве тоннелей;

4) составить предварительное заключение об инженерно-геологических условиях трасс напорного и безнапорного тоннелей;

5) наметить основные задачи дальнейших инженерно-геологических исследований для обоснования технического проекта.

¹ Составлена Э. В. Калининим.

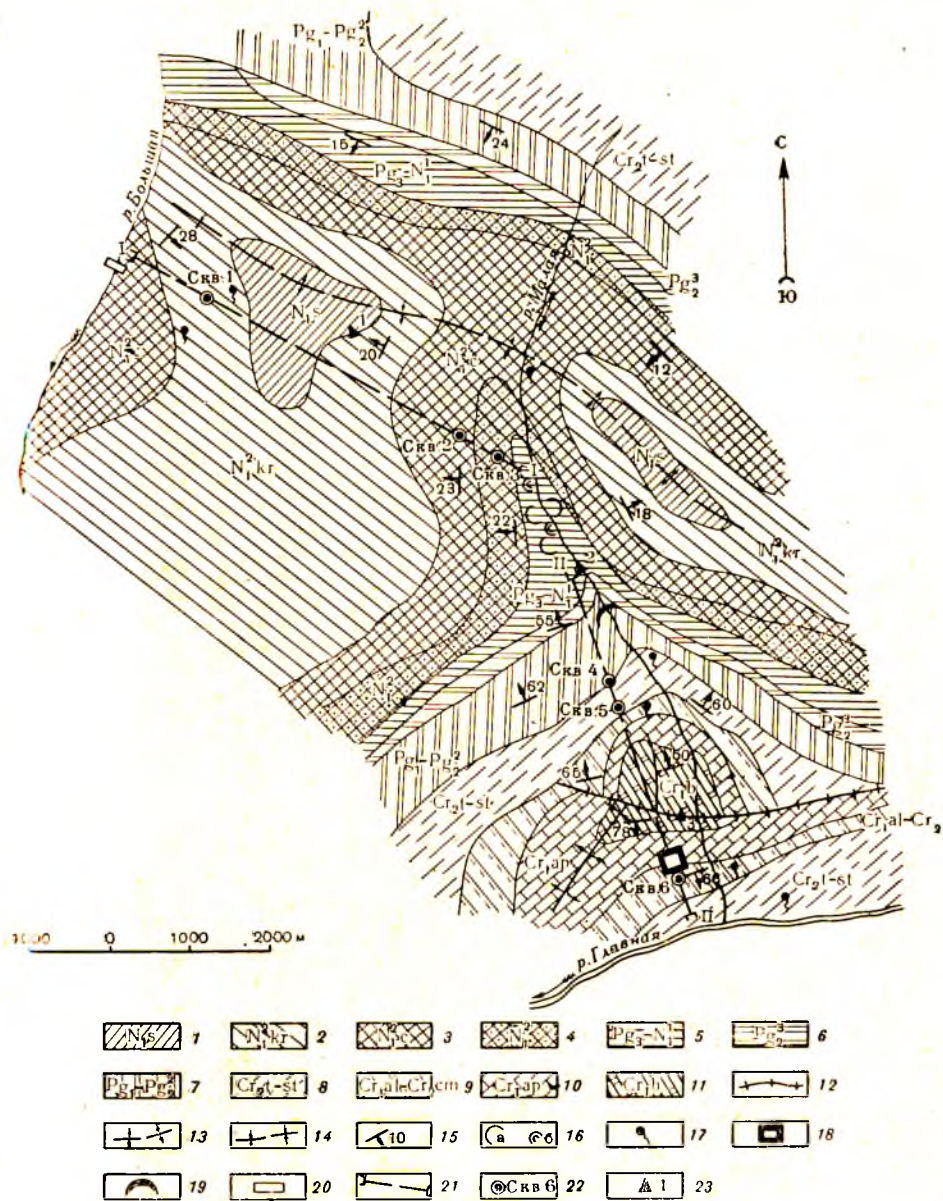


Рис. 5-4. Схематическая геологическая карта:
 неогеновые отложения: 1 — сарматские песчаники (N_{1s}); 2 — караганские песчаники и глины (N_{1kr}^2); 3 — чокракские песчаники и глины (N_{1c}^2); 4 — песчаники горизонта «Уссухелло» (N_{1u}^2); 5 — нижнеогеновые-верхнепалеогеновые (майкопские) глины ($Pg_1-N_1^1$); палеогеновые отложения: 6 — верхнеэоценовые мергели (Pg_2^3); 7 — миоценовые-среднеэоценовые известняки ($Pg_1-Pg_2^2$); меловые отложения: 8 — турон-сантонские известняки ($Cr_{2t}-st$); 9 — альб-сеноманские мергели, глины известковистые и глауконитовые песчаники ($Cr_{1al}-Cr_{2cm}$); 10 — аптские известняки и мергели (Cr_{1ap}); 11 — барремские известняки (Cr_{1b}); 12 — сброс; падение на юг под углом $75-80^\circ$; 13 — ось антиклинали; 14 — ось синклинали; 15 — элементы залегания пород; 16 — оползни: а — старые, б — действующие; 17 — родники; 18 — здание ГЭС; 19 — арочная плотина; 20 — подозаборная плотина; 21 — оси и порталы тоннелей: I—I безнапорного и II—II напорного; 22 — скважины и их номера; 23 — обнажения и их номера

**Описание разрезов скважин, пройденных по трассам
безнапорного и напорных тоннелей**

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м	
			от	до
Скважина № 1. Отм. устья — 639,8 м				
1	N ₁ ² kg	Песчаники серые, мелкозернистые, слоистые, слабо-трещиноватые средней прочности, водоносные с глубины 6,5 м	0,0	12,7
2	N ₁ ² kg	Глины темно-серые, плотные, песчанистые, тонкослои-стые, прослоями известковистые, влажные	12,7	26,2
3	N ₁ ² kg	Конгломераты мелко- и среднезернистые из галек из-верженных и осадочных пород, слабосцементиро-ванные, водоносные	26,2	30,7
4	N ₁ ² kg	Глины песчанистые, с прослоями мергелей, влажные, аналогичные сл. 2	30,7	49,0
5	N ₁ ² kg	Песчаники серые, мелкозернистые, с прослоями пес-чанистых глин, слаботрещиноватые, водоносные; падение на СЗ под углом 10°	49,0	61,0
Скважина № 2. Отм. устья — 689,1 м				
1	N ₁ ² c	Глины темно-серые и зеленовато-серые, плотные, прослоями песчанистые, почти сухие; аз. пад. 265°, ∠23°	0,0	21,6
2	N ₁ ² c	Глины аналогичные вышеописанным, по со значи-тельным количеством мергелистых прослоев, слабо-влажные	21,6	39,8
3	N ₁ ² c	Песчаники серые, мелко- и среднезернистые, слои-стые, слаботрещиноватые, крепкие, водоносные; аз. пад. 270°, ∠20°	39,8	51,4
4	N ₁ ² c	Конгломераты среднезернистые, слабосцементирован-ные, состоят из галек осадочных пород, водоносные	51,4	56,6
5	N ₁ ² c	Глины аналогичные описанным в сл. 4, сильнопесча-нистые, зеленовато-серые слоистые, влажные, аз. пад. 260°, ∠18°	56,6	86,9
6	N ₁ ² c	Глины зеленовато-серые с прослоями песков и с включениями гравийно-галечникового материала, влажные	86,9	95,1
7	N ₁ ²	Песчаники светло-серые, мелкозернистые, среднеслои-стые, кварцево-слоистые, с подчиненными про-слоями мергелей и известковистых глин (горизонт «Усахелло»), частично обводнены; аз. пад. 272°, ∠20°	95,1	110,3
Скважина № 3. Отм. устья — 691,5 м				
1	N ₁ ²	Песчаники серые и зеленовато-серые, тонкозерни-стые, тонко- и среднеслоистые, с прослоями мер-гелей; с глубины 14,7 м водоносные; аз. пад. 265°, ∠23°	0,0	28,2
2	N ₁ ²	Мергели светло-серые, тонкозернистые, плотные	28,2	37,0
3	N ₁ ²	Песчаники аналогичные сл. 1, с маломощными про-слоями мергелей, частично обводнены	37,0	84,9
4	N ₁ ²	Чередование песчаников мелкозернистых, глинистых, тонкослоистых с глинами; породы неравномерно обводнены	84,9	136,9
5	Pg ₃ —N ₁ ¹	Глины серые и шоколадно-бурые, с сидеритовыми конкрециями, почти сухие, аз. пад. 270°, ∠21°	136,9	144,2

Слой	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скважина № 4. Отм. устья — 670,8 м				
1	Pg ₁ —Pg ₂ ²	Известняки сахаровидные, желтые, твердые, слабо-трещиноватые, сухие, аз. пад. 330°, ∠62°	0,0	42,0
2	Cr ₂ t—st	Известняки светло-серые, тонкоплитчатые, переслаивающиеся с мергелями, с прослоями кремней, разбиты вертикальными трещинами, залегают аналогично сл. 1	42,0	77,4
Скважина № 5. Отм. устья — 652,4 м				
1	Cr ₂ t—st	Известняки твердые, с прослоями мергелей и окремнелых известняков, тонкоплитчатые, сухие	0,0	24,8
2	Cr ₁ al—Cr ₂ cm	Мергели светлые, тонкоплитчатые, крепкие, оскольчатые, с прослоями глин, аз. пад. 335°, ∠65°	24,8	61,2
3	Cr ₁ al—Cr ₂ cm	Песчаники глауконитовые, тонко- и мелкозернистые, слонстые, с маломощными глинистыми прослоями, обводненные	61,2	87,4
4	Cr ₁ al—Cr ₂ cm	Переслаивание мергелей с глинами и песчаниками. Песчаники водоносные	87,4	128,4
Скважина № 6. Отм. устья — 611,5 м				
1	Cr ₁ al—Cr ₂ cm	Песчаники глауконитовые, мелкозернистые, тонко-слонстые с маломощными прослоями известковых глин, сухие; аз. пад. 160°, ∠66°	0,0	18,7
2	Cr ₁ al—Cr ₂ cm	Мергели тонкоплитчатые, оскольчатые, крепкие	18,7	34,8
3	Cr ₁ al—Cr ₂ cm	Мергели и известковые глины переслаиваются с маломощными прослоями глауконитового песчаника, сухие	34,8	51,1
4	Cr ₁ ap	Мергели твердые, плитчатые, с прослоями глинистых известняков, крепкие, разбитые вертикальными трещинами, сухие; залегают аналогично сл. 1	51,1	59,7

Сведения о подземных водах

Глубина, м	Скв. 1			Скв. 2	Скв. 3	Скв. 4	Скв. 5
Появления воды	6,5	26,5	50,2	39,8	14,7	45,0	61,2
Установившегося уровня	6,5	15,0	32,4	25,8	12,1	37,0	44,8

Описание разреза

№ обнажения	Описание пород	Геологический индекс
1	На юго-восточном склоне водораздельного хребта сверху вниз обнажаются: 1) песчаники грубозернистые;	N_1^3s
	2) песчаники известковистые и глины с прослоями конгломератов; контакт с сарматскими породами согласный; аз. пад. 300° , $\angle 20^\circ$	N_1^{2kr}
2	На правом берегу р. Малой в склоне долины сверху вниз обнажаются: 1) глины серые, тонкие, слоистые, с конкрециями сидеритов; на склоне, сложенном майкопскими глинами, развиты древние и современные оползневые накопления, мощность которых на некоторых участках достигает 50—60 м;	$Pg_3-N_1^1$
	2) мергели желтовато-белые, плотные, с поверхности выветрелые; на контакте с майкопской серней светло-коричневые и мягкие; падение слоев СЗ 340° , $\angle 55^\circ$. Общая мощность толщи мергелей около 100 м;	Pg_2^3
	3) известняки желтовато-серые, твердые, сильно трещиноватые; кровля известняков размыта	$Pg_1-Pg_2^2$
3	На вершине хребта и в правом борту р. Малой обнажаются известняки толстослоистые, массивные, крепкие, слабо трещиноватые. В массиве известняков отмечен тектонический разрыв шириной 100—150 м и зона раздробленных и перемятых пород. Залегание известняков: к северу от надвига — аз. пад. 335° , $\angle 50^\circ$; к югу — аз. пад. 175° , $\angle 72^\circ$. По данным съемки и электроразведки известняки слабо закарстованы и на глубине обводнены. Плоскость разрыва падает на юг под углом 78°	Cr_1br

Таблица 5-14

Результаты опытных полевых и лабораторных исследований

Литология пород и их возраст	Объемный вес Δ , т/м ³	Временное сопротивление раздавливанию R , кг/см ²	Коэффициент упругого отпора K , кг/см ³
Песчаники караганского и чокракского ярусов	2,2	200—400	20—100
Песчаники (N_1^2) на контакте с песчаниками чокракского яруса	2,1	3—20	20
Песчаники караганского и чокракского ярусов и «Усахелло», разрушенные в результате выветривания	2,3	до 200	—
Мергелистые известняки туронского яруса и сенонского подъяруса	2,6	800—1500	400—800
Мергели, глины и мергелистые песчаники альбского и сеноманского ярусов и мергели верхнего эоцена	2,0—2,3	—	—
Известняки мергелистые и мергели аптского яруса	2,5	—	100
Известняки палеоцена-среднего эоцена и барремского яруса	2,6	800—1500	400—800
Известняки барремского яруса, зона дробления	2,5	—	0

Физико-механические свойства майкопских глин

(обобщенные показатели)

Породы	Естественная влажность W , %	Объемный вес Δ , г/см ³	Пределы пластичности		Сопротивление сдвигу		
			верхний W_f	нижний W_p	влажность при сдвиге, %	сцепление c , кг/см ²	угол внутреннего трения, ϕ°
Невыветрелые	23,5	1,99	59,3	25,4	24,1	0,4	16
Слабовыветрелые	40	1,78	54,2	28,5	40—45	0,05	6—7
Сильновыветрелые	28	—	—	—	30	0,2	12

Примечание. По результатам предварительных исследований водопристок в горные выработки оценивается в среднем следующим образом: в песчаниках караганского и чокракского ярусов — 5 л/сек на 100 пог. м, карбонатных породах меловой системы — 3 л/сек на 100 пог. м выработки.

Таблица 5-15

Топографические и геоморфологические данные для построения инженерно-геологических разрезов

№ точки, скважины	Расстояние от начала разреза	Отметки поверхности земли, м	Геоморфологическая характеристика
По трассе безнапорного тоннеля			
Тк. 1	0	614,0	Основание левого склона долины р. Большой; урез реки на отм. 612,4 м Делювиальный западный склон водораздельного хребта
Тк. 2	200	622,4	
Скв. 1	1080	639,8	
Тк. 4	1400	725,6	
Тк. 5	2000	804,2	
Тк. 6	2400	793,8	Вершина хребта, сложена песчаниками караганского яруса Крутой эрозионный склон к р. Малой Слегка всхолмленная эрозионная поверхность Склон долины р. Малой, сложенный майкопскими глинами, с древними и действующими оползнями
Тк. 7	3400	1043,0	
Тк. 8	3600	810,8	
Скв. 2	4700	689,1	
Тк. 11	4900	664,3	
Тк. 12	5150	709,7	
Скв. 3	5300	691,5	
Тк. 14	5600	572,9	
По трассе напорного тоннеля			
Тк. 1	0	582,4	Правый оползневой склон долины р. Малой, сложенный майкопскими глинами Гребень между долинами притоков р. Малой; на вершине горы контакт майкопских глин с мергелями верхнего эоцена Относительно выровненная холмистая эрозионная поверхность
Тк. 2	450	790,9	
Тк. 3	1100	668,1	
Тк. 4	1300	695,0	
Скв. 4	1400	670,8	
	1730	685,1	Пологий делювиальный склон: в основании склона контакт альб-сеноманских мергелистых глин с аптскими известняками Вершина хребта: зона надвига в известняках барремского яруса Крутой эрозионный склон правого берега долины р. Главной
Скв. 5	1800	652,4	
Тк. 8	2100	640,0	
Тк. 9	2300	721,9	
Тк. 10	2700	776,7	
Тк. 11	3200	928,9	
Тк. 12	3700	790,6	
Скв. 6	4100	611,5	
Тк. 14	4700	473,3	

ЛИТЕРАТУРА

К задаче № 21

Строительные нормы и правила. СНиП П-Б-1-62. Госстрой СССР, 1962.

Егоров К. Е., Попов Б. П., Кузьмин П. Г. Фактические осадки высотных зданий и сравнения их с расчетными. «Мат-лы к IV Международному Конгрессу по механике грунтов и фундаментам». М., 1957.

К задаче № 22

Скворцов Г. Г. Опыт инженерно-геологической оценки участка с карстом в гипсоносных породах. «Вопр. гидрогеологии и инженерной геологии», сб. 14. М., ВСЕГИНГЕО, 1956.

К задаче № 23

Макеев З. А. Оползни Черноморского побережья Кавказа и их типы. В сб.: «Оползни и борьба с ними». Ставрополь, 1964.

Соколова М. И. Оползни Сочи-Мацестинского курортного района. В сб.: «Оползни и борьба с ними». Ставрополь, 1964.

К задачам № 23 и 24

Барановский В. И. Влияние природных факторов на выбор способов разработки угольных пластов глубоких горизонтов. Госгортехиздат, 1963. Гл. 1.

Куницын П. В. Ладжанурская плотина на реке Ладжанур. «Геология и плотины», т. 4. М., «Энергия», 1964.

Попов И. В. Инженерная геология. Изд-во МГУ, 1959.

Санборн Дж. Геология тоннелей. В сб.: «Проблемы инженерной геологии», сб. 2. М., ИЛ, 1960.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ, РАЗВЕДКИ И ОПЫТНЫХ РАБОТ

Среди весьма разнообразных вопросов инженерно-геологического обоснования проектирования и строительства сооружений, методов и видов работ, используемых для их решения, следующие часто встречаются и имеют важное значение.

§ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД ПО ОПОРНЫМ РАЗРЕЗАМ

Методика изучения пород по опорным разрезам применяется во всех отраслях геологических исследований. Для инженерно-геологических целей необходимо составлять детальные опорные разрезы по выработкам (скважинам, шурфам, расчисткам) и обнажениям с подробной петрографической характеристикой пород и выделением ослабленных или фильтрующих слоев, контактов, зон, трещин и т. п., с данными о состоянии и поведении пород в природной обстановке и показателями свойств.

В опорных инженерно-геологических разрезах необходимо показать генетическую, фациальную, петрографическую и гидрогеологическую характеристики пород, привести сведения об их выветрелости, размываемости, состоянии в откосах и т. п., что, наряду с показателями свойств, позволяет дать оценку массива пород, выделить слои и элементы, важные для прогноза неблагоприятных явлений и оценки устойчивости сооружений. В качестве примера рекомендуется образец инженерно-геологического разреза (колонки) скважины, приведенный в приложении 2.

§ 2. ИЗУЧЕНИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ, ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ И РАЗМЫВАЕМОСТИ ПОРОД ПРИ ПОМОЩИ ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАБОТ

В практике полевых инженерно-геологических исследований широко применяются одиночные и кустовые откачки и нагнетания воды (и воздуха), выполняемые по различным методикам, в зависимости от задач, характера пород и гидрогеологических условий. Для целей инженерной геологии наиболее важными вопросами, изучаемыми посредством опытно-фильтрационных работ, являются следующие.

1. Сравнительная характеристика трещиноватости и закарстованности пород по глубине, даваемая по величинам удельного водопоглощения (или воздухопоглощения) и удельного расхода, определенных в результате поинтервальных откачек и нагнетаний в скважины. Расчеты коэффициентов фильтрации по данным этих опытов не представляются целесообразными, так как расчетные формулы не соответствуют фактическому режиму движения воды у скважины.

2. Оценка водопроницаемости неоднородных толщ. Изучение фильтрационной анизотропии пород, выявление трещин и зон с повышенной водопроницаемостью имеет весьма существенное значение для прогноза суффозионной устойчивости, процессов выщелачивания, гидродинамического давления и других вопросов. Методика полевых опытов и расчетов различна для одно-двуслойных и многослойных толщ пород, в случае пластово-трещинной водопроницаемости и т. п., а также в зависимости от гидрогеологических условий (грунтовые и напорные воды, их режим, расположение реки и др.) и предполагаемого их изменения под влиянием проектируемого сооружения.

3. Определение действующих скоростей движения подземных вод при естественном режиме и во время откачек имеет большое значение для оценки размываемости закарстованных, интенсивно трещиноватых, тектонически нарушенных и выветрелых пород.

4. Оценка эффективности горизонтальных и, особенно, вертикальных дренажей в фильтрационно-анизотропном массиве пород и водопритока в строительные котлованы изучается обычно на стадии технического проекта и рабочих чертежей, для чего проводятся длительные кустовые откачки с этажными пьезометрами и с большими понижениями, воспроизводящими прогнозный режим подземных вод в период возведения или эксплуатации сооружений. Изучение формирования во времени депрессионной воронки и градиентов подземных вод, притекающих к будущему дренажу, важно и для оценки суффозионных процессов.

5. Вопросы оценки воздействия подземных вод на массивы неоднородных пород в условиях интенсивного движения их к дренажам, шахтам, котлованам, карьерам или на участках плотин очень сложны и весьма существенны для инженерно-геологических заключений. Под воздействием фильтрационного потока развиваются процессы суффозии и выщелачивания, что неизбежно приводит к изменению водопроницаемости, прочностных и деформационных свойств и напряженного состояния массива пород, что нередко было причиной разрушения сооружений, создавало значительные трудности их эксплуатации и требовало дополнительных мероприятий.

Изучение суффозионной устойчивости и выщелачиваемости пород в условиях их естественного залегания — трудная задача, для решения которой необходимо проведение комбинированных кустовых откачек и нагнетаний. Лабораторные эксперименты по изучению размываемости по трещинам среднеюрских континентальных алевролитов и песчанников района Иркутска не дали достоверных результатов. Полевые опыты предполагали определение критических градиентов, при которых начались процессы размыва пород по трещинам или вымыв заполнителя, что фиксировалось по расходам и различии в мутности откачиваемой и нагнетаемой воды в скважины.

§ 3. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ И НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОГО ЗАЛЕГАНИЯ

Для современного этапа развития инженерной геологии в СССР и на рубежом характерно значительное применение методов полевых исследований состояния и свойств массива пород, обусловленное необходимостью оценить их в условиях естественного залегания, с учетом геологической обстановки. Практика строительства высоких плотин, глубоких карьеров, подземных и других сооружений в неоднородных трещиноватых скальных породах разной прочности выявила различие в величинах показателей состояния и свойств образца и массива (толщи) пород. Сказанное относится не только к трещиноватым «скальным» породам, но и к молодым малолитифицированным глинам. По данным Е. П. Емельяновой, Н. Н. Куваева, С. И. Попова и Г. Л. Фисенко, величины сопротивления сдвигу скальных и полускальных пород в зависимости от степени трещиноватости и выветрелости изменяются в десятки и сотни раз.

Многочисленные опыты со штампами в разведочных штольнях, шахтах и на поверхности, проведенные для определения модуля деформации пород, показывают весьма различные результаты, отражающие как неоднородность испытываемой толщи (текстурные особенности, залегание, трещиноватость, выветрелость и т. п.), так и недостатки самого метода. В табл. 6-1 приведены величины модуля деформации некоторых пород по полевым опытам со штампами и для сравнения величины динамического и статического модулей деформации и упругости по сейсмоакустическим и лабораторным испытаниям.

Влияние трещиноватости и естественного напряженного состояния на деформационные свойства нижнеюрских известняков района ГЭС Грончарово на р. Трибишница в Югославии выявилось исследованиями профессора Бр. Куонджича. Опыты выполнены в скважине диаметром 300 мм на глубинах до 67,4 м зондажным дилатометром (прессометром) и показав следующие величины модуля деформации:

на глубине 24,1 м	$E_t = 44 \text{ т/см}^2$;
» » 44,6 м	$E_t = 67-70 \text{ т/см}^2$;
» » 67,4 м	$E_t = 51-120 \text{ т/см}^2$;

(по разным направлениям).

Глинистые и песчано-галечниковые породы характеризуются следующими величинами модуля деформации; например (по И. В. Попову, 1959):

глины и мергели района Горьковской ГЭС $E_t = 1-1,5 \text{ т/см}^2$;
пески крупные и мелкие, в зависимости от плотности и влажности, $E_t = \text{от } 0,2 \text{ до } 0,4 \text{ т/см}^2$;

галечники с песчаным заполнителем $E_t = 0,3-0,6 \text{ т/см}^2$.

На прочностные и деформационные свойства массивов пород исключительно большое влияние оказывают геологические факторы, главными из которых для каждого петрографического типа являются:

- а) фациальная неоднородность и текстурные особенности породы в слое, пачке и толще;
- б) степень литификации и метаморфизованности пород;
- в) залегание пород — слоистое, горизонтальное, вертикальное, наклонное, складчатое;
- г) трещиноватость — литогенетическая, тектоническая, экзогенная и др., ее интенсивность и размеры (ширина, длина и пространственное положение трещин), шероховатость их поверхности, а также характер заполнителя трещин;

Величина модулей деформации (E_t), упругости (E_c) разных пород

Породы	Район	Объемный вес Δ , m/m^3	Временное сопротивление сжатию R , m/cm^2	Модули, m/cm^2					Примечание
				полевые опыты			лабораторные на кернах		
				статистический, E_t	напряжения, kg/cm^2	динамический (сейсмоакуст) E_d^*	статистический, E_c	динамический (ультразвуковой), E_d	
Граниты мелко-среднезернистые; трещиноватые: а) слаб б) средние в) сильно	Красноярская ГЭС	2,59	1,0—1,3	160 90 45					С. А. Роза
Диабазы, пластовая интрузия палеозоя а) невыветрелые б) выветрелые	Братская ГЭС	3,02	1,7	217 11,4—16		500—800	440—900		Р. Р. Тиздель
Сланцы метаморфические, ортогнейсовидные, различно трещиноватые; прелерзые	Саянская ГЭС	2,80	1,0—2,0 и более (до 4,0)	от 37 до 1500 в зависимости от трещиноватости	80	670—880, редко 1000	720—1180	520—1000	С. А. Роза; МГУ
Известняки тонко- и толстослоистые, трещиноватые, верхнемерзлотные а) прочные б) слабые в) выветрелые, разрушенные	Ингульская ГЭС	2,64	— 0,30—0,40 0,80—0,15	130 60—80 15—50	100	220—360 60—90 12—20	250—500 100—200 30—65	— — —	

С. А. Роза

Р. Р. Тиздель

С. А. Роза;
МГУ

Порода	Район	Объемный вес Δ , $m/ж^3$	Временное сопротивление R , m/cm^2	Модули, m/cm^2					Примечание
				полевые опыты			лабораторные на кернах		
				статистический, E_t	напряжения, $кг/cm^2$	динамический (сжатие), E_d^*	статический, E_c	динамический (ультразвуковой), E_d	
Известняки с прослоями мергелей, тонкослоистые, верхне-меловые а) малотрещиноватые б) трещиноватые, заполнитель—глинистый; тонкое переслаивание в) выветрелые	Чиркейская ГЭС	2,66	1,50(±) 0,85(↓)	150—300(↓)	до 60—80	370—730(↓)	690—775	—	Н. И. Кириченко. Гидропроект
				60—150(±)		320—515(±)			
				20—30(±) 60—80(↓)		165—200(±) 255—320(↓)			
Песчаники мелкозернистые, кварцево-полевчатые, карбонатные Алевриты плотные, трещиноватые, складчатого строения; мелового возраста	Нурек-ГЭС		1,0—2,40	65—150—260	40	90(±) 135(↓)			С. А. Роза
			0,90—2,00	10—30, редко 80	40				

* Испытание параллельно слоистости (↓) и перпендикулярно (±).

- д) степень обводненности неоднородного массива пород;
 е) естественное напряженное состояние пород на глубине.

Кроме того, разные величины прочностных и деформационных свойств у одного и того же типа пород, получаемые по опытам, могут быть следствием разных методик испытаний, конструкций опытной установки, размеров штампов и других технических факторов.

Криволинейная зависимость величин сопротивления сдвигу от напряженного состояния глинистых пород была показана М. Н. Троицкой в 1956 г. и другими исследователями (рис. 6-1). Аналогичная зависимость типична для пород с непрочными кристаллическими связями («полускальные»), но при таких значениях напряжений, при которых начинают проявляться их пластические свойства. В настоящее время недопустимо определение значений расчетных и даже обобщенных показателей сопротивления сдвигу без строгой увязки с напряжениями, которые были в образце при лабораторном и полевом испытаниях или действуют в массивах породах в условиях естественного залегания.

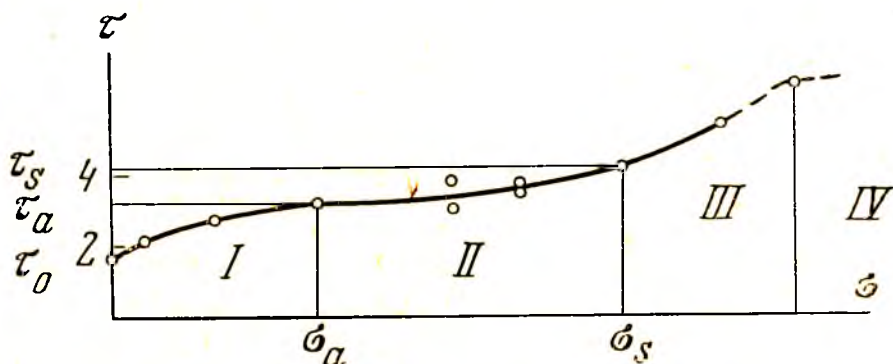


Рис. 6-1. Зависимость сопротивления сдвигу от нормального напряжения у морских литифицированных глин (по М. Н. Троицкой, 1956)

Условно — по закону Гука — деформация, пропорциональная сдвигающему усилию	Резкое проявление ползучести	Большие напряжения вызывают дополнительное уплотнение породы	Предел полного сопротивления сдвигу
--	------------------------------	--	-------------------------------------

Исследования на моделях Д. Крсмановича и С. Милича (1964) выявили очень сложный характер распределения напряжений под нагрузкой, приложенной на ограниченную площадь.

Интересные данные о влиянии ширины и частоты трещин на величину модуля деформации, а также зависимость его от напряженного состояния пород были получены Б. Д. Зеленским экспериментальным и расчетным путем. На рис. 6-2а показано изменение модуля деформации E_t трещиноватых мраморизованных известняков района Токтогульской плотины от частоты трещин $\bar{a}_{cm}$ для разных значений напряжений. На рис. 6-2б дана зависимость E_t от ширины трещин t в миллиметрах. Следует отметить, что на величины модуля деформации и сопротивления сдвигу влияет характер поверхности трещин, ее шероховатость.

Методы определения сопротивления сдвигу (полевые)

Выбор методики и типа опытной установки для полевого эксперимента должен исходить из возможно более полного воспроизведения (моделирования) вида деформации и механизма сдвига в породе под дей-

ствием конкретной нагрузки (природной или от сооружения). Результаты «стандартных» полевых испытаний следует рассматривать только как классификационные показатели. Характер и механизм деформации сдвига обусловлен петрографическим типом и текстурой породы и другими геологическими особенностями, а также направлением и величиной сдвигающих усилий. Очень важно выявить в породе ослабленные зоны,

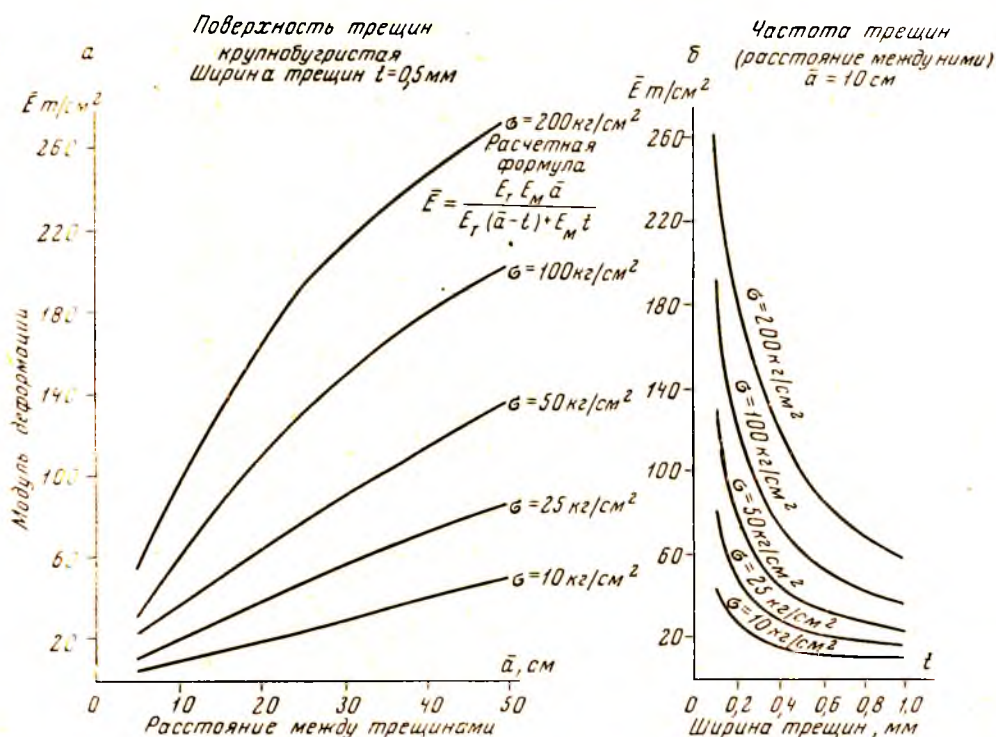


Рис. 6-2. Обобщенные графики изменения модуля деформации мраморизованных известняков створа Токтогульской плотины на р. Нарыне от частоты ($\bar{a}$) и ширины (t) трещин при разном напряженном состоянии (по Б. Д. Зеленскому)

контакты, трещины с глинистым заполнителем и т. п., по которым возможен сдвиг. В практике полевых инженерно-геологических исследований применяются методы определения сопротивления сдвигу (табл. 6-2).

Таблица 6-2

Методы определения сопротивления сдвигу пород в условиях естественного залегания

Метод и прибор	Породы, для которых целесообразно применение метода	Основные преимущества и недостатки метода
Поворотная крыльчатка	Илы, мягкие влажные глины, разрыхленные, сильно обводненные щебнисто-глинистые оползневые, пролювиальные и аналогичные им накопления	1. Некоторое сжатие породы при погружении крыльчатки 2. Быстрота выполнения опыта и возможность получения величин сопротивления для пород с влажностью 50—80 и более %
Сдвиговые приборы, одноплоскостные, площадью от 1200 до 40 000 см ²	Неоднородные плотные четвертичные отложения, глины морские литифицированные; породы зоны выветривания; трещиноватые породы со слабыми кристаллическими связями	1. Площадь сдвига прибора обусловлена неоднородностью и трещиноватостью породы 2. Трудность в создании высоких напряжений при большой площади сдвига

Метод и прибор	Породы, для которых целесообразно применение метода	Основное преимущество и недостатки метода
Те же приборы, но специальной конструкции	Сдвиги по выбранным трещинам прочных («скальных») пород	3. Разуплотнение породы при вырезке монолита 1. Трудности с созданием нормальных напряжений, соответствующих давлению от сооружения 2. Разгрузка породы по микротрещинам
Одноосное сжатие на цилиндрических монолитах большого диаметра (40—120 см)	Разные породы, допускающие извлечение сохранныго керна из скважин большого диаметра. Неоднородные щебнисто-глинистые оползневые, пролювиальные, обвальные и аналогичные им породы	1. Разуплотнение породы при обуривании, извлечении и установлении керна в приборе 2. Невозможность создания условий (нагрузка, плотность и др.) естественного залегания 3. Возможность массовых (послойных) испытаний на кернах опытных скважин и сравнительная быстрота определений
«Гидроподушка»	Плотные неоднородные глинистые породы и трещиноватые «полускальные»	1. Разуплотнение при вырезке монолита 2. Невозможность получения зависимости τ от σ
Обрушение искусственного откоса и «обратные расчеты»	Разные породы, в которых путем увеличения высоты и крутизны откоса или увлажнения можно вызвать искусственный оползень; то же, когда на склоне, возник оползень и установлены поверхность смещения и профиль склона до оползня	1. Затруднения по созданию условий для искусственного оползня 2. Несоответствие расчетной схемы реальным условиям и механизму движения оползня

Методы определения деформационных свойств пород

Выбор методики и приборов для изучения деформационных свойств массива пород в условиях естественного залегания, так же как и при испытаниях на сдвиг, определяется в первую очередь геологическими особенностями пород, с учетом величин напряжений, под которыми они находятся или будут находиться после возведения сооружения. В настоящее время в СССР и за рубежом используются следующие опытные установки и методы определения модуля деформации и упругости пород.

Статические методы с нагруженными штампами, устанавливаемыми в опытных скважинах, шурфах, шахтах и штольнях, применяются при изучении свойств песчаных, глинистых и разной прочности трещиноватых пород. Выбор места установки штампа, его размера, направления и величины сжимающего усилия обусловлен типом породы, ее неоднородностью, трещиноватостью и т. п., а также задачей исследований — определением характерных величин модуля деформации для массива или пласта или деформируемости пород при реальном воздействии сооружения. На рис. 6-3 приведены схемы опытных установок, применявшихся в штольнях и скважинах для изучения деформационных свойств разных пород — морены, кембрийских глин, прочных трещиноватых песчаников, известняков, сланцев и гранитов. Нагрузка на породы до 60—100 кг/см² в скважине или штольне создавалась при помощи домкратов или нагнетанием воды в опытный интервал выработки.

Расчеты модуля деформации ведутся по результатам опытных работ по следующим формулам:

1. Для испытаний со штампами:

$$E_t = \frac{Pd(1-\mu^2)}{S}, \quad (6-1)$$

где μ — коэффициент Пуассона, изменяющийся от 0,25 до 0,4; P — нагрузка на штамп, кг/см^2 ; d — диаметр штампа, см ; S — конечная осадка штампа, см .

2. Для опытов в скважинах с зондажным dilatометром (прессиометром):

$$E_t = \frac{Pd}{u} \frac{\mu + 1}{\mu}, \quad (6-2)$$

где P — давление внутри dilatометра, кг/см^2 ; d — диаметр скважины, см ; u — изменение диаметра скважин по измеренному направлению, см ; μ — коэффициент Пуассона.

Использование метода и установки зондажного dilatометра позволяет при одном ориентированном положении прибора определить модули деформации по двум взаимно перпендикулярным направлениям, а затем, повернув его на 45° , взять отсчеты еще по двум направлениям. Такие опыты позволят выявить анизотропию деформационных свойств на каждой глубине по четырем направлениям.

В СССР имеются передвижные установки и разработана методика для быстрых массовых определений модуля деформации пород вокруг строящегося тоннеля при помощи прессиометра диаметром 56 мм конструкции Института оснований (К. В. Руппенейт и др.), примененные на строительстве Токтогульской и Нурекской ГЭС.

3. Для экспериментов в штольне или тоннеле с «гидравлическим диском»:

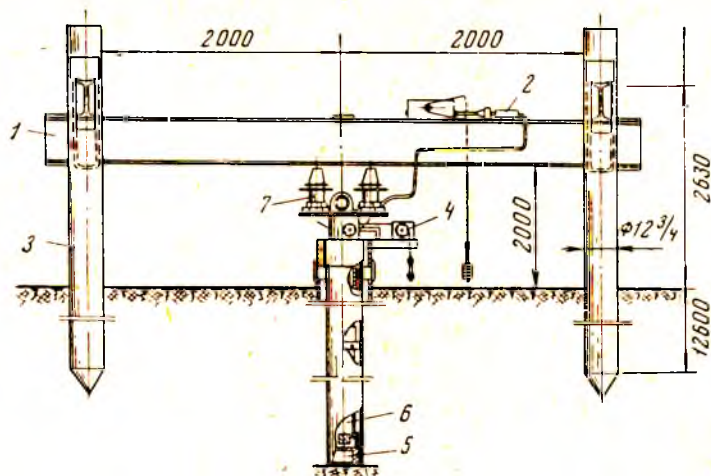
$$E_t = \frac{4P}{\pi^2} \frac{1-V^2}{u_0 a}, \quad (6-3)$$

где P — предельное давление, кг ; a — радиус опытного диска, см ; u_0 — деформация стенки диска, см ; $V = \frac{1}{\mu}$, где μ — коэффициент Пуассона.

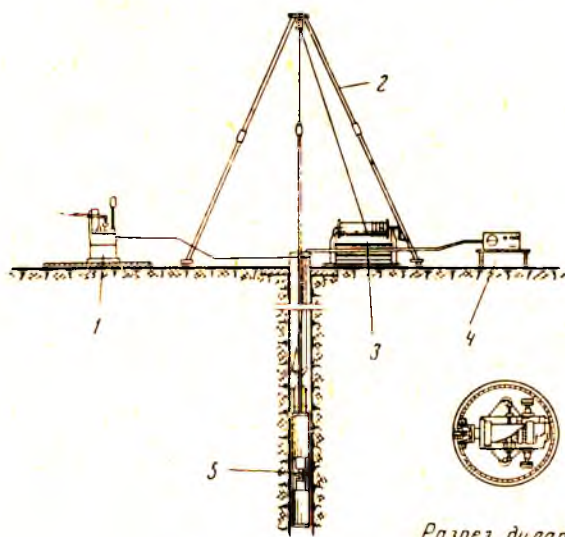
Расположение опытной траншеи с диском в штольне или тоннеле выбирается с учетом господствующих систем тектонических трещин и зон или других геологических особенностей массива пород, а также исходя из задач исследований и направления давления от сооружения.

В ряде случаев, например для выявления зависимости модуля деформации от размера испытываемого объема пород, целесообразно одно-временное проведение опытов в штольнях штампами разных размеров: 20×20 ; 40×40 ; 80×80 и 120×120 см . Такие опыты позволят построить график зависимости модуля деформации от площади (следовательно, объема) пород. Кроме того, сравнительно несложные испытания с малыми штампами (20×20 ам), проведенные в массовом числе, можно рассматривать как своеобразное опробование пород по длине разведочной штольни и выявление «слабых» и других зон, где целесообразно ставить опыты большого масштаба.

Геофизические методы. В первую очередь микросейсмические и ультразвуковые методы определения сравнительной степени плотности, трещиноватости и выветрелости пород в условиях естественного залегания широко применяются при инженерно-геологических исследованиях и имеют большие перспективы. Существующая аппаратура позволяет определять «динамический модуль» пород E_d в стенках разведочных шур-



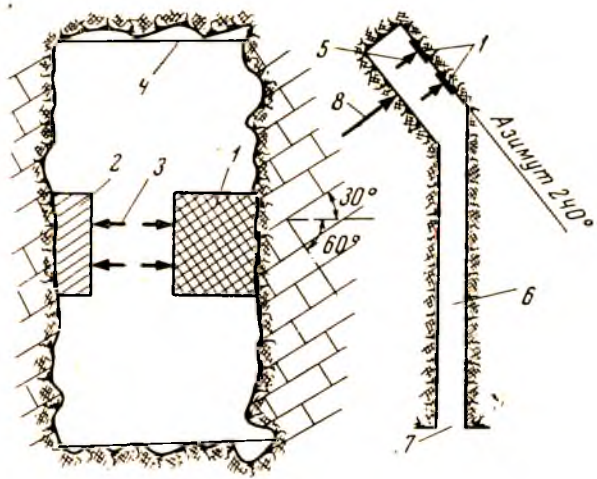
А. В скважинах до глубины 40—50 м (по С. А. Роза, 1961): 1 — упорная балка; 2 — компенсатор давления; 3 — анкерная свая; 4 — самописец; 5 — штамп металлический, диски 276 мм; 6 — опорная колонна; 7 — гидравлические домкраты



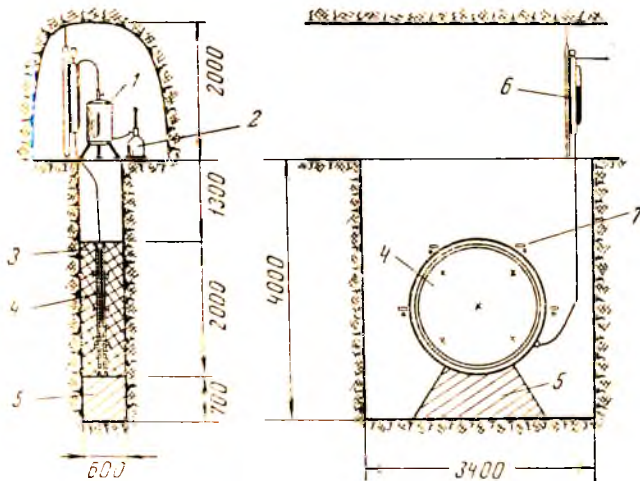
В. В скважине до глубины 60—80 м «зондажный дилатометр» (прессиометр) диаметром 300 мм (по Бр. Куюнджичу):

1 — насос; 2 — копер; 3 — лебедка; 4 — прибор для измерения деформации; 5 — зондажный дилатометр

Рис. 6-3. Схема опытных установок для определения дефор



Б. В опытной камере (по С. А. Роза, 1962): 1 — бетонный штамп; 2 — упор; 3 — домкраты по 200 т; 4 — кровля пород; 5 — опытная камера; 6 — штольня; 7 — устье штольни; 8 — направление давления в пятах плотины с азимутом 330°



Г. В опытной траншее, в штольне или тоннеле «гидравлический диск» (по Бр. Куюнджичу): 1 — компенсатор; 2 — насос; 3 — бетон; 4 — металлический диск; 5 — подставка деревянная; 6 — прибор для измерения давления; 7 — дефлактометр

фов, штолен и скважин разного диаметра и между ними по всей их длине, выявлять различного рода аномалии для последующего детального изучения геологическими и опытными методами. Располагая величинами динамического модуля по всему разрезу выработки, можно установить более или менее четкие корреляционные зависимости с модулями деформации E_t , определенными статистическими методами, а иногда с удельным водо- или воздухо-поглощением поинтервальных нагнетаний. Следует иметь в виду, что зависимости между «динамическими» и «статистическими» модулями будут справедливы для каждого геолого-генетического комплекса пород и степени их обводненности. Стремление установить единую зависимость для всех типов пород не обосновано.

Разнообразные полевые и теоретические эксперименты по выявлению соотношений между величинами динамических и статических модулей деформации разных пород проведены В. Н. Никитиным, А. И. Савичем и др. (институт Гидропроект), в результате чего выявлены следующие зависимости:

$$\begin{aligned} E_t &= 0,14E_d^2 + 0,4E_d \text{ при } E_d \geq 2,5 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2; \\ E_t &= E_d - 0,6 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2 \text{ при } 2,5 \cdot 10^5 < E_d < 8,5 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2; \\ E_t &= 1,08E_d - 1,2 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2 \text{ при } E_d > 8,5 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2. \end{aligned} \quad (6-4)$$

При сравнении значений динамического и статического модулей деформации следует иметь в виду, что по мере увеличения обводненности массива происходит снижение прочностных и деформационных свойств пород, в то время как численные значения динамического модуля будут относительно возрастать, что обуславливается большими скоростями продольных волн.

Б. Д. Зеленским и другими убедительно показана криволинейная зависимость между модулем деформации пород и их напряженным состоянием. Напряжения в породах при сейсмоакустических и полевых штамповых испытаниях учитываются в разной степени, что также влияет на установление коррелятивных связей между этими показателями. Тем не менее различные сейсмоакустические и другие исследования весьма важны, так как они позволяют более обоснованно расчленять неоднородный массив пород на инженерно-геологические зоны, контакты и элементы. Соотношения между удельным водопоглощением и модулями — динамическим или деформации можно выявить для тех случаев, когда трещины равномерно рассекают массив (например, интрузии изверженных пород, не подвергавшиеся тектоническим давлениям и т. п.) и свободны от заполнителя, влияющего на фильтрационные свойства породы. По результатам микросейсмического и ультразвукового исследований представляется возможным дать предварительное инженерно-геологическое расчленение крупного массива пород на малые массивы и элементы в целях дальнейшей их характеристики и детализации по данным разведочных, опытных и стационарных работ. При проведении полевых опытных работ по изучению прочностных и деформационных свойств постановка геофизических исследований обязательна.

На образцах малого размера в лабораторных условиях и непосредственно на кернах скважин проводится определение модуля упругости E_e методами сжатия и ультразвуковым. При этом предполагается, что в малых образцах пород имеющиеся скрытые микротрещины не оказывают существенного влияния на упругие свойства. Таким образом, полевые опыты большого масштаба характеризуют деформационные свойства массива пород того или иного объема и в этом случае получаем модуль полных деформаций E_t .

Проблема оценки напряженного состояния пород в условиях естественного залегания имеет в инженерной геологии и геомеханике исключительно важное значение как для определения прочностных и деформационных свойств, так и для понимания породы и механизма различных геологических явлений (оползней, обвалов, сдвижений, просадок, выпора, горных ударов и т. п.). Эта проблема разрабатывается недавно, степень ее изученности отстает от запросов практики. Напряженное состояние массива пород обусловлено многими природными факторами и может изменяться под влиянием строительной деятельности человека. К основным факторам относятся:

а) геологическое строение и подземные воды верхней осваиваемой человеком части земной коры — состав пород и механические свойства, текстура и залегание, тектоническая нарушенность (разломы, складчатость), литогенетическая, тектоническая и экзогенная трещиноватость, степень обводненности и напоры подземных вод;

б) вес вышележащих толщ пород в данном сечении массива;

в) остаточные, а главное развивающиеся современные тектонические напряжения, вызванные глубинными геологическими процессами;

г) геотермический градиент, создающий дополнительные напряжения;

д) рельеф местности и его формирование, а также развитие экзогенных процессов (разгрузка, выветривание, карст, суффозия и др.) в поверхностных частях массива, приводящих к изменению свойств и состояния пород, к перераспределению напряжений и созданию зон сниженных и повышенных напряжений;

е) сейсмические явления, вызывающие мгновенные резкие перераспределения напряжений в массиве пород, различные в зависимости от особенностей его строения и обводненности;

ж) строительная деятельность человека — создание глубоких врезов (карьеры, котлованы), подземных сооружений, отвалов и т. п., приводящая к значительным, но в относительно ограниченном объеме пород, изменениям величин и распределения напряжений. Исследования последних лет выявили сложную картину распределения величин напряжений в массивах, необычную с точки зрения существовавших представлений. Так, например, исследованиями Н. Хафта установлено, что отношение горизонтальных напряжений к вертикальным часто больше единицы; замеренные в массиве вертикальные напряжения нередко превышали давление от веса вышележащих пород в 6 и более раз. Опытами В. М. Кутепова (МГУ) обнаружены зоны ослабленных и повышенных напряжений вблизи поверхности горных склонов и вдоль крупных тектонических зон, а также показано, что величины естественных напряжений в несколько раз больше веса вышележащих пород. Таким образом, при рассмотрении результатов опытов по определению естественных напряжений требуется тщательный анализ многочисленных природных факторов, каждого в отдельности и в совокупности, что представляет трудную задачу. Поэтому наряду с полевыми опытными испытаниями необходимо выполнять серию модельных испытаний оптическим методом и на эквивалентных материалах, выявляющих роль отдельных факторов — рельефа, трещиноватости, различий в свойствах пород, их залегания, в распределении и величинах напряжений больших массивов пород.

В настоящее время в практике геомеханических и инженерно-геологических исследований используются следующие методы полевых испытаний.

Метод полной разгрузки напряжений при обурировании керна в скважине, пройденной из стенки подземной выработки в глубину массива. Этот метод широко используется во ВНИМИ — применительно к задачам горного давления, в МГУ и Гидропроект — в связи с оценкой устойчивости высоких склонов, прогнозом горных обвалов и оползней.

Метод компенсации, заключающийся в частичном снятии напряжений при бурении скважины и последующем восстановлении давления при помощи цилиндрического домкрата. Последовательность проведения опыта следующая:

а) бурение на заданную глубину скважины диаметром 200 или более миллиметров, на забое которой устанавливается три тензометра в виде треугольника;

б) в середине этого треугольника бурится скважина диаметром 56—79 мм и производятся отсчеты по тензометрам;

в) гидравлическим домкратом в скважине малого диаметра создается давление, при котором репера и тензометры на забое большой скважины возвращаются в прежнее положение.

В принципе возможен и перспективен третий метод — **сейсмоакустический**, применение которого требует предварительного установления зависимости скоростей продольных волн от напряженного состояния массивов пород разных объемов при известных величинах модулей деформации. В связи с трудностью определения подобной зависимости для массивов пород этот метод пока не разработан. Однако имеется возможность выявить пространственные направления векторов главных напряжений в массивах пород большого объема при землетрясениях и в меньшем объеме при искусственном взрыве при сейсморазведке. Подобный «общий фон напряжений» в массиве пород необходим при анализе численных величин главных и скалывающих напряжений, полученных на моделях или полевыми экспериментами, а также для определения мест и ориентировки опытных сечений.

Сущность метода полной разгрузки пород, обладающих упругими свойствами, заключается в снятии напряжений при обурировании керна скважины: схема установки представлена на рис. 6-4. В стенке тоннеля, разведочной штольни или другой подземной выработки бурится колонковая скважина диаметром 60—80 мм, в которой на разных интервалах после проходки зоны разрушения пород от взрывов проводятся испытания, заключающиеся:

а) в наклеике на пришлифованный забой скважины двух-трех датчиков с проводами к измерительному прибору или слоя оптически активного материала для последующего фотографирования;

б) в тщательном медленном обурировании керна с одновременным снятием показаний на приборе, фиксирующем деформации наклеенных датчиков, или фотографированием изменения картины напряжений в слое оптически активного материала. Опыт показывает, что деформации датчиков заканчиваются после обурирования керна на глубину 20—30 см (рис. 6-4). Опыты с датчиками позволяют определить величины напряжений по заданным направлениям, например: вертикальные, горизонтальные, нормально и перпендикулярно к реке (как это выполнялось при исследованиях в районах Саянской и Токтогульской ГЭС). Неизвестными остаются главные и максимальные касательные напряжения. Использование оптически активных материалов позволяет получить более полную картину распределения напряжений в неоднородных массивах пород, но методика и аппаратура для подобных экспериментов находится в стадии разработки.

Расчеты вертикальных σ_z и горизонтальных σ_x, σ_y естественных напряжений методом разгрузки породы при обуривании керна производятся по следующим формулам:

$$\sigma_z = \frac{E_e}{1 - \mu^2} (\varepsilon_z + \mu \varepsilon_x) \quad (6-5)$$

и

$$\sigma_x = \frac{E_e}{1 - \mu^2} (\varepsilon_x + \mu \varepsilon_z), \quad (6-6)$$

где ε_z и ε_x — относительные вертикальные и горизонтальные деформации породы в керне; E_e — модуль упругости, кг/см^2 ; μ — коэффициент Пуассона.

Модуль упругости E_e устанавливается по результатам лабораторных испытаний на сжатие образцов при разных нагрузках и с фиксацией деформации, а также по данным определений ультразвуковым методом. Можно считать, что ввиду малого размера в испытанном керне породы нет трещин и деформации являются упругими. Если бы в породе были явные трещины, то керн раскололся бы при обуривании. Известная приближенность величин естественных напряжений обусловлена относительной точностью значений коэффициента Пуассона μ .

ЗАДАЧА № 25

СОСТАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ ВЕРХНЕПЕРМСКИХ ПЕСТРОЦВЕТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОВОЛЖЬЯ

Для выяснения геологического строения склона и изучения инженерно-геологических свойств пород была пробурена скважина в пестроцветных отложениях татарского яруса. При бурении для лабораторных испытаний производился отбор образцов с ненарушенной структурой.

На основании имеющихся данных (табл. 6-3, 6-4, 6-5, 6-6) требуется составить инженерно-геологическую колонку масштаба 1:100 с указанием конструкции скважины, состояния и свойств пород. Необходимо установить закономерности изменения основных свойств горных пород по разрезу. Форма колонки дана в приложении 2.

Таблица 6-3

Технический разрез скважины

Виды работ	Буровой инструмент		Пройдено, м		Обсадка трубами	
	наименование	диаметр, мм	от	до	диаметр, мм	до глубины, м
Бурение ручное	ложка	245	0	16,70		
Обсадка					150	16,50
Бурение механическое с промывкой	колонковая труба	131	16,70	29,60		
Обсадка					127	29,35
Бурение механическое с промывкой	колонковая труба	111	29,60	59,85		

Физико-механические с

№ слоя	Глубина отбора образцов, м	Естествен- ная влаж- ность W, % (весовая)	Объемный вес влаж- ного грун- та Δ , г/см ³	Пористость n, %
3	0,6—0,8	27,4	1,98	44,2
8	18,0—18,2	24,7	2,0	42,5
11	20,8—21,0	19,0	2,10	35,3
12	21,3—21,45	26,1	1,98	44,4
13	23,45—23,6	23,0	2,00	39,2
19	28,65—28,7	26,4	2,02	44,2
20	30,3—30,45	18,1	2,15	33,9
21	31,9—32,05	24,6	3,01	43,1
23	34,2—34,4	25,3	1,91	43,7
24	34,6—34,75	29,4	1,96	45,0
25	35,6—35,75	31,3	1,84	45,9
28	40,3—40,4	22,0	2,05	40,1
29	43,2—43,4	26,0	1,96	44,5
31	44,4—44,5	24,0	2,06	41,7
33	46,1—46,25	24,0	2,00	42,6
34	48,66—48,8	23,0	2,01	40,7
36	50,1—50,3	25,0	1,99	42,1
38	55,0—55,2	28,0	1,95	45,8
40	57,2—57,35	26,6	2,01	42,7

Таблица 6-4

Свойства и гранулометрический состав пермских пород

Пределы пластичности		Гранулометрический состав, %			Сдвигающее усилие τ , кг/см^2 , при вертикальном давлении σ , кг/см^2			Влажность после опы- та на сдвиг, %
верхний W_f	нижний W_p	0,05	0,05—0,002	<0,002	1	3	5	
52	21	15	55	30	0,750	1,235	1,522	28,5
50	26	4,5	54,5	41	0,570	1,082	1,407	25,6
56	27	15	53	32	0,957	1,650	2,432	29,3
50	24	2	46	52	0,932	1,632	2,502	27,6
32	24	20	45	35	1,307	2,100	2,887	26,1
55	29	22,5	50	27,5	1,226	2,150	3,071	31,2
29	24	50	40	10	1,609	2,430	3,251	21,6
55	27	24,5	51,5	24	1,000	1,832	3,295	26,3
37,7	26,7	39,0	56,0	5,0	0,946	2,083	3,546	24,6
43	22	2,0	40,5	57,5	0,859	2,080	3,160	28,2
32	21	20,5	59,5	20,0	0,871	2,009	3,309	29,8
55	27,7	21	57	22	1,057	1,407	1,850	23,0
37	21	14,4	50,6	35	1,032	1,932	2,707	27,8
52	26	3	30	67	1,725	2,709	2,946	22,3
59	25	23	37	40	0,932	1,482	1,832	26,9
61	25	5,5	45,5	49,0	1,045	1,845	2,600	26,8
59	25	15	35,5	49,5	1,021	2,326	3,296	26,9
38	23	20	50	30	0,911	1,433	1,896	29,1
56,9	28,9	0,25	45,75	54,0	0,762	1,332	1,850	25,8

Описание скважины
(на правом берегу р. Волги, отм. устья 134,50 м)

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		Мощность, м	Выход зерна, %
1	pdQ ₄	Почва	0,00	0,20	0,20	—
2	dQ ₂	Супесь легкая светло-бурая, с корнями растений, гумусированная	0,20	0,60	0,40	—
3	dQ ₂	Суглинок желтый и желтовато-коричневый, пылеватый, известковистый, с щебнем известняка и гнездами известковой муки, плотный	0,60	2,70	2,10	—
4	P ₂ t ₃	Песок ржаво-красный, мелко-среднезернистый, слюдистый, глинистый, полиминеральный, влажный	2,70	7,75	5,05	—
5	P ₂ t ₃	Песок табачно-зеленый, средне- и крупнозернистый, слабоизвестковистый, водонасыщенный	7,75	16,20	8,45	—
6	P ₂ t ₃	Песок крупнозернистый, известковистый, с гравием кварца, кремня и известняка, плотный, водонасыщенный	16,20	16,70	0,50	—
7	P ₂ t ₃	Глина желтовато-коричневая, песчанистая, известковистая, с линзами зеленовато-серого среднезернистого полиминерального песка с большим количеством гальки известняка и кварца, плотная	16,70	17,70	1,0	100
8	P ₂ t ₃	Глины розовые переслаиваются с коричневыми, известковистые, с включениями известковистой муки, мелкокомковатые	17,70	18,55	0,85	90
9	P ₂ t ₃	Глина красновато-коричневая, пылеватая, мелко- и среднекомковатая, слабоизвестковистая, в подошве плотная, с прослоем розовых мергелей, слабых, мощностью 6 см	18,55	19,45	0,90	100
10	P ₂ t ₃	Известняк светло-серый, местами окварцованный, крепкий, кавернозный; каверны размером до 1,5 см в диаметре. В кровле прослой глинистого известняка мощностью 8 см; в подошве зеленовато-серые сильноизвестковые глины с прослоями известняковой муки, мощностью 8 см. В основании наблюдается тонкое переслаивание известняков с тонкозернистым песком, зеленовато-желтым	19,45	20,20	0,75	85
11	P ₂ t ₃	Глина красновато-коричневая с прослоями табачно-желтой, пылеватая, комковатая, полутвердая, с линзами голубовато-серого алеврита. В кровле — прослой известковистой плотной глины мощностью 2—3 см	20,20	21,20	1,0	100
12	P ₂ t ₃	Глина серовато-коричневая с частыми тонкими прослоями голубовато-серых алевритов и глини, комковатая	21,20	22,53	1,33	100
13	P ₂ t ₃	Глина кирпично-красная, с частыми гнездами и тонкими прослоями голубовато-серых алевритов и мелкими окатышами более плотных вишнево-красных и зеленовато-коричневых глини. Прослой глини имеют мощность 2—3 см, мелко- и комковатую структуру	22,53	23,65	1,12	100

№ с/оя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м		Мощ- ность, м	Выход керна, %
14	P ₂ t ₃	В подошве — плотные известняковые глины крупнокомковатой структуры				
15	P ₂ t ₃	Переслаивание розового мергеля и свет- ло-серого известняка, в кровле 25 см прослой розового мергеля, слабого, сильно разрушенного	23,65	24,70	1,05	80
16	P ₂ t ₃	Глина коричневая, пылеватая, мелко- комковатая, с окатышами более плот- ной и темной глины	24,70	25,40	0,70	100
17	P ₂ t ₃	Глина зеленовато-коричневая, зеленова- то-желтая, тонкослоистая, трещинова- тая, с прослоями плотной бесструктур- ной пылеватой глины	25,40	26,75	1,35	100
18	P ₂ t ₃	Песок серовато-желтый, средне- и круп- нозернистый, глинистый, подмине- ральный, известковистый, с прослоями красновато-коричневых глин (до 8 см) и крепких сцементированных известко- вистых песчаников, водоносный	26,75	28,05	1,30	100
19	P ₂ t ₃	Глина красновато-коричневая с включе- ниями табачно-зеленой, пылеватая, мелкокомковатая, плотного сложения, с мелкими окатышами твердой глины; встречаются редкие прослой известня- ка мощность до 1,0—1,5 см	28,05	29,60	1,55	100
20	P ₂ t ₃	Глина коричнево-красная и зеленова- то-коричневая, с крупными пятнами табачно-зеленой, местами песчанистая, плотная, неоднороднокомковатая. В интервале 29,0—30,05 м тонкое пере- слаивание глины с алевроитом	29,60	30,30	0,70	100
21	P ₂ t ₃	Глина кирпично-красная, сильноизвестко- вистая, мелко- и среднекомковатая, плотная. В кровле прослой голубой глины с окатышами известняка. В по- дошве глина с известковистым алеврои- том и обломками розового мергеля	30,30	31,40	1,10	90
22	P ₂ t ₃	Глина красновато-коричневая с пятнами и гнездами табачно-желтой глины и зе- леновато-голубых алевроитов, известко- вистая, неоднороднокомковатая (от ореховой до крупнокомковатой) с боль- шим количеством известняковой и гли- нистой гальки. К подошве увеличи- вается количество включений желтой глины и голубых алевроитов	31,40	32,50	1,10	95
23	P ₂ t ₃	Глина красновато-коричневая, пылева- тая, крупнокомковатая, с прослоями плотных бесструктурных глин, мощ- ностью 5—7 см	32,50	33,55	1,05	100
	P ₂ t ₃	Переслаивание алевроита голубовато-се- рого и глины зеленовато-серой. Глина пылеватая, мелко-, средне- и крупно- комковатая, рыхлого сложения; але- вроит слюдястый, слабоизвестковистый. Мощность прослоев алевроита 5—8 м, глины — 3—5 см	33,55	34,40	0,85	90

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		Мощность, м	Выход зерна, %
24	P ₂ t ₃	Глина шоколадная, слабопылеватая, крупнокомковатая, в отдельных участках мелкокомковатая, плотного сложения; в подошве с тонкими прослоями табачно-желтого алевролита	34,40	35,50	1,10	100
25	P ₂ t ₃	Глина коричневая и коричневатокрасная, пылеватая, с частыми включениями и прослоями голубовато-серого алевролита, неоднороднокомковатая	35,50	38,20	2,70	100
26	P ₂ t ₃	Глина фиолетово-коричневая, слюдистая, комковатая, с тонкими прослоями табачно-зеленых алевролитов	38,20	38,75	0,55	100
27	P ₂ f ₃	Песок табачно-зеленый и голубовато-серый, тонкозернистый, глинистый, слюдистый, с тонкими прослоями глин и алевролитов (2—3 см); водоносный	38,75	39,75	1,00	80
28	P ₂ t ₃	Глина коричневая с включениями табачно-зеленой, пылеватая, неоднороднокомковатая	39,75	41,65	1,90	100
29	P ₂ t ₃	Глина зеленоватокоричневая, пылеватая, известковистая, неоднороднокомковатая, в подошве слоя плотная	41,65	43,65	2,00	100
30	P ₂ t ₃	Глина зеленая, сильноизвестковистая, крупнокомковатая, плотная. В интервале 44,10—44,40 м известняк светло-серый, доломитизированный, слабокавернозный; каверны до 0,5 см	43,65	44,40	0,75	100
31	P ₂ t ₃	Глина вишнево-красная, известковистая, неоднороднокомковатая, с гнездами и линзами голубовато-серого известкового алевролита. Глина обогащена окатышами твердых глин, размером 0,2—0,3 см в диаметре	44,40	45,35	0,95	100
32	P ₂ f ₃	Глина голубовато-серая, известковистая, неоднороднокомковатая, с прослоями известкового алевролита	43,35	45,65	2,30	100
33	P ₂ t ₃	Глина красновато-коричневая, пылеватая, с гнездами голубовато-серого алевролита и табачно-желтой глины, неоднороднокомковатая, плотная, слабоизвестковистая	45,65	46,95	1,30	100
34	P ₂ t ₃	Глина коричневатокрасная и табачно-зеленая с гнездами алевролита, с большим количеством обломков известняка, мелко- и крупнокомковатая, плотная. В интервале 48,00—48,30 м алевролит табачно-желтый и голубовато-серый, слабоизвестковистый, с прослоями глин мощностью несколько сантиметров	46,95	48,80	1,85	100
35	P ₂ t ₃	Песок табачно-зеленый и голубовато-серый, тонкозернистый, слюдистый, известковистый, слабоцементированный	48,80	49,50	0,70	75
36	P ₂ t ₃	Глина красновато-коричневая и табачно-желтая, пылеватая, с гнездами и прослоями зеленой глины, комковатая и плотная	49,50	50,91	1,41	100
37	P ₂ t ₃	Глина коричневатокрасная, коричневая и зеленоватокоричневая, с частыми прослоями и гнездами голубых глин и алевролитов мощностью 5—8 см; с большим количеством обломков известняка	50,91	53,30	2,39	100

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м		Мощ- ность, м	Выход керна, %
38	P ₂ t ₃	Алеврит голубовато-серый, розовый, из- вестковый, с окатышами известняка размером до 2 см, с прослоями корич- невых и зеленовато-серых глин. Мощ- ность 3—5 см. В интервале 54,70— 54,78 м прослой серого крепкого из- вестняка. В подошве прослой фиолето- во-коричневой глины неоднородно- комковатой	53,30	55,40	2,10	85
39	P ₂ t ₃	Известняк сильно разрушенный, светло- серый; керн представлен мелкими об- ломками	55,40	55,60	0,20	70
40	P ₂ t ₃	Глина вишнево-красная с прослоями светло-серого известняка и алеврита мощностью до 3 см, неоднородноком- коватая, плотная	55,60	58,23	2,63	100
41	P ₂ t ₃	Глина красновато-коричневая и зеленая с прослоями известняка и алеврита, не- однороднокомковатая, плотная . . .	58,23	59,85	1,62	95

Таблица 6-6

Сведения о водоносных горизонтах

Глубина, м	Водоносные горизонты			
	I	II	III	IV
Появления воды	7,80	26,80	38,85	53,50
Установившегося уровня	7,70	18,50	25,80	28,70

ЗАДАЧА № 26

СОСТАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ
НИЖНЕМЕЛОВЫХ ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ САРАТОВСКОГО
ПОВОЛЖЬЯ¹

Для изучения геологического строения правого берега р. Волги на участке примыкания и в основании плотины Саратовской ГЭС проведе-
но разведочное колонковое бурение. Из скважины, заложенной в бере-
говом склоне, при бурении отобраны образцы с нарушенной структурой
и произведены массовые полевые лабораторные определения состояния
и свойств глинистых пород.

Уровень р. Волги на участке створа плотины в межень имеет отметку
около 15 м; проектируемый подпор 14—16 м.

По материалам полевой документации и опробования (табл. 6-7, 6-8,
6-9, 6-10) требуется составить инженерно-геологическую колонку
нижнемеловых отложений участка правобережного примыкания плотины
Саратовской ГЭС.

Форма колонки приведена в приложении 2, рекомендуемый масштаб
1 : 100 — 1 : 200.

¹ Составлена Г. С. Золотаревым.

Описание скважины
Правый берег р. Волги, створ плотины, отм. устья 90,25 м

№ слоя	Описание пород	Геологический индекс	Глубина залегания слоя, м		Мощность, м	Выход керна, %
			от	до		
1	Почвенный слой	pdQ ₄	0,00	0,30	0,30	—
2	Суглинок бурый и желто-серый, пылеватый, с мелкой щебенкой, слабовлажный	dpQ ₃	0,30	2,10	1,80	—
3	Глины серые, перемятые, трещиноватые, плотные, влажные	Cr ₁ nc	2,10	8,75	6,65	—
4	Алеврит темно-серый, слюдистый, рыхлый, с растительными остатками	Cr ₁ nc	8,75	15,00	6,25	60
5	Глина средняя темно-серая, полутвердая, с раковистым изломом, трещиноватая, по трещинам известковый налет и присыпки серого алеврита	Cr ₁ nc	15,00	19,40	4,40	80
6	Алеврит темно-серый	Cr ₁ nc	19,40	19,80	0,40	55
7	Глина средняя темно-серая, полутвердая, с раковистым изломом, с мелкими конкрециями пирита	Cr ₁ nc	19,80	23,60	3,80	55
8	Керн размытый	Cr ₁ nc	23,60	26,00	2,40	
9	Глина средняя темно-серая полутвердая, с вертикальными трещинами, с раковистым изломом, с мелкими конкрециями пирита	Cr ₁ nc	26,00	29,10	3,10	100
10	Глина битуминозная (горючие сланцы), темно-серая с буроватым оттенком, тонкослоистая, с вертикальными трещинами	Cr ₁ nc	29,10	31,50	2,40	100
11	Глина средняя, битуминозная, темно-серая с зеленоватым оттенком, полутвердая, с неровным изломом, с редкими тонкими прослоями горючих сланцев	Cr ₁ nc	31,50	32,50	1,00	100
12	Глина битуминозная (горючие сланцы), темно-серая с зеленоватым оттенком, полутвердая, тонкослоистая, с обломками фауны	Cr ₁ nc	32,50	38,70	6,20	100
13	Глина средняя, битуминозная, темно-серая с буроватым оттенком, полутвердая с тонкими прослойками горючих сланцев, с неровным изломом	Cr ₁ nc	38,70	41,50	2,80	100
14	Алеврит глинистый темно-серый, полутвердый (сухой светло-серый) с ходами илоедов, заполненными пиритом, с обломками раковин	Cr ₁ nc	41,50	42,00	0,50	100
15	Глина средняя темно-серая, полутвердая, с обломками раковин	Cr ₁ nc	42,00	44,70	2,70	100
16	Алеврит темно-серый, слюдистый	Cr ₁ nc	44,70	46,10	1,40	100
17	Глина легкая, темно-серая, полутвердая, слюдистая, с присыпками алеврита серого, с включением пирита, с неровным изломом	Cr ₁ nc	46,10	47,90	1,80	100
18	Алеврит темно-серый, слюдистый	Cr ₁ nc	47,90	49,90	2,00	100
19	Глина легкая темно-серая, полутвердая, слюдистая, с ходами илоедов, заполненными пиритом, с присыпками серого алеврита, с неровным изломом	Cr ₁ nc	49,90	50,80	0,90	100
20	Алеврит темно-серый, рыхлый	Cr ₁ nc	50,80	53,00	2,20	64
21	Глина легкая темно-серая, полутвердая, с тонкими прослойками серого алеврита	Cr ₁ nc	53,00	54,60	1,60	100

№ слоя	Описание пород	Геологический индекс	Глубина залегания слоя, м		Мощность, м	Выход керна, %
			от	до		
22	Глина легкая темно-серая, полутвердая, участками средняя, слюдистая, с прысками серого алевроита	Cr ₁ nc	54,60	57,50	2,90	100
23	Алеврит глинистый, темно-серый, полутвердый, слюдистый	Cr ₁ nc	57,50	57,90	0,40	100
24	Алеврит рыхлый, темно-серый, участками с зеленоватым оттенком, тонкослоистый, на глубине 58,40—59,30 м известняк	Cr ₁ nc	57,90	63,10	5,20	100
25	Алеврит глинистый, полутвердый, с прослоями алевроита серого	Cr ₁ nc	63,10	64,80	1,70	90
26	Алеврит рыхлый, темно-серый с зеленоватым оттенком, слюдистый, косослоистый	Cr ₁ nc	64,80	64,95	0,15	90
27	Алеврит глинистый, темно-серый, полутвердый, слюдистый, с линзами (редкими) алевроита серого	Cr ₁ nc	64,95	69,30	4,35	90
28	Алеврит глинистый темно-серый с зелеными пятнами глауконита	Cr ₁ nc	69,30	69,50	0,20	100
29	Алеврит глинистый темно-серый, полутвердый, слюдистый, с частыми тонкими прослоями алевроита серого (полосчатый)	Cr ₁ nc	69,50	72,90	3,40	100
30	Алеврит рыхлый, зеленовато-серый, слюдистый, тонкослоистый	Cr ₁ nc	72,90	73,55	0,65	100
31	Алеврит глинистый темно-серый, полутвердый, слюдистый, с тонкими прослойками алевроита серого	Cr ₁ nc	73,55	74,60	1,05	100
32	Глина легкая темно-серая, полутвердая, с тонкими прослойками алевроита серого, слюдистого (полосчатая)	Cr ₁ nc	74,60	77,60	3,00	100
33	Алеврит рыхлый, темно-серый с зеленоватым оттенком, участками косослоистый, слюдистый, с редкими прослойками глинистого алевролита	Cr ₁ nc	77,60	79,70	2,10	100
34	Алеврит глинистый, темно-серый, полутвердый, слюдистый, с прослоями алевроита серого (слабо полосчатый)	Cr ₁ nc	79,70	81,20	1,50	100
35	Глина легкая темно-серая, полутвердая, с частыми тонкими прослойками серого алевроита	Cr ₁ nc	81,20	86,00	4,80	42
36	Алеврит темно-серый слюдистый	Cr ₁ nc	86,00	87,30	1,30	100
37	Алеврит глинистый, темно-серый, полутвердый, слюдистый, с частыми тонкими линзами серого алевроита	Cr ₁ nc	87,30	91,60	4,30	100
38	Глина легкая темно-серая, полутвердая, слюдистая, с частыми тонкими линзочками серого алевроита	Cr ₁ nc	91,60	95,30	3,70	100
39	Глина средняя темно-серая, полутвердая, с раковистым изломом, с ходами илоедов, заполненными пиритом	Cr ₁ nc	95,30	103,80	8,50	100
40	Глина легкая темно-серая, полутвердая, слюдистая, с пятнами глауконита	Cr ₁ nc	103,80	104,00	0,20	100
41	Глина средняя темно-серая, полутвердая, слюдистая, с остроугольным раковистым изломом, с ходами илоедов, заполненными пиритом	Cr ₁ nc	104,00	107,60	3,60	100
42	Алеврит глинистый темно-серый, полутвердый, слюдистый, с пятнами зеленого глауконита	Cr ₁ nc	107,60	107,80	0,20	95

№ слоя	Описание пород	Геологический индекс	Глубина зале- гания слоя, м		Мощ- ность, м	Выход керна, %
			от	до		
43	Глина средняя темно-серая, полутвердая, слюдистая, с остроугольно-раковистым изломом, с тонкими линзами серого алевроита	Сг ₁ пс	107,80	111,25	3,45	95
44	Алеврит темно-серый с зеленоватым оттенком, глауконитовый, слюдистый	Сг ₁ пс	111,25	111,50	0,25	95
45	Глина средняя темно-серая, полутвердая, слюдистая, с остроугольным раковистым изломом, с прослоями алевроита, с ходами илоедов, заполненными пиритом	Сг ₁ пс	111,50	115,60	4,10	95
46	Алеврит рыхлый, темно-зеленый, слюдистый	Сг ₁ пс	115,60	115,80	0,20	93
47	Глина средняя темно-серая, полутвердая, слюдистая, с редкими присыпками алевроита, с раковистым изломом, с ходами илоедов, заполненными пиритом	Сг ₁ пс	115,80	119,60	3,80	93
48	Глина легкая темно-серая, полутвердая, сильнослюдистая, с гнездами пирита	Сг ₁ пс	119,60	120,80	1,20	93
49	Алеврит сильноглинистый, темно-серый, полутвердый	Сг ₁ пс	120,80	121,60	0,80	93
50	Глина средняя темно-серая, полутвердая, слюдистая, с неровным изломом	Сг ₁ пс	121,60	123,00	1,40	93
51	Алеврит рыхлый, темно-серый слюдистый	Сг ₁ пс	123,00	126,20	3,20	36
52	Алеврит глинистый, темно-серый, полутвердый, слюдистый	Сг ₁ пс	126,20	129,20	3,00	36
53	Глина легкая темно-серая, полутвердая, сильнослюдистая, с ходами илоедов	Сг ₁ пс	129,20	132,40	3,20	100
54	Алеврит глауконитовый, темно-зеленый, слюдистый, с зернами кварца	Сг ₁ пс	132,40	132,75	0,35	100
55	Глина легкая темно-серая, полутвердая, слюдистая, с мелкими включениями пирита	Сг ₁ пс	132,75	134,65	1,90	100
56	Глина средняя темно-серая, полутвердая, слюдистая, с неровным изломом, с ходами илоедов и присыпками пирита	Сг ₁ пс	134,65	138,55	3,90	100

Таблица 6-8

Сведения о водоносных горизонтах

Глубина, м	Водоносные горизонты		
	I	II	III
Появления воды	8,90	58,25	123,80
Установившегося уровня	4,20	30,80	25,65

Технический разрез скважины

Виды работ	Буровой инструмент		Пройдено, м		Обсадная трубами	
	наименование	диаметр, мм	от	до	диаметр, мм	до глубины, м
Бурение ударно-вращательное	ложка	245	0	11,25	—	—
Обсадная	—	—	—	—	219	11,25
Бурение станком КАМ-500 и обсадная	колонковая труба	150	11,25	47,55	146	39,70
		130	47,55	86,30		
		110	86,30	131,50	108	113,50
		89	131,50	138,55		

Таблица 6-10

Физико-механические свойства пород

Глубина слоя, м	Глубина образца, м	Естественная влажность W , % (весовая)	Объемный вес Δ , г/см ³	Удельный вес γ , г/см ³	Пределы пластичности		Содержание глинистых частиц $<0,002$ мм, %	Прочность на раздвигание при естественной влажности и сложении R , кг/см ²	Набухание, %
					верхний W_f	нижний W_p			
5	17,90—18,40	15,16	2,00	2,75	62,38	29,86	43,08	12,96	8,80
5	18,90—19,30	23,89	2,03	2,75	56,20	27,90	33,33	12,70	—
7	22,15—22,45	27,13	1,99	2,75	61,69	29,82	40,82	13,00	3,20
7	22,55—22,75	27,60	1,99	2,75	64,13	30,27	20,82	13,50	4,20
9	28,70—28,90	28,73	1,99	2,77	67,96	32,88	40,82	14,60	9,30
10	31,00—31,30	32,39	1,77	2,65	61,22	49,05	31,71	23,40	7,70
12	33,05—33,25	—	1,82	2,65	63,05	43,57	30,60	—	—
12	35,40—35,90	29,00	1,82	2,65	59,27	41,00	22,67	22,30	—
12	37,90—38,15	27,48	1,91	2,65	61,39	39,72	36,30	23,50	15,20
13	40,30—40,50	27,23	1,92	2,62	61,70	38,38	32,90	21,70	—
15	42,40—42,55	23,36	2,05	2,74	56,95	24,92	44,26	21,70	10,80
16	45,10—45,25	23,40	2,03	2,72	53,30	27,93	43,08	22,30	—
17	46,50—46,70	23,90	2,03	2,75	49,80	24,20	41,99	19,64	4,10
18	48,95—49,20	23,72	2,03	2,72	40,99	23,06	23,35	7,83	1,90
22	54,85—55,00	22,78	2,00	2,73	49,38	25,36	39,68	14,85	—
22	56,05—56,25	25,23	2,02	2,73	52,35	25,06	40,86	13,52	2,30
25	63,45—63,70	23,18	2,04	—	45,88	22,02	24,94	9,70	—
27	65,30—65,55	24,10	2,00	—	56,47	22,42	31,73	12,48	—
27	68,70—69,00	23,21	2,02	—	47,46	22,54	31,73	13,30	—
29	71,20—71,35	27,08	2,02	—	53,03	24,91	45,35	14,55	16,40
31	73,70—73,95	25,30	2,01	—	47,01	26,82	31,73	7,50	—
32	74,70—75,05	24,90	2,01	—	51,72	23,96	36,26	10,20	4,93
34	80,25—80,50	26,82	1,99	—	53,72	25,12	40,86	11,23	3,13
35	84,50—84,90	25,13	2,02	—	53,04	24,14	46,48	20,01	—
36	86,85—87,20	25,01	2,02	—	63,11	26,16	44,26	18,21	—
38	91,90—92,25	22,34	2,07	—	56,23	25,32	40,86	15,04	2,80
39	96,55—96,75	24,00	2,04	2,76	57,56	25,67	44,26	18,21	1,83
39	98,40—98,60	24,09	2,03	2,76	57,66	27,62	40,86	19,87	12,40
39	102,25—102,55	23,40	2,05	2,76	62,15	27,77	40,86	16,08	—
40	104,70—104,85	24,51	2,05	2,76	68,38	30,86	55,14	19,12	—
40	106,40—106,65	24,18	2,03	2,76	70,23	31,83	53,27	24,50	12,90
40	108,85—109,15	25,16	2,02	2,74	74,04	29,11	52,14	12,90	—
40	110,30—110,50	24,78	2,02	2,74	78,21	27,52	41,90	18,52	—
51	121,70—122,05	23,25	2,04	—	84,95	32,40	72,53	19,41	—

СОСТАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ НИЖНЕМЕЛОВЫХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЙОНА ИНГУРИ ГЭС¹

При изысканиях для технического проекта арочной плотины Ингури ГЭС по оси сооружения была пройдена серия опорных инженерно-геологических скважин, что в совокупности с другими исследованиями обеспечило полевое и лабораторное изучение состава, состояния и свойств трещиноватых скальных пород. Для одной из скважин (№ 3212), пробурен-

Данные о физико-механических

№ образцов	Название пород	Глубина отбора образцов, м	Объемный вес Δ , г/см ³
1	Известняки окремненные	2,00—2,30	2,67
2	То же	4,50—4,80	2,67
3	»	6,30—6,60	2,66
4	Известняки глауконитовые	8,80—9,20	2,63
5	То же	12,40—12,80	2,66
6	»	15,30—15,50	2,66
7	Известняки окремненные	16,10—16,40	2,63
8	То же	17,30—17,50	2,67
9	Известняки глауконитовые	17,60—17,80	2,63
10	То же	17,90—18,10	2,66
11	Известняки окремненные	18,20—18,45	2,67
12	То же	18,90—19,10	2,68
13	Известняки глауконитовые	19,50—19,80	2,63
14	То же	20,10—20,40	2,64
15	Известняки окремненные	21,10—21,40	2,68
16	То же	21,80—22,10	2,67
17	»	22,70—23,00	2,68
18	Известняки глауконитовые	23,50—23,80	2,66
19	То же	29,90—30,30	2,63
20	»	36,20—36,60	2,63
21	Известняки светло-серые с пиритом	37,40—37,80	2,64
22	То же	39,10—39,50	2,66
23	»	41,50—41,80	2,66
24	Известняки светло-серые с пиритом	43,60—43,80	2,52
25	То же	46,70—47,10	2,65
26	»	50,00—50,40	2,63
27	»	53,60—53,90	2,66
28	»	56,70—57,00	2,63
29	»	67,70—68,00	2,67
30	»	71,90—72,10	2,57
31	»	86,50—86,70	2,59
32	»	96,90—97,15	2,61
33	»	99,60—99,85	2,63
34	Известняки светло-серые	100,60—100,85	2,68
35	То же	103,70—104,00	2,67
36	»	105,50—105,80	2,66
37	»	110,30—110,60	2,69
38	»	111,70—112,0	2,67
39	»	119,20—119,50	8,66
40	»	120,80—121,10	2,66

¹ Составлена В. С. Федоренко.

ной в левобережном примыкании плотины, соответствующие данные приведены в табл. 6-11, 6-12, 6-13, 6-14.

Требуется составить инженерно-геологическую колонку в масштабе 1:100—1:200 по форме, указанной в приложении 2; определить границы съема выветрелых карбонатных пород в основании плотины, имея в виду ее тип и принятую расчетную нагрузку на плечо арки 80 кг/см².

Скважина бурилась с промывкой, интенсивное поглощение воды наблюдалось на глубинах: 17,50—18,10 м; 25,30—28,70 м; 32,20—33,80 м; 36,20—37,00 м; 70,00—73,00 и 93,00—95,00 м. Для массива меловых из-

Таблица 6-11

свойствах пород (скв. № 3212)

Пустотность каверноз- ность и трещи- новатость), %	Водонасыще- ние, % (по весу)	Временное сопротивление сжатию под углом 45° к слоистости образцов R, кг/см ²		Модуль упругости, определенный	
		сухих	водонасыщен- ных	полевым сейсми- ческим методом, $E_d^f \cdot 10^3$ кг/см ²	лабораторным статическим, $E_e^f \cdot 10^3$ кг/см ²
3,31	2,07	953	905	207	253
4,35	1,94	800	730	186	210
4,35	2,24	1000	970	230	287
2,64	1,77	780	740	168	195
4,15	2,28	757	715	159	210
4,56	3,34	832	790	171	183
4,73	2,20	970	900	205	245
5,47	2,06	910	855	186	218
15,8	3,06	759	680	175	180
6,45	2,95	730	710	168	175
5,07	1,83	950	900	200	250
5,21	2,35	930	850	216	237
6,61	2,72	860	780	188	210
5,65	3,82	730	650	150	180
3,35	2,14	1020	870	241	265
4,10	1,95	940	880	165	190
2,68	1,89	870	820	170	210
5,29	3,38	800	720	160	185
5,10	3,07	720	670	168	180
6,20	2,93	670	630	130	150
4,25	1,53	1030	900	180	190
3,79	2,30	1210	1100	218	235
4,10	1,59	1180	1050	187	205
7,05	3,16	200	187	80	110
2,78	1,83	1020	910	230	250
5,51	2,59	1070	950	190	210
2,43	1,56	1200	1110	260	300
2,41	1,85	1115	1000	240	280
2,95	1,79	1300	1270	270	320
6,48	2,97	300	280	110	130
6,45	2,27	270	240	98	115
8,05	3,30	150	90	73	90
6,85	2,83	1000	870	200	230
6,60	2,15	1000	910	190	230
3,21	2,03	1150	1080	265	290
7,50	3,51	950	870	190	210
4,13	2,25	1100	1050	255	270
2,79	1,83	1200	1130	250	300
7,90	3,37	1000	930	205	230
5,30	1,75	1050	990	230	250

вестняков характерна обводненность отдельных систем трещин; по окончании бурения скважина была промыта от шлама и в ней при помощи двойного темпона устанавливалось наличие и уровни подземных вод в трещинах. Обводненными оказались трещины на следующих глубинах:

Таблица 6-12

Интервалы установки двойного темпона, м	Глубина установившегося уровня воды, м
60,0—61,00	53,5
74,0—75,0	60,3
102,5—103,5	100,5
116,3—117,3	98,8

Таблица 6-13

Результаты опытных нагнетаний в скважину № 3212

№ слоя	Названия пород	Интервалы, м	Удельные водопоглощения q , л/мин
1	Известняки окремненные	2,50—7,50	2,57
2	Известняки глауконитовые	7,00—12,00	0,80
3	То же	12,00—17,00	0,53
4	Известняки окремненные и глауконитовые	16,00—21,00	1,10
5	То же	18,00—23,00	1,50
6	»	16,00—23,00	0,67
7	Известняки глауконитовые	23,00—28,00	15,39
8	То же	28,00—33,00	25,42
9	»	33,00—38,00	16,40
10	Известняки светло-серые с пиритом	38,00—42,00	1,83
11	То же	42,00—45,20	9,87
12	»	45,20—50,30	1,33
13	»	50,30—55,15	1,15
14	»	55,20—60,25	1,41
15	»	60,10—65,10	0,88
16	»	65,00—70,00	1,31
17	»	70,00—73,00	5,55
18	»	73,00—78,00	0,56
19	»	78,00—83,00	1,25
20	»	83,00—88,00	3,43
21	»	88,00—93,00	0,96
22	»	93,00—98,00	4,44
23	»	97,50—100,30	7,37
24	Известняки светло-серые	100,20—105,00	0,89
25	То же	105,00—110,10	1,10
26	»	110,00—115,00	0,44
27	»	115,00—120,00	0,63

Описание скважины № 3212

Левый берег р. Ингури, ось плотины; отм. устья 506,92 м
 Бурение колонковым снарядом диаметром 127 мм до глубины 4,50 м
 » 111 мм » 38,00 м
 » 101 мм » 115,00 м
 » 91 мм » 121,10 м

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоев и интервалы бурения, м		Мощность, м	Выход керна, %
			от	до		
1	eIQ	Щебенка окремнелых коричневых известняков в рыхлом слабовлажном суглинистом заполнителе (20%)	0	0,50	0,50	90
2	eIQ	Плиты и глыбы окремнелых с примесью глауконита известняков, промежутки между которыми заполнены щебенкой и буровато-коричневым суглинком. В верхней части слоя глыбы и плиты располагаются беспорядочно, глубже — с наклоном в одну сторону . .	0,50	1,30	0,80	83
3	eIQ	Известняки буровато-коричневые с желваками светло-коричневых кремней, пронизанные густой сетью трещин шириной до 5 мм, частично выполненных щебнисто-суглинистым заполнителем .	1,30	1,80	0,50	71
4	Cr ₁ b	Известняки окремнелые, светло-серые и коричневые, с включениями зерен гематита размером 0,3—2 см, желваки светло-коричневого кремня размером до 20 см и прожилками кальцита мощностью до 0,5 см. Трещины напластования встречаются через 1—2 м, иногда через 0,3—0,5 м; падают под углом 45—60°, ожелезнены, иногда с примазками влажной глины бордового цвета	1,80	6,95	5,15	100
			1,80	3,80	—	84
			3,80	4,80	—	59
			4,80	5,40	—	45
			5,40	6,30	—	72
			6,30	7,80	—	
5	Cr ₁ b	Известняки глауконитовые серые и светло-серые с зеленоватым оттенком, мелкозернистые, тонкослонные, сильнотрещиноватые, с ожелезненными трещинами шириной до 3—5 мм	6,95	16,00	9,05	78
			7,80	8,80	—	21
			8,80	10,30	—	35
			10,30	10,90	—	27
			10,90	11,60	—	19
			11,60	12,10	—	41
			12,10	13,10	—	44
			13,10	15,10	—	34
			15,10	16,30	—	
6	Cr ₁ b	Известняки окремнелые светло-серые, аналогичные описанным в сл. 4, слаботрещиноватые, крепкие	16,00	17,50	1,50	82
			16,30	17,30	—	65
7	Cr ₁ b	Известняки глауконитовые серые, аналогичные описанным в сл. 5, сильнотрещиноватые, средней крепости	17,30	17,80	—	55
			17,50	18,10	0,60	
			17,80	18,50	—	
8	Cr ₁ b	Известняки окремнелые, светло-серые, слаботрещиноватые, крепкие	18,10	19,10	1,00	70
			18,50	19,40	—	
9	Cr ₁ b	Известняки глауконитовые серые, трещиноватые, крепкие	19,10	20,50	1,40	75
			19,40	20,40	—	
10	Cr ₁ b	Известняки окремнелые светло-серые, трещиноватые, крепкие	20,50	22,80	2,30	80
			20,40	21,10	—	60
			21,10	22,00	—	65
			22,00	23,00	—	

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоев и интервалы бурения, м		Мощность, м	Выход керна, %
			от	до		
11	Cr ₁ b	Известняки глауконитовые светло-серые и серые, тонкозернистые, с конкрециями пирита и кремневыми стяжениями размером до 0,5 см, трещиноватые, стенки трещин ровные и раковистые, покрыты охристыми налетами, падают под углом 40—80°. В интервале 25,30—28,70 м породы сильнотрещиноватые, с бурым суглинистым заполнителем в трещинах напластования и редкими штрихами скольжения по падению пластов. На глубинах 32,20—33,80 м и 36,20—37,00 м породы сильнотрещиноватые, без суглинистого заполнителя и следов скольжения	22,80	37,00	14,20	—
			23,00	23,80	—	67
			23,80	25,10	—	48
			25,10	26,40	—	19
			26,40	26,90	—	30
			26,90	27,30	—	35
			27,30	27,90	—	15
			27,90	28,40	—	40
			28,40	28,90	—	21
			28,90	29,40	—	48
			29,40	29,90	—	69
			29,90	31,00	—	50
			31,00	32,20	—	70
			32,20	33,30	—	33
			33,30	33,70	—	30
			33,70	34,20	—	45
			34,20	34,90	—	90
			34,90	35,80	—	63
			35,80	36,20	—	49
			36,20	37,00	—	10
12	Cr ₁ b	Известняки светло-серые с коричневатым оттенком, микрозернистые, с конкрециями пирита размером до 0,5 см, крепкие, трещиноватые. Трещины напластования с ровными или раковистыми стенками, с охристым налетом, падают под углами 40—65°. В интервале 42,30—45,00 м известняки коричневые, очень трещиноватые, средней крепости и слабые.	37,00	100,30	63,30	—
			37,00	37,40	—	90
			37,40	38,00	—	46
			38,00	39,10	—	55
			39,10	40,30	—	35
			40,30	41,50	—	56
			41,50	42,30	—	60
			42,30	43,50	—	15
			43,50	44,10	—	17
			44,10	44,60	—	19
			44,60	45,00	—	25
			45,00	45,40	—	80
			45,40	46,70	—	61
			46,70	47,40	—	65
			47,40	48,60	—	90
			48,60	50,00	—	73
		В интервале 70,00—73,00 м и 85,10—88,50 м известняки коричневые, сильнотрещиноватые, слабые и средней крепости, по трещинам ожелезнение, глинистый заполнитель и редкие штрихи скольжения по падению.	50,00	51,50	—	42
			51,50	52,80	—	35
			52,80	53,60	—	61
			53,60	54,90	—	45
			54,90	55,40	—	57
			55,40	56,70	—	63
			56,70	57,80	—	45
		В интервале 95,70—100,30 м известняки буровато-серые, ожелезненные по трещинам, средней крепости, сильнотрещиноватые, со следами скольжения по глинистому ожелезненному заполнителю	57,80	59,00	—	47
			59,00	60,60	—	62
			60,60	61,30	—	62
			61,30	62,10	—	48
			62,10	63,30	—	27
			63,30	64,15	—	35
			64,15	65,50	—	48
			65,50	66,20	—	51
			66,20	67,70	—	37
			67,70	68,90	—	60
			68,90	70,00	—	73
			70,00	71,40	—	20
			71,40	71,90	—	15
			71,90	72,50	—	30
			72,50	73,00	—	10
			73,00	73,50	—	60

№ слон	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоев и интервалы бурения, м		Мощность, м	Выход керна, %
			от	до		
13	Ст ₁ b	Известняки светло-серые, мелкозернистые, с редкими прожилками кальцита мощностью до 3—5 см, крепкие, слабо-трещиноватые. Трещины шириной до 1—2 мм, падают преимущественно под углами 45—60°, встречаются через 0,5—1,5 м. В интервалах 105,30—108,10 м и 119—120,50 м — редкие каверны размером до 5 см с примазками глинистого материала на стенках или выполненные кристаллами кальцита	73,50	74,90	—	42
			74,90	76,10	—	36
			76,10	77,30	—	61
			77,30	78,50	—	45
			78,50	79,80	—	30
			79,80	81,30	—	67
			81,30	82,40	—	35
			82,40	83,70	—	43
			83,70	85,10	—	50
			85,10	86,50	—	17
			86,50	87,00	—	27
			87,00	87,60	—	16
			87,60	88,00	—	10
			88,00	88,50	—	25
			88,50	89,00	—	65
			89,00	90,30	—	40
			90,30	92,10	—	53
			92,10	93,70	—	39
			93,70	95,70	—	63
			95,70	96,90	—	29
			96,90	97,40	—	35
			97,40	98,00	—	23
			98,00	98,50	—	15
			98,50	99,10	—	19
			99,10	99,60	—	37
			99,60	100,00	—	25
			100,00	100,50	—	18
			100,30	121,10	20,80	80
			100,50	101,10	—	33
			101,10	102,50	—	49
			102,50	103,70	—	61
			103,70	105,50	—	29
			105,50	106,70	—	55
			106,70	107,50	—	44
			107,50	108,90	—	73
			108,90	109,60	—	64
			109,60	110,80	—	39
			110,80	111,70	—	47
			111,70	113,10	—	80
			113,10	115,00	—	49
			115,00	116,70	—	43
			116,70	118,30	—	65
			118,30	119,50	—	50
			119,50	121,10	—	50

ЗАДАЧА № 28

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ОПЫТНЫХ НАГНЕТАНИЙ В СКВАЖИНУ, ПРОИДЕННУЮ В ИЗВЕСТНЯКАХ¹

Для выяснения трещиноватости и закарстованности известняков артинского яруса, залегающих в основании и в бортовых примыканиях платформы, с целью выявления возможных путей фильтрации, зон ослабления пород и определения местоположения и глубины цементационной завесы были проведены поинтервальные опытные нагнетания в скважину.

¹ Составлена Г. С. Золотаревым.

Описание скважины

Левый берег р. Уфы, участок створа Павловской ГЭС. Отм. устья — 267,34 м

№ слоя	Описание пород	Геологический индекс	Глубина залегания слоя, м		Выход керна, %
			от	до	
1	Песок серый, мелкозернистый, рыхлый . . .	al Q ₂	0	1,00	—
2	Песок серый, мелкозернистый, пылеватый . .	al Q ₂	1,00	2,20	—
3	Супесь коричневатая-серая, плотная, влажная .	al Q ₂	2,20	2,95	—
4	Галечник крупный, с валунами и гравийно-песчаным заполнителем, с глубины 3,55 м водоносный . . .	al Q ₂	2,95	5,90	—
5	Песок крупнозернистый с гравием и галкой .	al Q ₂	5,90	6,35	—
6	Галечник мелкий с редкими валунами и гравийно-песчаным заполнителем, рыхлый . . .	al Q ₂	6,35	8,90	—
7	Обломки и щебенка кристаллического известняка . . .	el Q/P ₁	8,90	9,35	—
8	Обломки и щебенка известняка с песчаным заполнителем . . .	el Q/P ₁	9,35	11,00	35
9	Известняк мелкокристаллический, интенсивно трещиноватый . . .	P ₁ art	11,00	18,00	58
10	Известняк серый, мелкокристаллический, участками порфиридовидный, пористый, трещиноватый . . .	P ₂ art	18,00	22,20	78
11	Известняк желтовато-серый, органогенно-обломочный, пористый, кавернозный . . .	P ₂ art	22,20	25,0	81
12	Известняк желтовато-серый, скрытокристаллический, с прослоями пелитоморфного . . .	P ₁ art	25,00	27,85	83
13	Известняк серый, порфиридовидный, плотный .	P ₂ art	27,85	29,00	96
14	Известняк серый, мелкокристаллический, плотный . . .	P ₂ art	29,00	31,00	93
15	Сланец известково-глинистый, битуминозный .	P ₂ art	31,00	31,40	89
16	Известняк серый, кристаллический, участками окремненный . . .	P ₂ art	31,40	35,50	95
17	Зона дробления, обломки скрытокристаллического известняка с желваками кремня . . .	P ₂ art	35,50	36,70	38
18	Известняк светло-серый, порфиридовидный, сильно трещиноватый . . .	P ₁ art	36,70	38,00	57
19	Известняк серый, органогенно-обломочный. На глубине 41,0—41,30 м вертикальные и крутопадающие трещины . . .	P ₁ art	38,00	44,80	80
20	Известняк серый, порфиридовидный, плотный .	P ₁ art	44,80	46,90	93
21	Известняк темно-серый, органогенно-обломочный . . .	P ₁ art	46,90	48,20	93
22	Известняк серый, пелитоморфный, плотный . .	P ₁ art	48,20	49,60	100
23	Известняк серый, органогенно-обломочный, с желваками кремня, плотный . . .	P ₁ art	49,60	53,60	98
24	Известняк темно-серый, скрытокристаллический, с желваками кремня, плотный . . .	P ₁ art	53,60	54,00	100
25	Известняк темно-серый, органогенно-обломочный, плотный, с участками окремнения . .	P ₁ art	54,00	58,60	100
26	Известняк светло-серый, кристаллический, плотный . . .	P ₁ art	58,60	60,20	95
27	Известняк серый, кристаллический, сильно трещиноватый . . .	P ₁ art	60,20	61,60	84
28	Известняк темно-серый, мелко- и скрытокристаллический, с прослойками органогенно-обломочного, с желваками кремня . . .	P ₁ art	61,60	68,20	87
29	Известняк темно-серый, органогенно-обломочный . . .	P ₁ art	68,20	70,30	90

Глубина скважины, м	Описание пород	Геологический индекс	Глубина залегания слоя, м		Выход керна, %
			от	до	
30	Известняк серый, скрытокристаллический и мелкокристаллический, с прослоями органо-генно-обломочного	P ₁ art	70,30	74,70	94
31	Известняк темно-серый, битуминозный, с прослойками битуминозных сланцев	P ₁ art	74,70	75,00	97

Примечание. В песчано-галечниковых и обломочных четвертичных отложениях и в артинских известняках — единый водоносный горизонт с установившимся уровнем — 3,55 м.

Описание пород, пройденных скважиной, с указанием процента выхода керна и других данных, необходимых для построения разреза, приведены в табл. 6-15, 6-16.

Результаты опытных нагнетаний в скважину, выполненных в десять зон на глубинах: I зона — 22,30—27,90 м; II зона — 28,30—33,30 м; III зона — 33,30—38,85 м; IV зона — 38,25—43,85 м; V зона — 43,85—48,90 м; VI зона — 48,90—53,90 м; VII зона — 54,15—59,15 м; VIII зона — 58,65—63,65 м; IX зона — 64,40—69,40 м; X зона — 69,40—75,00 м, сведены в табл. 6-17.

Требуется:

1) составить сводный чертеж по опытным нагнетаниям в скважину, содержащий: а) геологический разрез (колонку) скважины с величинами удельного водопоглощения и процентом выхода керна в виде эпюр; б) графики зависимости приведенных расходов от напора: $Q_0 = f(H)$; в) таблицу исходных данных и результатов расчета удельных водопоглощений. Вычисление удельных водопоглощений проводится по формулам, приведенным в приложении 6.

2) произвести оценку трещиноватости, закарстованности и фильтрационных свойств артинских известняков.

Таблица 6-16

Технический разрез скважины

Виды работ	Инструмент		Пройдено, м		Обсадка трубами	
	наименование	диаметр, мм	от	до	диаметр, мм	до глубины, м
Бурение ручное	ложка	152	0,00	9,40	—	—
Обсадка		—	—	—	150	9,40
Бурение механическое	колонковая труба	131	9,40	75,00	—	—
Обсадка		—	—	—	127	11,6

Результаты опытных нагнетаний в скважину

I зона, глубина 22,30—27,90 м; $h^*=1,10$ м; $H_0^{**}=3,55$ м

I ступень, показ. манометра 0,24 атм		II ступень, показ. манометра 0,82 атм		III ступень, показ. манометра 1,35 атм	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
13. V 11 ч 00 мин	—				
11 ч 10 мин	80	13 ч 40 мин	120	15 ч 30 мин	200
11 ч 20 мин	80	13 ч 50 мин	130	15 ч 40 мин	200
11 ч 30 мин	80	14 ч 00 мин	135	15 ч 50 мин	180
11 ч 40 мин	80	14 ч 10 мин	135	16 ч 00 мин	180
11 ч 50 мин	80	11 ч 20 мин	135	16 ч 10 мин	180
12 ч 00 мин	80	14 ч 30 мин	135	16 ч 20 мин	180
12 ч 10 мин	80	14 ч 40 мин	135	16 ч 30 мин	180
12 ч 20 мин	80	14 ч 50 мин	135	16 ч 40 мин	180
12 ч 30 мин	80	15 ч 00 мин	135	16 ч 50 мин	180
12 ч 40 мин	80	15 ч 10 мин	135	17 ч 00 мин	180
12 ч 50 мин	80	15 ч 20 мин	135	17 ч 10 мин	180
13 ч 00 мин	80			17 ч 20 мин	180
13 ч 10 мин	80			17 ч 30 мин	180
13 ч 20 мин	80			17 ч 40 мин	180
13 ч 30 мин	80			17 ч 50 мин	180
				18 ч 00 мин	180
				18 ч 10 мин	180

* h —превышение шейки манометра над устьем скважины.** H_0 —уровень воды в скважине до опыта, замеренный в разжатом тампоне.

Продолжение табл. 6-17

II зона, глубина 28,30—33,30 м, $h=0,90$ м, $H_0=3,38$ м

I ступень, показ. манометра 0,67 атм		II ступень, показ. манометра 1,12 атм		III ступень, показ. манометра 1,91 атм	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
14. V 10 ч 30 мин	—				
11 ч 00 мин	18,4	12 ч 10 мин	25,6	14 ч 00 мин	37,6
11 ч 10 мин	18,4	12 ч 20 мин	25,6	14 ч 10 мин	37,6
11 ч 20 мин	18,4	12 ч 30 мин	25,6	14 ч 20 мин	37,6
11 ч 30 мин	18,4	12 ч 40 мин	25,6	14 ч 30 мин	37,6
11 ч 40 мин	18,4	12 ч 50 мин	25,6	14 ч 40 мин	37,6
11 ч 50 мин	18,4	13 ч 00 мин	25,6	14 ч 50 мин	37,6
12 ч 00 мин	18,4	13 ч 10 мин	25,6	15 ч 00 мин	37,6
		13 ч 20 мин	25,6	15 ч 10 мин	37,6
		13 ч 30 мин	25,6	15 ч 20 мин	37,6
		13 ч 40 мин	25,6	15 ч 30 мин	37,6
		13 ч 50 мин	25,6	15 ч 40 мин	37,6
				15 ч 50 мин	37,6
				16 ч 00 мин	37,6
				16 ч 10 мин	37,6
				16 ч 20 мин	37,6
				16 ч 30 мин	37,6

III зона, глубина 33,30—38,85 м, $h=0,60$ м, $H_0=3,40$ м

I ступень, показ. манометра 0,02 атм		II ступень, показ. манометра 0,15 атм		III ступень, показ. манометра 0,28 атм	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
15. V 14 ч 50 мин	—	17 ч 10 мин	230	18 ч 50 мин	346
16 ч 10 мин	196	17 ч 20 мин	230	19 ч 00 мин	346
16 ч 20 мин	196	17 ч 30 мин	240	19 ч 10 мин	346
16 ч 30 мин	196	17 ч 40 мин	240	19 ч 20 мин	346
16 ч 40 мин	196	17 ч 50 мин	240	19 ч 30 мин	346
16 ч 50 мин	196	18 ч 00 мин	246	19 ч 40 мин	346
17 ч 00 мин	196	18 ч 10 мин	246	19 ч 50 мин	346
		18 ч 20 мин	246	20 ч 00 мин	346
		18 ч 30 мин	246	20 ч 10 мин	346
		18 ч 40 мин	246	20 ч 20 мин	346
				20 ч 30 мин	346
				20 ч 40 мин	346
				20 ч 50 мин	346
				21 ч 00 мин	346
				21 ч 10 мин	346
				21 ч 20 мин	346

IV зона, глубина 38,25—43,85 м, $h=0,70$ м, $H_0=3,55$ м

I ступень, показ. манометра 0,35 атм		II ступень, показ. манометра 0,83 атм		III ступень, показ. манометра 1,36 атм	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
16. V 14 ч 00 мин	—				
14 ч 20 мин	71	15 ч 30 мин	103	17 ч 20 мин	130
14 ч 30 мин	71	15 ч 40 мин	103	17 ч 30 мин	130
14 ч 40 мин	71	15 ч 50 мин	103	17 ч 40 мин	130
14 ч 50 мин	71	16 ч 00 мин	103	17 ч 50 мин	132
15 ч 00 мин	71	16 ч 10 мин	103	18 ч 00 мин	132
15 ч 20 мин	71	16 ч 20 мин	103	18 ч 10 мин	132
		16 ч 30 мин	103	18 ч 20 мин	132
		16 ч 40 мин	103	18 ч 30 мин	132
		16 ч 50 мин	103	18 ч 40 мин	132
		17 ч 00 мин	103	18 ч 50 мин	132
		17 ч 10 мин	103	19 ч 00 мин	132
				19 ч 10 мин	132
				19 ч 20 мин	132
				19 ч 30 мин	132
				19 ч 40 мин	132
				19 ч 50 мин	132
				20 ч 00 мин	132

V зона, глубина 43,85—48,90 м, $h=0,50$ м, $H_0=3,55$ м

I ступень, показ. манометра 0,30 атм		II ступень, показ. манометра 0,94 атм		III ступень, показ. манометра 1,55 атм	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
17. V 19 ч 00 мин	—				
19 ч 10 мин	5,5	21 ч 50 мин	17,2	23 ч 20 мин	21,6
19 ч 20 мин	6,0	22 ч 00 мин	17,5	23 ч 30 мин	21,6
19 ч 30 мин	6,0	22 ч 10 мин	17,8	23 ч 40 мин	22,7
19 ч 40 мин	6,0	22 ч 20 мин	17,8	23 ч 50 мин	22,7
19 ч 50 мин	7,0	22 ч 30 мин	17,8	24 ч 00 мин	22,7
20 ч 00 мин	8,0	22 ч 40 мин	17,8	18. V 0 ч 10 мин	23,6
20 ч 10 мин	9,2	22 ч 50 мин	17,8	0 ч 20 мин	23,6
20 ч 20 мин	9,0	23 ч 00 мин	17,8	0 ч 30 мин	23,6
20 ч 30 мин	9,0	23 ч 10 мин	17,8	0 ч 40 мин	24,4
20 ч 40 мин	9,7			0 ч 50 мин	24,4
20 ч 50 мин	9,7			1 ч 00 мин	24,4
21 ч 00 мин	9,7			1 ч 10 мин	24,4
21 ч 10 мин	9,7			1 ч 20 мин	24,4
21 ч 20 мин	9,7				
21 ч 30 мин	9,7				
21 ч 40 мин					

VI зона, глубина 48,90—53,90 м, $h=0,87$ м, $H_0=3,33$ м

I ступень, показ. манометра 0,20 атм		II ступень, показ. манометра 0,80 атм		III ступень, показ. манометра 1,80 атм	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
19. V 9 ч 20 мин	—				
10 ч 00 мин	3,5	11 ч 00 мин	7,5	12 ч 40 мин	10
10 ч 10 мин	3,5	11 ч 10 мин	7,5	12 ч 50 мин	14
10 ч 20 мин	3,5	11 ч 20 мин	7,5	13 ч 00 мин	11
10 ч 30 мин	3,5	11 ч 30 мин	7,5	13 ч 10 мин	13
10 ч 40 мин	3,5	11 ч 40 мин	7,5	13 ч 20 мин	13
10 ч 50 мин	3,5	11 ч 50 мин	7,5	13 ч 30 мин	13
		12 ч 00 мин	7,5	13 ч 40 мин	13
		12 ч 10 мин	7,5	13 ч 50 мин	13
		12 ч 20 мин	7,5	14 ч 00 мин	13
		12 ч 30 мин	7,5	14 ч 10 мин	13
				14 ч 20 мин	13
				14 ч 30 мин	13
				14 ч 40 мин	13
				14 ч 50 мин	13
				15 ч 00 мин	13
				15 ч 10 мин	13
				15 ч 20 мин	13

VII зона, глубина 54,15—59,15 м, $h=0,50$ м, $H_0=3,07$ м

I ступень, показ. манометра 0,47 атм		II ступень, показ. манометра 0,97 атм		III ступень, показ. манометра 1,47 атм	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход водн., л/мин	время замера	расход воды, л/мин
20. V 17 ч 20 мин	—				
18 ч 10 мин	50	19 ч 20 мин	70	21 ч 10 мин	86
18 ч 20 мин	50	19 ч 30 мин	70	21 ч 20 мин	86
18 ч 30 мин	50	19 ч 40 мин	70	21 ч 30 мин	86
18 ч 40 мин	50	19 ч 50 мин	70	21 ч 40 мин	86
18 ч 50 мин	50	20 ч 00 мин	70	21 ч 50 мин	86
19 ч 00 мин	50	20 ч 10 мин	70	22 ч 00 мин	86
19 ч 10 мин	50	20 ч 20 мин	70	22 ч 10 мин	86
		20 ч 30 мин	70	22 ч 20 мин	86
		20 ч 40 мин	70	22 ч 30 мин	86
		20 ч 50 мин	70	22 ч 40 мин	86
		21 ч 00 мин	70	22 ч 50 мин	86
				23 ч 00 мин	86
				23 ч 10 мин	86
				23 ч 20 мин	86
				23 ч 30 мин	86
				23 ч 40 мин	86

VIII зона, глубина 58,65—63,65 м, $h=0,80$ м, $H_0=3,28$ м

I ступень, показ. манометра 0,44 атм		II ступень, показ. манометра 0,57 атм		III ступень, показ. манометра 0,87 атм	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
21. V 9 ч 00 мин	—				
9 ч 20 мин	214	10 ч 50 мин	230	12 ч 50 мин	270
9 ч 30 мин	214	11 ч 00 мин	230	13 ч 00 мин	270
9 ч 40 мин	214	11 ч 10 мин	230	13 ч 10 мин	270
9 ч 50 мин	214	11 ч 20 мин	230	13 ч 20 мин	270
10 ч 00 мин	214	11 ч 30 мин	236	13 ч 30 мин	270
10 ч 10 мин	214	11 ч 40 мин	236	13 ч 40 мин	280
10 ч 20 мин	214	11 ч 50 мин	236	13 ч 50 мин	280
10 ч 30 мин	214	12 ч 00 мин	236	14 ч 00 мин	280
10 ч 40 мин	214	12 ч 10 мин	236	14 ч 10 мин	280
		12 ч 20 мин	236	14 ч 20 мин	280
		12 ч 30 мин		14 ч 30 мин	280
		12 ч 40 мин		14 ч 40 мин	280
				14 ч 50 мин	280
				15 ч 00 мин	280
				15 ч 10 мин	280
				15 ч 20 мин	280
				15 ч 30 мин	280

IX зона, глубина 64,40—69,40 м, $h=0,70$ м, $H_0=2,98$ м

I ступень, показ. манометра 0,19 атм		II ступень, показ. манометра 0,69 атм		III ступень, показ. манометра 1,13 атм	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
22. V 17 ч 10 мин	—				
17 ч 50 мин	35	19 ч 00 мин	64	21 ч 10 мин	80
18 ч 00 мин	35	19 ч 10 мин	64	21 ч 20 мин	91
18 ч 10 мин	35	19 ч 20 мин	64	21 ч 30 мин	90
18 ч 20 мин	35	19 ч 30 мин	64	21 ч 40 мин	90
18 ч 30 мин	35	19 ч 40 мин	64	21 ч 50 мин	90
18 ч 40 мин	35	19 ч 50 мин	64	22 ч 00 мин	90
18 ч 50 мин	35	20 ч 00 мин	64	22 ч 10 мин	90
		20 ч 10 мин	64	22 ч 20 мин	90
		20 ч 20 мин	64	22 ч 30 мин	90
		20 ч 30 мин	64	22 ч 40 мин	90
		20 ч 40 мин	64	22 ч 50 мин	90
		20 ч 50 мин	64	23 ч 00 мин	90
		21 ч 00 мин	64	23 ч 10 мин	90
				23 ч 20 мин	90
				23 ч 30 мин	90
				23 ч 40 мин	90

X зона, глубина 69,40—75,00 м, $h=0,80$ м, $H_0=3,35$ м

I ступень, показ. манометра 0,27 атм		II ступень, показ. манометра 0,87 атм		III ступень, показ. манометра 1,40 атм	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
23. V 16 ч 10 мин	—				
17 ч 00 мин	5,2	18 ч 00 мин	10,0	20 ч 00 мин	12,0
17 ч 10 мин	5,2	18 ч 10 мин	10,0	20 ч 10 мин	14,0
17 ч 20 мин	5,2	18 ч 20 мин	10,0	20 ч 20 мин	14,0
17 ч 30 мин	5,2	18 ч 30 мин	10,0	20 ч 30 мин	14,0
17 ч 40 мин	5,2	18 ч 40 мин	10,0	20 ч 40 мин	14,0
17 ч 50 мин	5,2	18 ч 50 мин	10,0	20 ч 50 мин	14,0
		19 ч 00 мин	10,0	21 ч 00 мин	14,0
		19 ч 10 мин	10,0	21 ч 10 мин	14,0
		19 ч 20 мин	10,0	21 ч 20 мин	14,0
		19 ч 30 мин	10,0	21 ч 30 мин	14,0
		19 ч 40 мин	10,0	21 ч 40 мин	14,0
		19 ч 50 мин	10,0	21 ч 50 мин	14,0
				22 ч 00 мин	14,0
				22 ч 10 мин	14,0
				22 ч 20 мин	14,0
				22 ч 30 мин	14,0
				22 ч 40 мин	14,0

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТНЫХ НАГНЕТАНИЙ В СКВАЖИНУ, ПРОЙДЕННУЮ В МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОДАХ¹

Для выявления степени и закономерностей распределения трещиноватости протерозойских метаморфических сланцев и роговиков, слагающих основание и бортовые примыкания плотины, были выполнены опытные нагнетания в скважину, заложенную в основании сооружения. Описание пород, пройденных скважиной, с указанием ее конструкции и методики проведения опыта приводится в табл. 6—18.

Таблица 6-18

Описание скважины

Долина р. Енисей, участок створа Саянской ГЭС. Отм. устья — 695,42 м. Бурение колонковое. Начальный и конечный диаметр бурения 131 мм. Скважина сухая. Опытные нагнетания выполнены с помощью двойного тампона в десять зон, расположенных на глубине от 10 до 60 м. Средняя длина интервала 5 м

№ зона	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		Мощность, м
			от	до	
1	alQ ₃	Пески мелкозернистые, с прослоями легкой су- песи	0,0	2,3	2,3
2	alQ ₃	Галечник с песчаным заполнителем (20%) . . .	2,3	5,2	2,9
3	Ptdg	Сланцы кварцево-биотитовые метаморфические, разбитые многочисленными трещинами вы- ветривания	5,2	8,8	3,6
4	Ptdg	Сланцы кварцево-биотитовые с прослоями ро- говиков, сильно выветрелые	8,8	12,5	3,7
5	Ptdg	Роговики альбит-биотитовые и эпидотовые ам- фиболиты, выветрелые	12,5	15,7	3,2
6	Ptdg	Сланцы кварцево-биотитовые, темно-зеленые, тонкосланцеватые	15,7	21,0	5,3
7	Ptdg	Сланцы кварцево-биотитовые, темно-зеленые, расчлененные несколькими разнонаправлен- ными тектоническими трещинами шириной до 5—7 см. Трещины заполнены разрушен- ным кальцитом, слабо ожелезнены	21,0	24,8	3,8
8	Ptdg	Сланцы кварцево-биотитовые, темно-зеленые . .	24,8	27,5	2,7
9	Ptdg	Сланцы хлоритово-амфиболитовые с прослоя- ми плитчатых роговиков	27,5	31,2	3,7
10	Ptdg	Габбро-порфириды темно-серые, крупнокристал- лические, разбитые трещинами отдельности .	31,2	35,0	3,8
11	Ptdg	Сланцы хлорит-амфиболитовые с прослоями плитчатых роговиков	35,0	41,1	6,1
12	Ptdg	Зона тектонического дробления. Породы сильно катаклазировааны и ожелезнены	41,1	42,6	1,5
13	Ptdg	Сланцы альбит-биотитовые с прослоями квар- цево-мусковитовых, плитчатые	42,6	48,4	5,8
14	Ptdg	Роговики роговообманковые, массивные, с прослоями метаморфических сланцев	48,4	53,3	4,9
15	Ptdg	Сланцы эпидот-кварцевые, слабобассланцзован- ные, темно-зеленые. В кровле слоя сланцы разбиты немногочисленными трещинами кли- важа	53,3	60,0	6,7

¹ Составлена Э. В. Калининным.

Результаты опытных нагнетаний в скважину

I зона, глубина 10,20—15,10 м, $h^*=0,70$ м

I ступень		II ступень		III ступень	
Показание манометра, атм					
0,50		1,05		1,55	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
14.IX 8 ч 00 мин	75,2	11 ч 30 мин	102,5	13 ч 30 мин	112,5
8 ч 10 мин	76,0	11 ч 40 мин	98,7	13 ч 40 мин	113,8
8 ч 20 мин	76,5	11 ч 50 мин	101,5	13 ч 50 мин	115,5
8 ч 30 мин	76,5	12 ч 00 мин	102,0	14 ч 00 мин	118,5
8 ч 40 мин	77,3	12 ч 20 мин	102,0	14 ч 20 мин	118,9
9 ч 00 мин	79,5	12 ч 40 мин	102,0	14 ч 40 мин	119,0
9 ч 20 мин	80,0	13 ч 00 мин	102,0	15 ч 00 мин	119,0
9 ч 40 мин	79,8			15 ч 30 мин	119,0
10 ч 00 мин	80,2			16 ч 00 мин	119,0
10 ч 20 мин	80,2				
10 ч 40 мин	80,2				
11 ч 00 мин	80,2				

* h —превышение шейки манометра над устьем скважины, в метрах.II зона, глубина 15,00—20,00 м, $h=0,85$ м

I ступень		II ступень		III ступень	
Показание манометра, атм					
0,45		0,95		1,50	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
14.IX 20 ч 00 мин	46,0	22 ч 30 мин	56,9	15.IX 0 ч 0 мин	67,1
20 ч 10 мин	46,0	22 ч 40 мин	56,5	0 ч 10 мин	65,1
20 ч 20 мин	46,5	22 ч 50 мин	56,5	0 ч 20 мин	66,7
20 ч 30 мин	46,8	23 ч 00 мин	56,5	0 ч 30 мин	66,8
20 ч 50 мин	46,8	23 ч 30 мин	56,5	0 ч 50 мин	66,8
21 ч 10 мин	46,8			1 ч 10 мин	66,8
21 ч 30 мин	46,8			1 ч 30 мин	66,8
22 ч 00 мин	46,8			2 ч 00 мин	66,8

III зона, глубина 19,90—25,00 м, $h=0,60$ м

I ступень		II ступень		III ступень	
Показание манометра, атм					
0,50		0,95		1,45	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
15.IX 6 ч 00 мин	157,0	8 ч 00 мин	185,5	10 ч 30 мин	215,0
6 ч 10 мин	157,0	8 ч 20 мин	185,6	10 ч 40 мин	212,5
6 ч 20 мин	157,5	8 ч 40 мин	185,5	10 ч 50 мин	212,5
6 ч 40 мин	157,5	9 ч 00 мин	185,5	11 ч 00 мин	213,2
7 ч 00 мин	157,5	9 ч 30 мин	185,5	11 ч 20 мин	213,1
7 ч 30 мин	157,5	10 ч 00 мин	185,5	11 ч 40 мин	212,9
				12 ч 00 мин	213,0
				12 ч 30 мин	213,0
				13 ч 00 мин	213,0

IV зона, глубина 25,00—29,90 м, $h=1,20$ м

I ступень		II ступень		III ступень	
Показание манометра, атм					
0,55		1,05		1,45	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
15.IX 17 ч 00 мин	47,8	20 ч 00 мин	53,2	23 ч 00 мин	60,9
17 ч 10 мин	47,0	20 ч 20 мин	53,6	23 ч 10 мин	61,0
17 ч 20 мин	47,0	20 ч 40 мин	54,4	23 ч 20 мин	61,1
17 ч 30 мин	47,0	21 ч 00 мин	54,2	16.IX 0 ч 00 мин	61,2
18 ч 30 мин	47,1	22 ч 00 мин	54,2	0 ч 30 мин	61,2
19 ч 00 мин	47,1	22 ч 30 мин	54,2	1 ч 00 мин	61,2
19 ч 30 мин	47,1				

V зона, глубина 29,90—34,90 м, $h=0,55$ м

I ступень		II ступень		III ступень	
Показание манометра, атм					
0,95		1,95		3,10	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
16.IX 5 ч 00 мин	70,0	8 ч 00 мин	90,5	10 ч 30 мин	110,0
5 ч 10 мин	71,1	8 ч 20 мин	91,8	10 ч 40 мин	111,0
5 ч 20 мин	75,5	8 ч 40 мин	92,7	10 ч 50 мин	111,2
5 ч 30 мин	75,2	9 ч 00 мин	92,7	11 ч 00 мин	111,0
5 ч 50 мин	75,8	9 ч 30 мин	92,7	11 ч 20 мин	111,0
6 ч 10 мин	75,2	10 ч 00 мин	92,7	11 ч 40 мин	111,0
6 ч 30 мин	75,2			12 ч 00 мин	111,0
7 ч 00 мин	75,2				
7 ч 30 мин	75,2				

VI зона, глубина 34,90—40,00 м, $h=1,10$ м

I ступень		II ступень		III ступень	
Показание манометра, атм					
0,90		1,85		2,90	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
16.IX 16 ч 00 мин	48,7	18 ч 30 мин	58,0	21 ч 00 мин	68,0
16 ч 10 мин	48,0	18 ч 50 мин	58,5	21 ч 20 мин	68,2
16 ч 20 мин	48,5	19 ч 10 мин	58,6	21 ч 40 мин	68,2
16 ч 30 мин	48,6	19 ч 30 мин	58,6	22 ч 00 мин	68,6
17 ч 00 мин	48,6	20 ч 00 мин	58,6	22 ч 30 мин	68,6
17 ч 30 мин	48,6	20 ч 30 мин	58,6	23 ч 00 мин	68,6
18 ч 00 мин	48,6		58,6	23 ч 30 мин	68,6

VII зона, глубина 40,10—45,00 м, $h=0,50$ м

I ступень		II ступень		III ступень	
Показания манометра, атм					
0,90		1,95		3,00	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
17.IX 4 ч 00 мин	520,0	8 ч 00 мин	654,0	11 ч 00 мин	759,0
4 ч 10 мин	530,0	8 ч 20 мин	654,60	11 ч 30 мин	760,0
4 ч 20 мин	545,0	8 ч 40 мин	654,7	12 ч 00 мин	760,0
4 ч 30 мин	550,0	9 ч 00 мин	655,0	12 ч 30 мин	760,0
4 ч 50 мин	551,0	9 ч 30 мин	655,0	13 ч 00 мин	760,0
5 ч 10 мин	552,0	10 ч 00 мин	655,0		
5 ч 30 мин	550,0	10 ч 30 мин	655,0		
6 ч 00 мин	551,0				
6 ч 30 мин	551,0				
7 ч 00 мин	551,0				
7 ч 30 мин	551,0				

VIII зона, глубина 44,90—49,90 м, $h=0,35$ м

I ступень		II ступень		III ступень	
Показания манометра, атм					
1,45		3,05		4,40	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
17.IX 17 ч 00 мин	37,8	20 ч 00 мин	44,8	23 ч 00 мин	55,0
17 ч 20 мин	37,5	20 ч 20 мин	46,0	23 ч 20 мин	55,2
17 ч 40 мин	37,7	20 ч 40 мин	46,2	23 ч 40 мин	55,6
18 ч 00 мин	37,7	21 ч 00 мин	46,5	18.IX 0 ч 00 мин	55,7
18 ч 30 мин	37,7	21 ч 30 мин	46,5	0 ч 30 мин	55,7
19 ч 00 мин	37,7	22 ч 00 мин	46,5	1 ч 00 мин	55,7
		22 ч 30 мин	46,5		

IX зона, глубина 50,10—55,10 м, $h=0,40$ м

I ступень		II ступень		III ступень	
Показания манометра, атм					
1,55		3,05		4,65	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
18.IX 5 ч 00 мин	77,2	8 ч 00 мин	93,1	10 ч 00 мин	109,5
5 ч 20 мин	77,0	8 ч 20 мин	93,1	10 ч 20 мин	108,6
5 ч 40 мин	76,8	8 ч 40 мин	93,2	10 ч 40 мин	109,0
6 ч 00 мин	77,1	9 ч 00 мин	93,2	11 ч 00 мин	109,1
6 ч 30 мин	77,2	9 ч 30 мин	93,2	12 ч 00 мин	109,1
7 ч 00 мин	77,2			13 ч 00 мин	109,1
7 ч 30 мин	77,2				

Х зона, глубина 54,90—60,00 м, $h=1,05$ м

I ступень		II ступень		III ступень	
Показания манометра, атм					
1,50		3,00		4,65	
время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин	время замера	расход воды, л/мин
18.1X 17 ч 00 мин	5,0	20 ч 00 мин	8,6	22 ч 00 мин	10,0
17 ч 10 мин	5,1	20 ч 10 мин	8,8	22 ч 20 мин	10,1
18 ч 20 мин	7,3	20 ч 20 мин	9,0	22 ч 40 мин	10,4
18 ч 30 мин	7,4	20 ч 30 мин	8,9	23 ч 00 мин	10,4
19 ч 00 мин	7,4	20 ч 50 мин	8,8	23 ч 30 мин	10,4
19 ч 30 мин	7,4	21 ч 10 мин	8,8		
		21 ч 30 мин	8,8		

Данные, полученные в результате проведения поинтервальных опытных нагнетаний, сведены в табл. 6-19.

Требуется:

1) составить сводный чертеж, содержащий результаты обработки данных поинтервальных опытных нагнетаний в скважину: а) геологический разрез (колонку) скважины; б) графики зависимости приведенных расходов от величины напоров; $Q_0=f(H)$; в) сводную таблицу исходных данных и результатов определения удельных водопоглощений (расчет удельных водопоглощений производится по формулам приложения 6); г) эпюру, характеризующую изменение удельного водопоглощения с глубиной;

2) по результатам поинтервальных опытных нагнетаний дать ориентировочную оценку распределения и интенсивности трещиноватости и фильтрационных свойств пород.

ЗАДАЧА № 30

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ОПЫТНОЙ КУСТОВОЙ ОТКАЧКИ ИЗ СКВАЖИН, ПРОЙДЕННЫХ В АЛЛЮВИИ¹

В районе проектируемой гидростанции на р. Неман для изучения водопроницаемости древнего аллювия заложен опытный куст, состоящий из центральной и семи наблюдательных скважин (рис. 6-5). Откачка произведена с тремя понижениями. Все скважины оборудованы сетчатыми фильтрами (табл. 6-20). Описание разрезов скважин приводится в табл. 6-21. Результаты опытной кустовой откачки — расход воды и понижения уровней в центральной и наблюдательных скважинах — сведены в табл. 6-22.

Требуется:

1) составить по результатам опытной откачки сводный чертеж, на котором показать: а) схему расположения куста скважин с депрессионной воронкой при максимальном понижении; б) геологические разрезы по

¹ Составлена А. Б. Минервиным.

двум направлениям с уровнями воды при откачке при всех понижениях; в) график колебания расхода воды в центральной, уровней — в центральной и наблюдательных скважинах во времени при откачке; г) графики зависимости дебитов и удельных дебитов от понижения уровня;

2) составить таблицу исходных данных и рассчитать коэффициенты фильтрации по двум направлениям. Оценить водопроницаемость аллювиальной толщи.

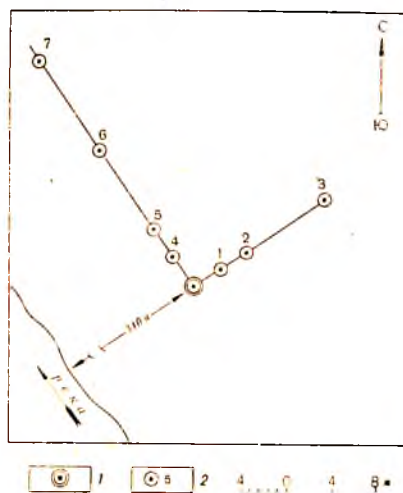


Рис. 6-5. Схема расположения скважин опытного куста:

1 — центральная скважина; 2 — наблюдательные скважины и их номера

Таблица 6-20

Оборудование скважины опытного куста при откачке

№ скважины	Расстояние от центральной скважины, м	Диаметр фильтра, мм	Интервал установки фильтра, м	
			от	до
Центральная скважина	—	217	7,70	13,35
Центральная скважина (затрубная)	0,29	48	11,60	14,35
1	2,94	48	9,00	15,50
2	6,07	60	10,15	14,10
3	15,06	60	9,15	13,10
4	3,11	60	9,25	13,25
5	6,13	48	7,35	13,05
6	15,06	60	8,70	13,00
7	25,07	60	11,70	13,30

Результаты опытных откачек из скважины
(журнал наблюдений)

Дата	Время, час	Центральная скважина		Уровни воды в наблюдательных скважинах (от устья патрубка), м						
		расход, Q л/сек	глубина уровня от устья пат- рубка, м	1	2	3	4	5	6	7
I понижение										
19.X	16									
	18	5,95	9,83	10,16	9,07	8,59	9,16	10,40	9,09	9,25
	19	5,95	9,82	10,16	9,06	8,58	9,15	10,39	9,08	9,25
	20	5,95	9,80	10,15	9,02	8,56	9,13	10,37	9,05	9,23
	21	5,95	9,80	10,14	9,02	8,56	9,13	10,36	9,03	9,21
	22	5,95	9,80	10,15	9,02	8,54	9,13	10,37	9,04	9,21
	23	6,10	9,80	10,13	9,02	8,54	9,12	10,36	9,04	9,21
	24	5,95	9,80	10,13	9,02	8,54	9,12	10,35	9,04	9,21
20.X	1	5,95	9,80	10,13	9,03	8,54	9,13	10,35	9,04	9,21
	2	5,95	9,80	10,13	9,03	8,54	9,14	10,35	9,04	9,21
	3	6,00	9,81	10,13	9,03	8,54	9,12	10,35	9,08	9,22
	4	5,95	9,81	10,13	9,03	8,55	9,13	10,35	9,03	9,22
	5	5,95	9,81	10,13	9,03	8,55	9,13	10,36	9,03	9,22
	6	5,95	9,80	10,13	9,03	8,55	9,14	10,36	9,03	9,22
	7	5,95	9,80	10,13	9,03	8,55	9,13	10,36	9,04	9,22
	8	5,95	9,80	10,13	9,03	8,55	9,13	10,35	9,01	9,22
	9	5,95	9,80	10,13	9,03	8,55	9,13	10,35	9,03	9,22
	10	5,95	9,80	10,13	9,03	8,55	9,12	10,35	9,03	9,24
	12	5,95	9,80	10,13	9,03	8,55	9,13	10,36	9,03	9,24
	13	5,95	9,81	10,13	9,03	8,55	9,13	10,36	9,03	9,24
	14	5,95	9,82	10,14	9,03	8,55	9,13	10,36	9,03	9,24
	15	5,95	9,80	10,13	9,03	8,55	9,13	10,35	9,04	9,22
	16	5,95	9,83	10,13	9,03	8,56	9,13	10,36	9,04	9,22
	17	5,95	9,81	10,13	9,02	8,56	9,13	10,36	9,04	9,22
	18	5,95	9,81	10,13	9,02	8,56	9,13	10,37	9,06	9,22
	19	5,95	9,81	10,12	9,02	8,56	9,12	10,37	9,04	9,22
	20	5,95	9,81	10,13	9,02	8,56	9,11	10,37	9,04	9,22
	21	5,95	9,82	10,13	9,02	8,56	9,12	10,37	9,05	9,22
	22	5,95	9,81	10,13	9,01	8,56	9,12	10,37	9,04	9,22
	23	5,95	9,81	10,13	9,01	8,56	9,12	10,37	9,04	9,22
	24	5,95	9,82	10,13	9,02	8,56	9,13	10,37	9,04	9,23
21.X	2	5,95	9,82	10,14	9,02	8,57	9,13	10,37	9,06	9,23
	1	5,95	9,82	10,13	9,02	8,56	9,13	10,37	9,04	9,23
	3	5,95	9,83	10,13	9,02	8,57	9,14	10,37	9,06	9,23
	4	5,95	9,83	10,13	9,03	8,57	9,14	10,37	9,06	9,23
	5	5,95	9,83	10,13	9,03	8,57	9,14	10,37	9,06	9,23
	6	5,95	9,83	10,13	9,03	8,57	9,14	10,37	9,06	9,23
	7	5,95	9,83	10,13	9,03	8,57	9,14	10,37	9,06	9,23
	8	5,95	9,83	10,13	9,03	8,57	9,14	10,37	9,06	9,23
	9	5,95	9,83	10,13	9,03	8,57	9,14	10,37	9,06	9,23
	10	5,95	9,83	10,13	9,03	8,57	9,14	10,37	9,06	9,23
	11	5,95	9,83	10,13	9,03	8,57	9,14	10,37	9,06	9,23
	12	5,95	9,83	10,13	9,03	8,57	9,14	10,37	9,06	9,23
	13	5,95	9,83	10,13	9,03	8,57	9,14	10,37	9,06	9,23
II понижение										
	16	9,00	9,99	10,25	9,17	8,62	9,24	10,47	9,12	9,27
	17	9,00	9,99	10,25	9,15	8,62	9,24	10,47	9,12	9,27
	18	9,00	10,01	10,26	9,14	8,62	9,24	10,47	9,12	9,27
	19	9,00	9,99	10,25	9,14	8,61	9,24	10,46	9,12	9,26
	20	9,00	10,00	10,20	9,14	8,60	9,24	10,46	9,11	9,26
	21	9,00	9,98	10,24	9,13	8,60	9,24	10,46	9,11	9,26
	22	9,00	9,99	10,24	9,13	8,60	9,23	10,45	9,11	9,26

Дата	Время, час	Центральная скважина		Уровни воды в наблюдательных скважинах (от устья патрубка), м						
		расход, Q л/сек	глубина уровня от устья пат- рубка, м	1	2	3	4	5	6	7
22.X	23	9,00	9,98	10,24	9,13	8,60	9,23	10,45	9,11	9,26
	24	9,00	9,98	10,24	9,13	8,60	9,23	10,45	9,11	9,26
	1	9,00	9,98	10,24	9,12	8,60	9,23	10,45	9,11	9,26
	2	9,00	9,97	10,24	9,12	8,60	9,23	10,45	9,11	9,26
	3	9,00	9,97	10,24	9,12	8,60	9,23	10,46	9,11	9,26
	4	9,00	9,98	10,25	9,12	8,60	9,23	10,46	9,11	9,26
	5	9,00	9,99	10,25	9,13	8,60	9,23	10,47	9,11	9,26
	6	9,00	10,00	10,25	9,13	8,60	9,24	10,47	9,11	9,26
	7	9,00	10,01	10,25	9,13	8,60	9,23	10,47	9,11	9,26
	8	9,00	9,99	10,25	9,13	8,60	9,24	10,47	9,12	9,26
	9	9,00	9,99	10,25	9,13	8,61	9,25	10,47	9,12	9,27
	10	9,00	10,02	10,25	9,13	8,62	9,24	10,48	9,12	9,26
	11	9,00	9,99	10,25	9,13	8,62	9,25	10,46	9,12	9,26
	12	9,00	10,00	10,26	9,13	3,62	9,26	10,47	9,12	9,27
	13	9,00	10,00	10,27	9,13	8,62	9,24	10,46	9,12	9,26
	15	9,00	9,99	10,25	9,13	8,62	9,24	10,45	9,12	9,27
	16	9,00	10,01	10,26	9,13	8,62	9,24	10,46	9,12	9,27
	17	9,00	10,00	10,27	9,13	8,63	9,21	10,47	9,14	9,27
	18	9,00	10,02	10,28	9,14	8,63	9,26	10,47	9,14	9,29
	19	9,00	10,01	10,27	9,14	8,63	9,25	10,48	9,14	9,29
	20	9,00	10,01	10,26	9,15	8,63	9,27	10,48	9,14	9,29
	21	9,00	10,01	10,27	9,14	8,63	9,26	10,48	9,14	9,29
	22	9,00	10,01	10,26	9,15	8,63	9,25	10,48	9,12	9,27
	23	9,00	10,00	10,25	9,14	8,62	9,24	10,47	9,12	9,26
	24	9,00	10,00	10,25	9,14	8,63	9,25	10,47	9,12	9,28

Остановка насоса

23.X	1—3									
	4	9,00	9,25	10,22	9,12	8,57	9,18	10,43	9,08	9,25
	5	9,00	10,00	10,25	9,12	8,59	9,20	10,44	9,10	9,26
	6	9,00	10,01	10,25	9,13	8,59	9,20	10,44	9,10	9,26
	7	9,00	10,00	10,25	9,12	8,60	9,21	10,45	9,10	9,26
	8	9,00	10,00	10,25	9,13	8,60	9,21	10,46	9,11	9,26
	9	9,00	10,00	10,25	9,13	8,60	9,23	10,46	9,11	9,26
	10	9,00	10,00	10,26	9,13	8,61	9,23	10,48	9,12	9,27
	11	9,00	10,01	10,26	9,13	8,61	9,22	10,47	9,12	9,27
	12	9,00	10,01	10,26	9,13	8,61	9,22	10,47	9,12	9,27
	13	9,00	10,01	10,26	9,13	8,61	9,24	10,47	9,12	9,27
	14	9,00	10,00	10,26	9,13	8,61	9,24	10,47	9,12	9,27
	15	9,00	9,99	10,26	9,14	8,61	9,24	10,47	9,12	9,27
	16	9,00	10,00	10,26	9,14	8,61	9,24	10,47	9,12	9,27
	17	9,00	10,00	10,26	9,16	8,61	9,24	10,47	9,12	9,27
	18	9,00	9,98	10,26	9,13	8,62	9,24	10,47	9,13	9,27
	19	9,00	10,04	10,26	9,13	8,65	9,24	10,48	9,13	9,27
	20	9,00	10,02	10,27	9,13	8,64	9,24	10,47	9,12	9,29
	21	9,00	10,00	10,25	9,13	8,63	9,24	10,46	9,12	9,27
	22	9,00	9,99	10,25	9,13	8,65	9,25	10,48	9,13	9,28
	23	9,00	9,98	10,25	9,14	8,64	9,24	10,48	9,14	9,28
	24	9,00	9,99	10,25	9,14	8,61	9,26	10,48	9,14	9,28
24.X	1	9,00	10,00	10,26	9,14	8,63	9,26	10,48	9,12	9,28
	2	9,00	10,01	10,26	9,14	8,63	9,26	10,46	9,12	9,28
	3	9,00	10,00	10,26	9,12	8,63	9,26	10,45	9,12	9,28
	4	9,00	10,00	10,26	9,12	8,61	9,26	10,45	9,11	9,26
	5	9,00	9,98	10,24	9,13	8,61	9,23	10,45	9,11	9,26
	6	9,00	9,98	10,24	9,13	8,60	9,23	10,44	9,11	9,27
	7	9,00	10,01	10,26	9,14	8,64	9,26	10,47	9,12	9,28
	8	9,00	10,01	10,26	9,14	8,64	9,26	10,47	9,12	9,28

Дата	Время, час	Центральная скважина		Уровни воды в наблюдательных скважинах (от устья патрубка), м						
		расход, Q л/сек	глубина уровня от устья пат- рубка, м	1	2	3	4	5	6	7
	9	9,00	10,01	10,26	9,14	8,64	9,26	10,47	9,12	9,28
	10	9,00	10,01	10,26	9,14	8,64	9,26	10,47	9,12	9,28
	11	9,00	10,01	10,26	9,14	8,64	9,26	10,47	9,12	9,28
	12	9,00	10,01	10,26	9,14	8,64	9,26	10,47	9,12	9,28
	13	9,00	10,01	10,26	9,14	8,64	9,26	10,47	9,12	9,28
	14	9,00	10,01	10,26	9,14	8,64	9,26	10,47	9,12	9,28
	15	9,00	10,01	10,26	9,14	8,64	9,26	10,47	9,12	9,28

III понижение

25.X	18	11,2	9,25	10,18	9,05	8,50	9,16	10,38	9,02	9,15
	19	11,2	10,00	10,21	9,10	8,54	9,25	10,40	9,04	9,17
	20	11,2	10,02	10,23	9,11	8,55	9,26	10,42	9,06	9,20
	21	11,2	10,05	10,25	9,12	8,56	9,27	10,45	9,07	9,22
	22	11,2	10,05	10,26	9,13	8,60	9,28	10,45	9,08	9,23
	23	11,2	10,10	10,28	9,15	8,60	9,29	10,46	9,10	9,25
	24	11,2	10,11	10,28	9,15	8,60	9,29	10,47	9,11	9,26
	1	11,2	10,12	10,29	9,17	8,60	9,30	10,49	9,11	9,27
	2	11,2	10,12	10,29	9,18	8,60	9,30	10,49	9,12	9,28
	3	10,6	10,12	10,30	9,19	8,60	9,30	10,50	9,14	9,28
	4	10,9	10,12	10,30	9,20	8,60	9,30	10,50	9,14	9,28
	5	11,2	10,12	10,30	9,18	8,61	9,30	10,50	9,14	9,27
	6	11,2	10,02	10,31	9,18	8,61	9,27	10,51	9,14	9,27
	7	11,2	10,08	10,30	9,18	8,62	9,30	10,45	9,13	9,27
	8	11,2	10,12	10,30	9,18	8,62	9,30	10,50	9,14	9,28
	9	11,2	10,12	10,30	9,12	8,62	9,30	10,51	9,14	9,28
	10	11,2	10,12	10,32	9,19	8,63	9,31	10,50	9,14	9,28
	11	11,2	10,14	10,31	9,19	8,64	9,32	10,53	9,14	9,29
	12	11,2	10,14	10,31	9,19	8,64	9,32	10,53	9,14	9,29
	13	11,2	10,05	10,30	9,17	8,63	9,30	10,51	9,15	9,28
	14	11,2	10,12	10,28	9,16	8,63	9,29	10,50	9,14	9,28
	15	11,2	10,05	10,28	9,16	8,62	9,30	10,50	9,14	9,28
	16	11,2	10,05	10,27	9,16	8,62	9,30	10,50	9,14	9,28
	17	11,2	10,05	10,27	9,16	8,61	9,31	10,50	9,14	9,28
	18—24									

Остановка насоса

26.X	1	11,2	10,03	10,22	9,13	8,56	9,24	10,45	9,04	9,21
	2	11,2	10,05	10,25	9,14	8,57	9,25	10,46	9,08	9,22
	3	11,2	10,07	10,27	9,14	8,58	9,26	10,48	9,10	9,24
	4	11,2	10,11	10,28	9,19	8,60	9,27	10,50	9,11	9,24
	5	11,2	10,11	10,28	9,19	8,61	9,28	10,50	9,11	9,27
	6	11,2	10,08	10,30	9,19	8,62	9,29	10,49	9,12	9,26
	7	11,2	10,09	10,29	9,17	8,63	9,30	10,50	9,13	9,26
	8	11,2	10,09	10,30	9,18	8,64	9,31	10,51	9,14	9,28
	9	11,2	10,12	10,30	9,19	8,64	9,31	10,51	9,14	9,28
	10	11,2	10,12	10,32	9,19	8,64	9,31	10,53	9,14	9,28
	11	11,2	10,10	10,32	9,19	8,64	9,31	10,52	9,14	9,29
	12	11,2	10,10	10,31	9,19	8,64	9,32	10,51	9,15	9,29
	13	11,2	10,13	10,32	9,19	8,65	9,33	10,52	9,15	9,30
	14	11,2	10,13	10,33	9,20	8,65	9,32	10,52	9,16	9,30
	15	11,2	10,11	10,32	9,20	8,65	9,32	10,52	9,16	9,30
	16	11,2	10,15	10,33	9,20	8,65	9,33	10,53	9,16	9,30
	17	11,2	10,13	10,32	9,20	8,65	9,33	10,53	9,16	9,30
	18	11,2	10,13	10,32	9,20	8,65	9,32	10,53	9,16	9,30
	19	11,2	10,15	10,33	9,20	8,66	9,34	10,54	9,16	9,30

Дата	Время, час	Центральная скважина		Уровни воды в наблюдательных скважинах (от устья патрубка), м						
		расход, <i>Q л/сек</i>	глубина уровня от устья пат- рубка, м	1	2	3	4	5	6	7
27.X	20	11,2	10,15	10,33	9,20	8,66	9,33	10,53	9,16	9,30
	21	11,2	10,14	10,32	9,20	8,66	9,33	10,53	9,16	9,30
	22	11,2	10,14	10,33	9,20	8,66	9,32	10,54	9,16	9,30
	23	11,2	10,16	10,33	9,20	8,66	9,35	10,54	9,16	9,30
	24	11,2	10,15	10,31	9,20	8,66	9,34	10,54	9,16	9,30
	1	11,2	10,16	10,33	9,20	8,67	9,34	10,54	9,16	9,30
	2	11,2	10,17	10,33	9,20	8,67	9,34	10,55	9,16	9,30

3—5

Остановка насоса

28.X	6	11,2	10,12	10,32	9,17	8,63	9,28	10,50	9,13	9,26
	7	11,2	10,12	10,30	9,17	8,63	9,28	10,50	9,13	9,27
	8	11,2	10,14	10,30	9,18	8,64	9,29	10,51	9,14	9,27
	9	11,2	10,13	10,30	9,19	8,65	9,30	10,50	9,15	9,27
	10	11,2	10,14	10,31	9,19	8,66	9,30	10,51	9,15	9,28
	11	11,2	10,15	10,31	9,20	8,67	9,32	10,53	9,16	9,28
	12	11,2	10,14	10,32	9,20	8,68	9,33	10,54	9,16	9,28
	13	11,2	10,14	10,34	9,22	8,67	9,34	10,55	9,16	9,29
	14	11,2	10,25	10,33	9,20	8,67	9,33	10,54	9,16	9,29
	15	11,2	10,16	10,33	9,21	8,67	9,33	10,54	9,16	9,30
	16	10,2	10,16	10,33	9,21	8,67	9,34	10,55	9,16	9,31
	17	10,6	10,15	10,33	9,21	8,67	9,34	10,55	9,16	9,30
	18	11,2	10,16	10,35	9,22	8,68	9,35	10,55	9,16	9,30
	19	11,2	10,18	10,33	9,20	8,68	9,32	10,52	9,15	9,30
	20	11,2	10,16	10,33	9,20	8,68	9,34	10,55	9,16	9,31
	21	11,2	10,17	10,34	9,20	8,68	9,34	10,55	9,16	9,30
	22	11,2	10,16	10,31	9,20	8,67	9,33	10,53	9,16	9,31
	23	11,2	10,16	10,32	9,21	8,67	9,33	10,53	9,16	9,31
	24	11,2	10,16	10,32	9,20	8,67	9,33	10,54	9,16	9,30
	1	11,2	10,17	10,33	9,20	8,67	9,29	10,50	9,15	9,30
	2	11,2	10,10	10,33	9,19	8,67	9,35	10,54	9,14	9,30
	3	11,2	10,10	10,32	9,17	8,67	9,32	10,53	9,16	9,30
	4	11,2	10,17	10,33	9,20	8,67	9,32	10,52	9,16	9,31
	5	11,2	10,13	10,32	9,20	8,67	9,32	10,52	9,16	9,30
	6	11,2	10,10	10,34	9,19	8,67	9,31	10,53	9,15	9,30
	7	11,2	10,10	10,33	9,19	8,66	9,31	10,52	9,15	9,30
	8	10,8	10,10	10,32	9,19	8,66	9,31	10,53	9,15	9,30
	9	10,8	10,10	10,31	9,19	8,66	9,31	10,52	9,15	9,30
	10	10,8	10,10	10,32	9,19	8,66	9,32	10,53	9,14	9,30
	11	10,8	10,10	10,31	9,19	8,67	9,32	10,54	9,14	9,30
	12	10,8	10,15	10,31	9,19	8,67	9,32	10,53	9,15	9,30
	13	11,2	10,15	10,33	9,20	8,68	9,34	10,54	9,16	9,31
	14	11,2	10,15	10,33	9,20	8,68	9,34	10,54	9,16	9,31
	15	11,2	10,15	10,33	9,20	8,68	9,34	10,54	9,16	9,31
	16	11,2	10,15	10,33	9,20	8,68	9,34	10,54	9,16	9,31
	17	11,2	10,15	10,33	9,20	8,68	9,34	10,54	9,16	9,31
	18	11,2	10,15	10,33	9,20	8,68	9,34	10,54	9,16	9,31
	19	11,2	10,15	10,33	9,20	8,68	9,34	10,54	9,16	9,31
	20	11,2	10,15	10,33	9,20	8,68	9,34	10,54	9,16	9,31
	21	11,2	10,15	10,33	9,20	8,68	9,34	10,54	9,16	9,31

Уровень воды после откачки

29.X	6		9,59	9,98	8,90	8,48	8,98	10,25	8,98	9,16
------	---	--	------	------	------	------	------	-------	------	------

Описание разрезов буровых скважин

№ скваж	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания, м		Глубина статистического уровня, м
			от	до	
Центральная скважина.					
Отм. устья — 35,60 м; превышение патрубка над устьем скважины — 0,43 м					
1	alQ ₂	Песок светло-серый, мелкозернистый, кварцевый	0,0	1,0	
2	alQ ₂	Песок серовато-желтый, средне- и мелкозернистый, пылеватый, с редкими включениями гравия	1,0	3,2	
3	alQ ₂	Супесь желтовато-серая, от легкой до тяжелой, пылеватая	3,2	3,9	
4	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезернистый, глинистый, с единичными включениями гравия	3,9	5,1	
5	alQ ₂	Песок желтовато-серый, гравелистый	5,1	5,4	
6	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезернистый, глинистый, с включением гравия и гальки	5,4	7,6	
7	alQ ₂	Гравий и галька; заполнитель — песок желтовато-серый, разнозернистый	7,6	19,2	9,48
8	glQ ₁	Суглинок желтовато-бурый с включением крупного гравия и гальки	19,2	20,30	
Скважина № 1.					
Отм. устья — 35,51 м; превышение патрубка над устьем скважины — 0,97 м					
1	alQ ₂	Песок светло-серый, мелкозернистый, кварцевый	0,0	1,8	
2	alQ ₂	Песок серовато-желтый, средне- и мелкозернистый, пылеватый, с включением гальки и гравия	1,8	2,4	
3	alQ ₂	Супесь желтовато-серая, легкая и тяжелая, пылеватая	2,4	3,6	
4	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезернистый, глинистый, с включением гальки	3,6	4,6	
5	alQ ₂	Песок желтовато-серый, гравелистый	4,6	5,4	
6	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезернистый, глинистый, с редкими включениями гравия и гальки	5,4	7,4	
7	alQ ₂	Гравий и галька, заполнитель — песок желтовато-серый, разнозернистый	7,4	19,2	9,92
8	glQ ₁	Суглинок желтовато-бурый с включениями крупной гальки и гравия	19,2	20,0	
Скважина № 2.					
Отм. устья — 35,38 м; превышение патрубка над устьем скважины — 0,02 м					
1	alQ ₂	Песок кварцевый светло-серый, мелкозернистый	0,0	1,6	
2	alQ ₂	Песок серовато-желтый, средне- и мелкозернистый, с включением гравия	1,6	2,0	
3	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезернистый, глинистый, с редкими включениями гальки и гравия	2,0	2,8	
4	alQ ₂	Глина серая, пластичная, с тонкими прослоями мелкозернистого песка	2,8	3,2	
5	alQ ₂	Супесь желтовато-серая, легкая и тяжелая, пылеватая	3,2	3,6	

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания, м		Глу- бина стати- ческого уровня, м
			от	до	
6	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезерни- стый, глинистый, с единичными включениями гравия	3,6	4,4	
7	alQ ₂	Песок желтовато-серый, гравелистый	4,4	5,2	
8	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезер- нистый, глинистый, с редкими включениями гравия и гальки	5,2	5,6	
9	alQ ₂	Песок желтовато-серый, гравелистый	5,6	6,2	
10	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезерни- стый, глинистый, с редкими включениями гальки и гравия	6,2	6,6	
11	alQ ₂	Гравий и галька; заполнитель — песок желто- вато-серый, среднезернистый	6,6	18,6	8,84
12	glQ ₁	Суглинок желтовато-серый с включением круп- ной гальки и гравия	18,6	19,65	
<i>Скважина № 3.</i>					
<i>Отм. устья — 34,98 м, превышение патрубка над устьем скважины — 0,00 м</i>					
1	alQ ₂	Песок кварцевый светло-серый, мелкозернистый	0,0	1,2	
2	alQ ₂	Песок серовато-желтый, средне- и мелкозер- нистый, пылеватый, с редкими включениями гравия	1,2	1,9	
3	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезер- нистый, с единичными включениями гравия	1,9	2,2	
4	alQ ₂	Супесь желтовато-серая, от легкой до тяжелой, пылеватая	2,2	3,2	
5	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезер- нистый, глинистый, с единичными включени- ями гравия	3,2	5,2	
6	alQ ₂	Песок желтовато-серый гравелистый	5,2	5,8	
7	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезерни- стый, глинистый, с редкими включениями гальки и гравия	5,8	6,3	
8	alQ ₂	Гравий и галька; заполнитель — песок желто- вато-серый, среднезернистый	6,3	18,1	8,41
9	glQ ₁	Суглинок желтовато-бурый, с включениями крупной гальки и гравия	18,1	19,0	
<i>Скважина № 4.</i>					
<i>Отм. устья — 35,43; превышение патрубка над устьем скважины — 0,04 м</i>					
1	alQ ₂	Песок кварцевый светло-серый, мелкозерни- стый	0,0	1,3	
2	alQ ₂	Песок серовато-желтый, средне- и мелкозерни- стый, пылеватый, с редкими включениями гравия	1,3	3,0	
3	alQ ₂	Супесь желтовато-серая, легкая и тяжелая, пылеватая	3,0	3,9	
4	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезерни- стый, глинистый, с единичными включениями гравия	3,9	4,4	
5	alQ ₂	Песок желтовато-серый, гравелистый	4,4	4,8	
6	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелкозернистый, од- нородный, пылеватый	4,8	5,3	
7	alQ ₂	Песок желтовато-серый гравелистый	5,3	6,3	
8	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезерни- стый, глинистый, с редкими включениями гравия и гальки	6,3	6,8	

№ скваж	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания, м		Глубина статистического уровня, м	
			от	до		
9	alQ ₂	Гравий и галька; заполнитель — песок желтовато-серый среднезернистый	6,8	18,8	8,91	
10	glQ ₁	Суглинок желтовато-бурый с многочисленным включением крупного гравия и гальки	18,8	19,9		
Скважина № 5.						
Отм. устья — 35,25 м; превышение патрубка над устьем скважины — 1,47 м						
1	alQ ₂	Песок кварцевый светло-серый, мелкозернистый	0,0	1,2	10,18	
2	alQ ₂	Песок серовато-желтый, средне- и мелкозернистый, с единичными включениями гравия	1,2	2,8		
3	alQ ₂	Супесь желтовато-серая, легкая и тяжелая, пылеватая	2,8	3,2		
4	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезернистый, с редкими включениями гравия и гальки	3,2	4,3		
5	alQ ₂	Песок желтовато-серый, гравелистый	4,3	5,1		
6	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелкозернистый, однородный, пылеватый	5,1	5,8		
7	alQ ₂	Песок желтовато-серый, гравелистый	5,8	6,9		
8	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезернистый, глинистый, с редкими включениями гравия и гальки	6,9	7,5		
9	alQ ₂	Гравий и галька; заполнитель — песок желтовато-серый среднезернистый	7,5	19,5		
10	glQ ₁	Суглинок желтовато-бурый с крупным гравием и галькой	19,5	20,05		
Скважина № 6.						
Отм. устья — 34,95 м; превышение патрубка над устьем скважины — 0,51 м						
1	alQ ₂	Песок кварцевый светло-серый, мелкозернистый	0,0	1,6	8,91	
2	alQ ₂	Песок серовато-желтый, средне- и мелкозернистый, пылеватый, с редкими единичными включениями гравия	1,6	2,4		
3	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезернистый, глинистый, с редкими включениями гальки и гравия	2,4	2,8		
4	alQ ₂	Супесь желтовато-серая, от легкой до тяжелой, пылеватая	2,8	4,5		
5	alQ ₂	Песок желтовато-серый, гравелистый	4,5	4,8		
6	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелкозернистый, однородный, пылеватый	4,8	5,1		
7	alQ ₂	Песок желтовато-серый, гравелистый	5,1	6,7		
8	alQ ₂	Гравий и галька; заполнитель — песок желтовато-серый разноезернистый	6,7	18,8		
9	glQ ₁	Суглинок желтовато-бурый с большим количеством крупной гальки и гравия	18,8	19,25		
Скважина № 7.						
Отм. устья — 35,05 м; превышение патрубка над устьем скважины — 0,60 м						
1	alQ ₂	Песок кварцевый светло-серый, мелкозернистый	0,0	0,80	2,4	
2	alQ ₂	Песок серовато-желтый, средне- и мелкозернистый, пылеватый, с включением гальки и гравия	0,80	2,4		

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания, м		Глубина статического уровня, м
			от	до	
3	alQ ₂	Супесь желтовато-серая, легкая и тяжелая пылеватая	2,4	3,2	
4	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелкозернистый, глинистый, с включением редкой гальки и гравия	3,2	4,5	
5	alQ ₂	Песок желтовато-серый, гравелистый	4,5	5,1	
6	alQ ₂	Песок желтовато-серый, мелко- и среднезернистый, глинистый, с включением редкой гальки и гравия	5,1	7,4	
7	alQ ₂	Гравий и галька; заполнитель — песок желтовато-серый, разнозернистый	7,4	18,0	9,09
8	glQ ₁	Суглинок желтовато-бурый, встречаются валуны и большое количество крупной гальки и гравия	18,0	19,1	

ЗАДАЧА № 31

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ОПЫТНОЙ КУСТОВОЙ ОТКАЧКИ
ИЗ ЗАКАРСТОВАННЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ¹

В долине р. Уфы, в районе строительства Павловской ГЭС разбурен куст скважин для проведения опытных откачек с целью определения водопроницаемости неоднородных трещиноватых артинских известняков. Куст состоит из центральной скважины, расположенной в 50 м от реки, и шести наблюдательных (рис. 6-6). Наблюдательные скважины пробу-

Таблица 6-23

Оборудование скважин опытного куста

№ скважины	Расстояние от центральной скважины, ч, м	Бурение колонковое		Обсадка трубами	
		диаметр, мм	до глубины, м	диаметр, мм	до глубины, м
Центральная скважина	—	131	18,20	127	18,20
		116	50,40		
1	3,90	131	18,00	127	18,20
		116	33,20		
2	5,00	131	19,00	127	19,10
		116	27,20		
3	7,80	131	18,30	127	18,50
		116	33,00		
4	4,20	131	20,80	127	21,00
		116	40,10		
5	7,80	131	21,30	127	21,50
		116	45,20		
6	18,00	131	19,50	127	19,50
		116	28,00		

¹ Составлена А. В. Минервиним и Г. С. Золотаревым.

рени по двум лучам: перпендикулярно и параллельно течению реки. Откачка произведена с тремя понижениями. Мощность водоносного горизонта 30 м.

Геологические разрезы скважин опытного куста и данные о фильтрах приведены в табл. 6-23, 6-25. Результаты опытной кустовой откачки сведены в табл. 6-24.

Требуется:

1) составить сводный чертеж опытной откачки, на котором показать: а) схему расположения куста скважин с депрессионной воронкой при максимальном понижении; б) геологические разрезы по двум лучам с уровнями воды во время откачки при всех понижениях; в) графики колебания расходов воды в центральной и уровней в наблюдательных скважинах во времени; г) графики зависимости дебитов от понижения уровня.

2) составить таблицу исходных данных и рассчитать коэффициенты фильтрации по двум направлениям. Оценить величины и изменения водопроницаемости трещиноватых нижнепермских известняков.

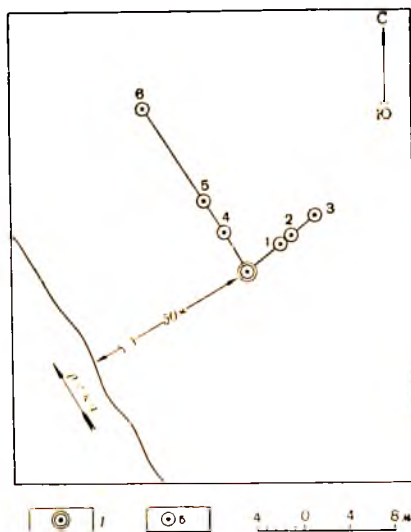


Рис. 6-6. Схема расположения скважин опытного куста:
1 — центральная скважина; 2 — наблюдательные скважины и их номера

Таблица 6-24

Результаты опытных откачек из скважин
(журнал наблюдений)

Дата и часы замеров	Центральная скважина		Глубина уровня воды от устья в наблюдательных скважинах, м					
	расход Q , л/сек	глубина уровня от устья, м	1	2	3	4	5	6
Глубина уровней до откачки								
28. VII 17	—	6,92	6,82	7,40	6,60	7,12	7,41	8,80
I понижение								
18	1,30	7,52	6,82	7,40	6,62	7,14	7,41	8,80
19	1,40	8,37	6,83	7,41	6,60	7,19	7,41	8,82
20	1,42	8,32	6,82	7,40	6,62	7,24	7,46	8,80
21	1,45	8,30	6,84	7,40	6,62	7,36	7,50	8,82
22	1,50	8,32	6,87	7,41	6,60	7,49	7,56	8,80
23	1,52	8,30	6,95	7,40	6,60	7,66	7,61	8,80
24	1,52	8,30	7,05	7,41	6,59	7,67	7,66	8,82
29. VII 1	1,52	8,30	7,05	7,40	6,60	7,69	7,66	8,82
2	1,52	8,30	7,06	7,42	6,61	7,68	7,67	8,82
3	1,52	8,31	7,04	7,45	6,60	7,67	7,66	8,80
4	1,52	8,30	7,04	7,48	6,60	7,66	7,66	8,80
5	1,52	8,30	7,04	7,51	6,60	7,66	7,67	8,80
6	1,52	8,30	7,05	7,50	6,60	7,67	7,66	8,80
7	1,52	8,30	7,04	7,50	6,60	7,66	7,66	8,80

Восстановление уровня

10 | — | 6,95 | 6,84 | 7,41 | 6,60 | 7,13 | 7,41 | 8,80

Дата и часы замеров	Центральная скважина		Глубина уровня воды от устья в наблюдательных скважинах, м					
	расход Q , л/сек	глубина уровня от устья, м	1	2	3	4	5	6
<i>II понижение</i>								
11	2,00	8,57	6,84	7,41	6,60	7,13	7,42	8,80
12	2,25	9,02	6,84	7,41	6,65	7,14	7,42	8,82
13	2,21	9,07	6,84	7,41	6,63	7,16	7,41	8,81
14	2,20	9,22	6,88	7,41	6,60	7,19	7,43	8,81
15	2,20	9,36	6,97	7,50	6,63	7,34	7,52	8,82
16	2,25	9,38	6,99	7,51	6,60	7,54	7,62	8,82
17	2,20	9,37	6,90	7,51	6,63	7,84	7,62	8,82
18	1,90	9,07	6,87	7,45	6,62	7,64	7,60	8,80
<i>Остановка насоса</i>								
20	2,00	8,57	6,84	7,41	6,62	7,34	7,46	8,80
21	2,00	8,67	6,87	7,41	6,60	7,39	7,49	8,81
	2,00	8,73	6,92	7,41	6,60	7,49	7,47	8,80
	2,25	8,97	7,02	7,41	6,60	7,59	7,51	8,80
	2,22	9,27	7,13	7,46	6,60	7,84	7,54	8,80
30. VII 1	2,22	9,25	7,18	7,51	6,60	7,96	7,64	8,82
2	2,22	9,25	7,18	7,54	6,60	7,95	7,75	8,82
3	2,22	9,25	7,18	7,56	6,62	7,97	7,80	8,84
4	2,24	9,27	7,18	7,58	6,62	7,97	7,80	8,85
5	2,22	9,25	7,18	7,59	6,64	7,97	7,80	8,85
6	2,22	9,25	7,18	7,59	6,65	7,97	7,80	8,86
<i>Восстановление уровня</i>								
11	—	6,97	6,85	7,41	6,60	7,14	7,41	8,80
<i>III понижение</i>								
12	2,41	9,67	6,85	7,41	6,61	7,19	7,41	8,82
13	2,47	9,92	6,85	7,41	6,63	7,19	7,41	8,82
14	2,45	10,07	6,86	7,43	6,61	7,19	7,41	8,82
15	2,50	9,82	6,86	7,41	6,65	7,29	7,46	8,82
16	2,49	9,87	7,02	7,41	6,63	7,44	8,51	8,82
17	2,47	9,62	7,08	7,42	6,65	7,69	7,56	8,82
18	2,35	9,62	7,07	7,47	6,65	7,94	7,61	8,82
19	2,30	9,64	7,07	7,55	6,66	8,10	7,61	8,82
20	2,30	9,64	7,07	7,55	6,65	8,10	7,81	8,82
21	2,30	9,65	7,09	7,55	6,65	8,10	7,81	8,82
22	2,30	9,65	7,07	7,56	6,65	8,10	7,81	8,82
<i>Остановка насоса</i>								
23	3,0	10,12	7,07	7,51	6,61	7,42	7,66	8,82
24	2,65	10,22	7,15	7,52	6,65	7,49	7,71	8,82
31. VII 1	2,60	10,20	7,18	7,55	6,64	7,69	7,81	8,82
2	2,50	10,17	7,20	7,60	6,65	7,92	7,84	8,83
3	2,53	10,22	7,22	7,61	6,66	8,32	7,89	8,83
4	2,53	10,32	7,25	7,61	6,64	8,39	7,95	8,83
5	2,53	10,37	7,23	7,63	6,65	8,39	7,93	8,83
6	2,53	10,37	7,27	7,65	6,65	8,39	7,96	8,85
7	2,53	10,42	7,35	7,65	6,66	8,39	7,94	8,88
8	2,53	10,44	7,37	7,67	6,68	8,39	7,95	8,90
9	2,53	10,44	7,37	7,69	6,68	8,39	7,95	8,93
10	2,53	10,44	7,37	7,69	6,70	8,39	7,96	8,93
<i>Восстановление уровня</i>								
18	—	6,98	6,86	7,42	6,61	7,15	7,42	8,80

Описание разрезов буровых скважин

№ скважины	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		Глубина, м	
			от	до	появления воды	установившегося уровня
		<i>Центральная скважина. Отм. устья — 114,37 м</i>				
1	pdQ ₄	Почва влажная	0,0	0,20		
2	alQ ₃	Песок серый мелкозернистый, глинистый, влажный	0,20	1,20		
3	alQ ₃	Суглинок средний, серый, влажный, пластичный, с галькой и гравием	1,20	3,00		
4	alQ ₃	Галечник различного петрографического состава, с разнозернистым песком	3,00	3,90		
5	alQ ₃	Супесь серая, пылеватая, участками с галькой и гравием, влажная, пластичная	3,90	5,00		
6	alQ ₃	Галечник мелкий и средний с разнозернистым песком	5,00	13,00	5,30	5,92
7	elQ	Глыбы и обломки известняка с глинистым заполнителем, плотным, влажным	13,00	14,60		
8	P _{1a}	Известняк светло-серый, органогенно-обломочный, разбортный, трещиноватый	14,60	18,20		
9	P _{1a}	Известняк серый, органогенно-обломочный, твердый, трещиноватый	18,20	50,40	19,37	6,92
		<i>Скважина № 1. Отм. устья — 114,37 м</i>				
1	pdQ ₄	Почва	0,00	0,40		
2	alQ ₃	Песок желто-серый, мелкозернистый, пылеватый, влажный	0,40	1,00		
3	alQ ₃	Суглинок глубовато-серый, средний, пластичный	1,00	3,50		
4	alQ ₃	Супесь серая с простоями и линзами песка и гравия	3,50	4,20		
5	alQ ₃	Галечник разнозернистый, неоднородный; заполнитель — мелкозернистый песок	4,20	13,00	4,90	4,97
6	elQ	Глина желтовато-серая, известковистая, с щебенкой известняка, влажная, плотная	13,00	14,80		
7	P _{1a}	Известняк серый, органогенный, трещиноватый, разбортный	14,80	18,00	16,87	6,82
8	P _{1a}	Известняк светло-серый, органогенно-обломочный, твердый, трещиноватый	18,00	33,20		
		<i>Скважина № 2. Отм. устья — 114,98 м</i>				
1	pdQ ₄	Почва	0,00	0,25		
2	alQ ₃	Песок мелкозернистый, глинистый, влажный	0,25	0,90		
3	alQ ₃	Суглинок средний темно-серый, неоднородный, с гнездами гальки и гравия	0,90	2,20		
4	alQ ₃	Песок мелкозернистый, хорошо отсортированный, однородный, влажный	2,20	3,40		
5	alQ ₃	Суглинок средний серый, плотный, влажный, пластичный	3,40	4,30		
6	alQ ₃	Галечник разнозернистый, с песчаносуглинистым заполнителем	4,30	5,10	5,40	5,48
7	alQ ₃	Супесь серая, с голубоватым оттенком, пылеватая, с гнездами песка, гальки, гравия	5,10	7,60		

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		Глубина, м	
			от	до	появления воды	установившегося уровня
8	alQ ₃	Галечник разномзернистый, с песчаным заполнителем	7,60	13,75		
9	elQ	Глина желтовато-серая, с щебенкой известняка, влажная, плотная	13,75	14,80		
10	P _{1a}	Известняк серый, органогенный, трещиноватый, разбортный	14,80	19,20	18,10	7,40
11	P _{1a}	Известняк светло-серый, органогенный, твердый, трещиноватый	19,20	27,20		
<i>Скважина № 3. Отм. устья — 114,20 м</i>						
1	pdQ ₄	Почва	0,00	0,40		
2	alQ ₃	Суглинок тяжелый светло-серый, неслоистый, влажный, пластичный	0,40	3,80		
3	alQ ₃	Галечник с песчано-супесчаным заполнителем	3,80	13,40	4,75	4,60
4	elQ	Щебенка известняка с глинистым известковистым заполнителем	13,40	14,50		
5	P _{1a}	Известняк серый, органогенно-обломочный, разбортный, сильнотрещиноватый	14,50	18,30	17,20	6,60
6	P _{1a}	Известняк желтовато-серый, органогенно-обломочный, твердый, трещиноватый	18,30	33,00		
<i>Скважина № 4. Отм. устья — 114,49 м</i>						
1	pdQ ₄	Почва	0,00	0,30		
2	alQ ₃	Песок среднезернистый с прослойками супеси и суглинка, слоистый, влажный	0,30	1,40		
3	alQ ₃	Супесь желто-серая, пылеватая, плотная влажная, пластичная	1,40	4,80		
4	alQ ₃	Песок мелкозернистый с отдельными гнездами гальки и гравия	4,80	5,70	5,50	5,40
5	alQ ₃	Галечник, гальки различного петрографического состава и размера с разномзернистым песком	5,70	11,00		
6	alQ ₃	Гравий и галька с суглинистым заполнителем	11,00	12,10		
7	alQ ₃	Галечник с песчаным разномзернистым заполнителем	12,10	13,40		
8	elQ	Глина серая, карбонатная с обломками известняка, плотная, влажная, пластичная	13,40	14,40		
9	P _{1a}	Известняк светло-серый, органогенный, сильнотрещиноватый (разбортная скала)	14,40	20,80	18,49	7,12
10	P _{1a}	Известняк серый, органогенный, твердый, трещиноватый	20,80	40,10		
<i>Скважина № 5. Отм. устья — 114,71 м</i>						
1	pdQ ₄	Почва	0,00	0,20		
2	alQ ₃	Суглинок голубовато-серый, неслоистый, влажный	0,20	2,00		
3	alQ ₃	Песок разномзернистый с отдельными галькой и гравием	2,00	3,80		
4	alQ ₃	Супесь серая, пылеватая, с галькой и гравием	3,80	11,00	6,05	5,70
5	alQ ₃	Галечник различного размера с разномзернистым песком	11,00	13,90		

№ поя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина зале- гания слоя, м		Глубина, м	
			от	до	появ- ления воды	устано- вивше- гося уровня
6	elQ	Глина желтовато-серая, с щебенкой и крупными обломками известняка, плотная, влажная	13,90	15,00		
7	P _{1a}	Известняк сильнотрещиноватый, кавернозный, разборный	15,00	21,30	19,21	7,41
8	P _{1a}	Известняк серый, органогенный, трещиноватый	21,30	45,20		
		<i>Скважина № 6. Отм. устья — 115,82 м</i>				
1	pdQ ₄	Почва влажная	0,00	0,30		
2	alQ ₃	Суглинок серый песчистый, влажный	0,30	1,90		
3	alQ ₃	Песок мелкозернистый, с тонкими прослойками и линзами голубовато-серой супеси, влажный	1,90	3,00		
4	alQ ₃	Супесь светло-серая, пылеватая, неоднородная, с включением гальки и гнезд мелкозернистого песка	3,00	3,60		
5	alQ ₃	Галечник и гравий разнозернистый с песчаным заполнителем	3,60	13,90	7,10	7,02
6	elQ	Щебенка известняка с глинистым известковистым заполнителем	13,90	14,90		
7	P _{1a}	Известняк светло-серый, органогенно-обломочный, сильнотрещиноватый, разборный	14,90	19,90	18,36	8,80
8	P _{1a}	Известняк светло-серый, органогенно-обломочный, крепкий, трещиноватый	19,90	28,00		

ЗАДАЧА № 32

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУФФОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТРЕЩИНОВАТЫХ
АЛЕВРОЛИТОВ И ПЕСЧАНИКОВ МЕТОДОМ ОДНОВРЕМЕННОЙ
ОТКАЧКИ И НАГНЕТАНИЯ ВОДЫ В СКВАЖИНЫ**

На участке гидротехнического строительства в долине р. Ангары были проведены полевые исследования размывающего действия фильтрационного потока. Основная задача опыта состояла в определении критических градиентов потока подземных вод, при которых начинался интенсивный размыв и вынос заполнителя из трещин алевролитов и песчаников, или их размыв. Такие определения необходимы для оценки развития процесса размыва заполнителя и стенок трещин горных пород, залегающих в основании плотины, при создании напора, с целью выбора противофильтрационных мероприятий, а также для оценки снижения прочности и устойчивости пород основания при воздействии фильтрационного потока.

Опыты по размыву заполнителя и стенок трещин заключаются в создании интенсивного потока воды в трещиноватых алевролитах и песчаниках между скважинами опытного узла путем нагнетания воды в одну скважину с одновременной откачкой ее из другой. Для проведения опытов в основании будущего сооружения были пробурены две скважины на расстоянии 2 м одна от другой (рис. 6-7). Перед опытом скважины про-

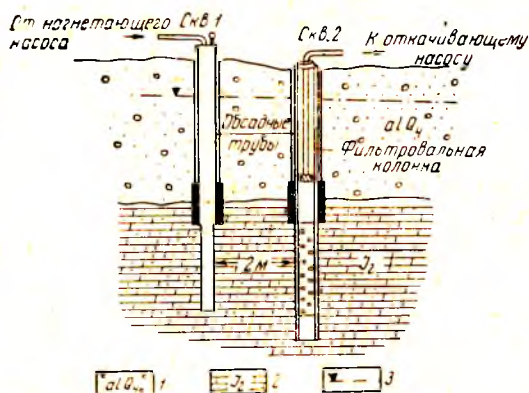


Рис. 6-7. Схема оборудования опытного узла:

1 — современные гравийно-галечные аллювиальные отложения; 2 — юрские алевролиты и песчаники; 3 — уровень грунтовых вод до опыта

качивались до полного осветления воды. Опыт проводился при четырех ступенях нагнетания — откачки продолжительностью по 6 сут каждая. Во время опыта осуществлялись наблюдения за изменением расхода воды, давлением на манометре при нагнетании и положением уровня воды в скважине при откачке, а также за количеством взвешенных частиц, поступающих в скважину при нагнетании и выносимых при откачке. Одновременно определялась действительная скорость движения подземных вод в трещиноватых породах между скважинами с помощью электролита (табл. 6-28). Показателем начала размыва служило резкое увеличение расхода нагнетаемой и откачиваемой воды, возрастание количества выносимых из скважин взвешенных частиц и увеличение действительной скорости движения воды по трещинам.

Геологическое строение опытного участка и сведения о подземных водах приводятся в табл. 6-26, 6-27.

Требуется:

1) составить геологический разрез в масштабе 1 : 50 опытного участка и показать конструкцию скважин и схему проведения опыта;

2) рассчитать уклоны потока для каждой ступени напора и построить графики зависимости средних расходов воды при нагнетании и откачке от градиента фильтрационного потока;

3) рассчитать общее количество взвешенных частиц, поступающих в скважину при нагнетании, и общее количество выносимых частиц грунта при откачке для каждой ступени напора; построить график зависимости количества выносимых частиц из скважины от градиента фильтрационного потока;

4) дать оценку возможности размыва и выноса заполнителя из трещин и размыва стенок трещин в алевролитах и песчаниках, залегающих в основании бетонной плотины, при напоре 40 м;

5) объяснить достоинства и недостатки примененного метода для оценки суффозионной устойчивости пород.

№ скваж	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скважина № 1. Отм. устья — 430,5 м				
1	alQ ₄	Гравий и галька с песчаным заполнителем, водоносные	0,0	7,8
2	alQ ₄	Глины и мелкозернистые, пылеватые пески (аллювий алевролитов и песчаников), влажные	7,8	9,0
3	J ₂	Алевролиты биотитовые, тонкослоистые, слабые, с прожилками угля и вкрапленниками пирита, переслаивающиеся с песчаниками мелкозернистыми, тонкослоистыми, различной крепости. Породы слабоветрелые и трещиноватые. Трещины преимущественно горизонтальные, параллельные напластованию, открытые и закрытые, шириной 1—5 мм с песчано-глинистым заполнителем	9,0	14,0
Скважина № 2. Отм. устья — 430,2 м				
1	alQ ₄	Гравий и галька с песчаным заполнителем, водоносные	0,0	7,3
2	alQ ₄	Глины и мелкозернистые, пылеватые пески (элювий алевролитов и песчаников), влажные	7,3	8,5
3	J ₂	Переслаивание алевролитов и песчаников, аналогичных описанным выше (скв. 1, сл. 3); породы слабоветрелые, трещиноватые, водоносные	8,5	15,0

Таблица 6-27

Сведения о подземных водах

Глубина, м	Скв. 1		Скв. 2	
Появления воды	2,0	9,0	1,7	8,5
Установившегося уровня	2,0	4,4	1,7	4,1

Примечание. Сква. 1 оборудована для проведения нагнетания, скв. 2 — для проведения откачки. Водоносные горизонты изолированы колоннами обсадных труб: в скв. 1 — трубами диаметром 6", опущенными до глубины 9,0 м, скв. 2 — трубами диаметром 8", опущенными до глубины 8,5 м. Превышение шейки манометра над устьем скв. 1 при нагнетании — 0,5 м. Перфорированная часть фильтровой колонны, опущенной в скв. 2, имеет диаметр 6" и расположена в интервале от 8,5 до 14,0 м.

Таблица 6-28

Результаты опытных работ

Ступени напора	Нагнетание			Откачка			Действительная ско- рость фильтрации, м/сек
	напор, атм	средний расход, л/мин	среднее количест- во взвешенных частиц в фильтрате, мг/л	попадание угло- вая, м	средний расход, л/мин	среднее количест- во выносаемого грунта, мг/л	
I	0,5	43	10,0	3,5	38	14	0,011
II	1,0	75	12,0	5,4	50	17	0,028
III	1,5	150	4,2	3,2	61	10	0,035
IV	2,0	800	5,2	1,7	120	54	0,07

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГЛИНИСТЫХ ПЕСЧАНИКОВ МЕТОДОМ ШТАМПОВ¹

При инженерно-геологических изысканиях на участке створа плотины на р. Днестре были проведены опыты по определению модуля деформации верхнемеловых глинистых песчаников, залегающих в основании будущих сооружений. Величину модуля деформации необходимо знать для оценки осадки оснований плотины и здания ГЭС. Для проведения опыта на выбранном участке был установлен бетонный штамп ($1 \times 1 \times 1$ м), к которому прикладывалась нагрузка при помощи гидравлического домкрата. Возникающие при этом деформации (осадки) фиксировались индикаторами, установленными на самом штампе и на свободной поверхности рядом с ним. Величина вертикальных давлений принималась с учетом величин проектных нагрузок. Опыты проводились в циклах нагрузки — разгрузки. В каждом цикле нагрузки прикладывались ступенями по 3 кг/см^2 и доводились до максимума: в I цикле — до 3 кг/см^2 , во II — до 6 кг/см^2 , в III — до 9 кг/см^2 . Разгрузка проводилась теми же ступенями, но в обратном порядке. Приложение вертикальных давлений ступенями соответствует технологии строительства, а разгрузка позволяет определить остаточную деформацию.

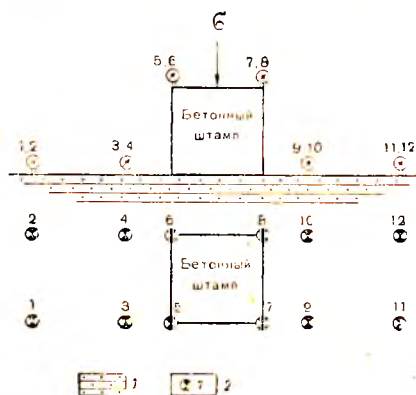


Рис. 6-8. Схема расположения индикаторов (реперов) при определении модуля деформации методом штампов:

1 — глинистые песчанники верхнего мела; 2 — репер и его номер

проводился квадратным бетонным штампом со стороной 100 см. Диаметр круга d , эквивалентного по площади штампу, определяется расчетом. Коэффициент Пуассона μ для глинистых песчаников рекомендуется взять 0,35. Средняя величина осадки бетонного штампа S вычисляется как среднее арифметическое из замеренных индикаторами, расположение которых дано на рис. 6-8.

Результаты замеров деформации приведены в табл. 6-29.

При обработке данных опыта требуется:

1) вычислить по каждому реперу действительное сжатие массива горных пород под бетонным штампом и вокруг него при различных напряжениях;

2) построить профили, характеризующие осадку поверхности под штампом и вокруг него, для различных напряжений в основании штампа;

3) вычислить средние величины осадки бетонного штампа и построить график изменения величины осадки штампа в зависимости от напряжений в его основании (в линиях нагрузки — разгрузки);

4) подсчитать модули деформации глинистых песчаников для различных нагрузок по формуле (6-1) и построить графики зависимости модуля деформации от напряжений, действующих в подошве бетонного штампа;

¹ Составлена Э. В. Калниным.

Результаты опыта по определению модуля деформации

Циклы нагрузки — разгрузки	Степени вертикаль- ных нагру- зок P , кг/см ²	Отчеты по мессурам, установленным на реперах, см											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	0	14,525	7,666	4,347	3,233	8,253	10,550	11,473	12,790	3,213	5,380	2,142	9,102
	3	14,525	7,667	4,353	3,239	8,261	10,557	11,482	12,798	3,221	5,388	2,146	9,105
	0	14,525	7,666	4,348	3,235	8,256	10,552	11,476	12,792	3,216	5,381	2,142	9,102
II	3	14,525	7,667	4,353	3,239	8,262	10,557	11,483	12,800	3,221	5,388	2,146	9,106
	6	14,527	7,669	4,357	3,242	8,267	10,561	11,490	12,806	3,228	5,394	2,151	9,111
	3	14,525	7,668	4,354	3,239	8,263	10,558	11,484	12,801	3,223	5,389	2,147	9,107
	0	14,525	7,667	4,348	3,235	8,258	10,554	11,479	12,794	3,217	5,383	2,143	9,102
III	3	14,525	7,668	4,354	3,239	8,263	10,557	11,484	12,802	3,224	5,390	2,147	9,107
	6	14,527	7,670	4,357	3,243	8,270	10,561	11,491	12,808	3,229	5,395	2,152	9,112
	9	14,529	7,672	4,360	3,246	8,275	10,564	11,497	12,812	3,233	5,399	2,155	9,116
	6	14,528	7,671	4,359	3,244	8,271	10,561	11,492	12,809	3,230	5,396	2,152	9,113
	3	14,527	7,669	4,352	3,240	8,264	10,558	11,485	12,803	3,225	5,391	2,147	9,107
	0	14,526	7,668	4,349	3,236	8,259	10,555	11,480	12,797	3,218	5,385	2,144	9,103

5) рассчитать величину относительной деформации (сжимаемость) массива горных пород под бетонным зданием ГЭС, если давление на грунт составляет 8 кг/см^2 .

ЗАДАЧА № 34

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД ВЫСОКОГО СКЛОНА МЕТОДОМ РАЗГРУЗКИ¹

Для определения напряженного состояния массива метаморфических пород при инженерно-геологических изысканиях на участке створа плотины и здания ГЭС в долине р. Енисея применялся метод разгрузки. Метод разгрузки основан на том, что при отделении элемента породы, обладающего упругими свойствами, от окружающего его напряженного массива и соответственного снятия напряжения, в освобожденном элементе возникают деформации упругого восстановления, которые могут быть измерены.

Для проведения опыта в стенке штольни, пройденной в исследуемых породах склона, бурится скважина диаметром 76 мм. На отшлифованную и зачищенную поверхность забоя наклеивается смонтированная в специальной розетке пара проволочных датчиков омического сопротивления по двум взаимно перпендикулярным направлениям: вертикальному и горизонтальному — перпендикулярно течению реки и соответствующему направлению разгрузки напряжений в массиве метаморфических пород в сторону долины. При помощи датчиков, специальным прибором — измерителем статических деформаций, определяется относительное изменение их омического сопротивления $\Delta R/R$, находящегося в линейной зависимости от относительных изменений линейных размеров датчика $\Delta l/l$, которые связаны с упругими деформациями элемента горной породы. Измеритель статических деформаций отградуирован таким образом, что позволяет сразу определять относительное изменение линейных размеров (относительную деформацию) датчика или, соответственно, сечения элемента породы.

В подготовленной к опыту скважине предварительно измеряют сопротивления датчиков, соответствующие отсутствию горизонтальных и вертикальных деформаций в сечении забоя скважины. Затем производят обуривание керна и вновь измеряют сопротивления датчиков, которые отвечают уже деформированному сечению. Этот процесс продолжают до стабилизации замеряемых сопротивлений, что соответствует полному снятию напряжений с сечения керна или его полному упругому восстановлению, происходящему в связи с углублением скважины (рис. 6-4).

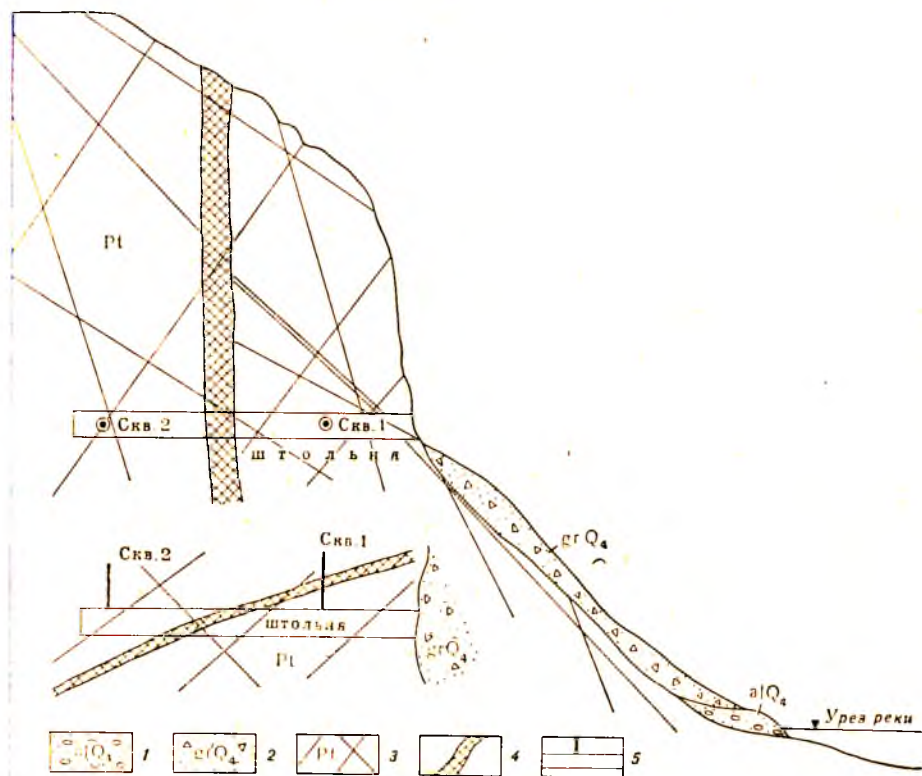
После окончания опыта скважина углубляется на 40—80 см, а опробование полученного вновь сечения производится в том же порядке.

Разности отсчетов начальных и стабилизированных сопротивлений в каждом опыте дают величины относительных деформаций сечения керна, по которым могут быть рассчитаны по формулам теории упругости (случай двухосного растяжения в условиях упругой изотропной среды) вертикальные и горизонтальные напряжения, действующие в элементе породы до ее высвобождения (см. форм. 6-6 и 6-5).

Опыты проводились в двух скважинах, пробуренных на расстоянии 6 и 12 м от устья горизонтальной штольни сечением 4 м^2 , пройденной в

¹ Составлена Э. В. Калининим.

Модуль деформации и коэффициент Пуассона метаморфических пород были определены в лаборатории методом одноосного сжатия с приме-



1 — современные аллювиальные отложения (al Q₄); 2 — современные обвально-осыпные накопления (gr Q₄); 3 — протерозойские роговики, разбитые многочисленными тектоническими трещинами (Pt); 4 — зона тектонического нарушения; 5 — штольня и горизонтальная скважина, пробуренная из штольни

Описание разрезов скважин и данные опыта по изучению напряженного состояния массива скальных пород приводятся в табл. 6-30 и 6-31.

- 1) составить геологический разрез горизонтальных скважин;
- 2) вычислить относительные деформации и построить графики зависимости относительной продольной и поперечной деформации от длины обжатого керна (графики разгрузки);

4) оценить влияние эрозионного врез долины, тектонической зоны горной выработки на изменение напряженного состояния массива.

Описание разрезов горизонтальных скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скважина № 1				
1	Pt	Роговики темно-зеленые, эпидот-биотитовые и роговообманковые с прослоями эпидотовых амфиболитов и хлоритово-кварцевых сланцев, слабо рассланцованные	0,0	2,3
2	Pt	Зона тектонического нарушения, выполненная милонитизированным материалом	2,3	2,5
3	Pt	Роговики, аналогичные описанным в сл. 1	2,5	4,6
Скважина № 2				
1	Pt	Роговики темно-зеленые, альбит-биотитовые, роговообманковые, с прослоями эпидотовых амфиболитов и хлоритово-кварцевых сланцев, массивные, слабо рассланцованные	0,0	3,6

Примечание. В скважинах № 1 и 2 роговики до глубины 1,0 м ослаблены в результате проходки штольни взрывным способом.

Таблица 6-31

Результаты замеров для определения относительных деформаций диаметра керна

№ опыта	Интервал проведения опыта, м	Длина обуренного керна, мм	Отсчет по прибору	
			вертикальный датчик	горизонтальный датчик
Скважина № 1				
1	1,20—1,30	0	0,00854	0,00646
		20	846	651
		40	837	639
		60	831	636
		80	828	636
		100	828	636
2	1,70—1,80	0	0,00909	0,00845
		20	894	842
		40	886	835
		60	880	830
		80	877	830
		100	877	830
3	2,10—2,26	0	0,01042	0,00378
		20	1036	375
		40	1030	373
		60	1028	372
		80	1025	371
		100	1023	370
		120	1020	369
		140	1020	369
4	2,70—2,80	160	1020	369
		0	0,00686	0,00291
		20	676	287
		40	669	283
		60	664	281
		80	663	280
		100	663	280

№ опыта	Интервал проведения опыта, м	Длина обуренного керна, мм	Отсчет по прибору	
			вертикальный датчик	горизонтальный датчик
5	3,10—3,20	0	0,01117	0,01055
		20	1100	1045
		40	1094	1040
		60	1088	1039
		80	1083	1036
		100	1083	1036
6	3,70—3,80	0	0,01064	0,00980
		20	1058	977
		40	1053	975
		60	1049	972
		80	1044	968
		100	1044	968
7	4,50—4,60	0	0,00324	0,00109
		20	317	106
		40	312	104
		60	310	103
		80	309	102
		100	309	102

Скважина № 2

1	1,00—1,28	0	0,01035	0,01032
		20	1033	1031
		40	1031	1030
		60	1029	1029
		80	1028	1028
		100	1027	1028
		120	1026	1027
		140	1025	1027
		160	1025	1027
		180	1025	1027
2	1,50—1,60	0	0,01150	0,01032
		20	1145	1030
		40	1141	1028
		60	1137	1026
		80	1135	1025
		100	1135	1025
3	2,00—2,10	0	0,01035	0,00944
		20	1029	940
		40	1025	938
		60	1021	936
		80	1019	934
		100	1019	934
4	2,70—2,80	0	0,00790	0,01087
		20	785	1085
		40	781	1083
		60	777	1081
		80	776	1080
		100	776	1080
5	3,50—3,60	0	0,00465	0,00826
		20	459	824
		40	455	822
		60	452	821
		80	451	820
		100	451	820

К разделу «Изучение трещиноватости, водопроницаемости и размываемости пород при помощи опытно-фильтрационных работ»

- Биндеман Н. Н. Справочник по инженерно-гидрогеологическим расчетам. М.—Л., Госэнергониздат, 1955.
- Веригин Н. Н. Методы определения фильтрационных свойств горных пород. М., Госстройиздат, 1962.
- Инструкция и методические указания по определению коэффициентов фильтрации водонесных пород методом опытных откачек из скважин. М., «Энергия», 1967.
- Инструкция и методологические указания по определению водопроницаемости горных пород методом опытных нагнетаний в скважины. И-39-67. М., «Энергия», 1968.
- Семенов М. П. и др. Исследования размываемости трещиноватых пород и заполнения фильтрационным потоком. «Тр. Института ВОДГЕО». М., Стройиздат, 1957.

К разделу «Изучение прочностных и деформационных свойств и напряженного состояния пород в условиях естественного залегания»

- Бондарик Г. К., Комаров И. С., Ферронский В. И. Полевые методы инженерно-геологических исследований. М., «Недра», 1967.
- Кораблев А. А. Современные методы и приборы для изучения напряженного состояния массива горных пород. М., «Наука», 1969.
- Максимов С. Н. и др. Под ред. Г. С. Золотарева. Изучение напряженного состояния массивов пород в инженерно-геологических целях. Изд-во МГУ, ротاپринт, 1968.
- Никитин В. Н., Савич А. И. Сейсморазведка при инженерно-геологических изысканиях для гидротехнического строительства. «Гидротехн. строительство», 1962, № 2.
- Робертс А., Хокс И., Уильямс, Мюллер С. Ф. Определение прочности и напряженного состояния скальных пород в условиях естественного залегания. В сб.: «Проблемы инженерной геологии», № 4. М., «Мир», 1967.
- Роза С. А. Опытные нагрузки в скважине на глубине 40 м. «Информ. сб. Ленгидропроекта», № 22, 1961.
- Роза С. А., Зеленский Б. Д. Исследование механических свойств скальных оснований гидротехнических сооружений. М., «Энергия», 1967.
- Содерберг, Рауш Д. О. Исследование устойчивости бортов карьеров. В сб.: «Механика скальных пород». М., «Недра», 1966.
- Терцаги К. Измерение напряжений в породах. В сб.: «Проблемы инженерной геологии». М., «Мир», 1964.
- Хаст Н. И., Нильсон Т. Измерение напряжений в скальных породах и их значение для строительства плотин. В сб.: «Проблемы инженерной геологии», № 4. М., «Мир», 1967.

ТЕМЫ ДОКЛАДОВ ПО ОСНОВНЫМ ВОПРОСАМ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ (на семинарских занятиях, научных кружках)¹

Многолетний опыт преподавания инженерной геологии на геологическом факультете Московского университета показал целесообразность постановки докладов на семинарских занятиях. Студенты знакомятся с основной литературой по разным проблемам инженерной геологии, учатся конспектировать ее и в кратком 20—15-минутном докладе формулировать главные положения, а также отвечать на вопросы. В пособии дано 40 тем докладов, сформулированных достаточно широко, которые охватывают разные стороны отдельных проблем инженерной геологии. При составлении плана доклада по выбранной теме необходимо конкретизировать вопросы, которые освещает студент в своем докладе, так, чтобы не было повторения лекционного материала. Доклад на семинаре должен развивать те или иные положения лекции, более углубленно характеризовать изучаемый геологический объект или явление в конкретном районе и его взаимодействие с инженерным сооружением. Желательно, чтобы в докладе были затронуты вопросы методики как изучения рассматриваемого геологического явления, так и инженерно-геологических исследований для намечаемого строительства.

При подготовке докладов следует избегать реферативного изложения отдельных работ, надо стремиться дать обобщающие данные по всей проработанной литературе.

Весьма полезны критический разбор содержания и формы доклада, его обсуждение и дополнения преподавателя, ведущего семинар.

Рекомендуемая по каждой теме литература, приводимая в пособии, с течением времени должна уточняться.

Тема 1. Современное состояние и перспективы развития инженерной геологии в СССР и за рубежом

Литература

- Маньковский Г. И. О горной геомеханике. Институт горного дела. «Научные сообщения», т. 18. М., 1962.
Попов И. В. Современные проблемы инженерной геологии и грунтоведения. «Вестн. Моск. ун-та», сер. 4, геол., 1963, № 6.
Попов И. В. Учение Г. Н. Каменского об инженерно-геологических явлениях и его

¹ Составлены Г. С. Золотаревым.

- роль в развитии советской инженерной геологии. «Тр. Лаб. гидрогеол. пробл.», т. 40, 1964.
- Приклонский В. А. Об изучении горных пород в инженерно-геологических целях. «Сов. геол.», 1949, № 40.
- Проблемы инженерной геологии. Вып. 1, 2, 3, 4. М., «Мир», 1958, 1960, 1964, 1967.
- Саваренский Ф. П. Советская инженерная геология на пороге новой пятилетки. Избр. соч. М., Изд-во АН СССР, 1950.
- Сергеев Е. М. Современные представления об инженерно-геологических свойствах пород. В сб.: «Инженерно-геологические свойства горных пород и методы их изучения» (мат-лы совещаний). М., Изд-во АН СССР, 1962.

Тема 2. Инженерно-геологическое значение новейших тектонических движений

Л и т е р а т у р а

- Золотарев Г. С., Лыкошин А. Г. Основные проблемы инженерной геодинамики. В сб.: «Инженерная геология в государственном планировании». М., «Наука», 1968.
- Кожевников А. В. История формирования долины Волги. В сб.: «Опыт и методика изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий крупных водохранилищ», т. 1. Изд-во МГУ, 1959.
- Москвитин А. И. Плейстоцен нижнего Поволжья. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Муратов М. В. О миоценовой и плиоценовой истории развития Крымского полуострова. «Бюл. МОИП», отд. геол., 1954, № 1.
- Никитюк Л. А. Древние долины и их значение для строительства гидростанций (на примере рек Дальнего Востока и Сибири). «Тр. Ленгидропроекта», сб. № 2. Л., «Энергия», 1965.
- Николаев Н. И. Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР, ч. 3. М., Госгеолтехиздат, 1962.
- Прочухан Д. П. Значение действующих сбросов для гидротехнического строительства. «Тр. Ленгидропроекта», сб. № 2. Л., «Энергия», 1965.

Тема 3. Влияние трещиноватости на изменение инженерно-геологических свойств массивов горных пород

Л и т е р а т у р а

- Кузавев Н. Н. О механических и деформационных свойствах пород в массиве. «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых», 1965, № 5.
- Лыкошин А. Г. Инженерно-геологические исследования несущей способности скальных пород. «Гидротехн. стр-во», 1963, № 8.
- Проблемы инженерной геологии в строительстве (статьи Н. И. Кириченко, Л. И. Нейштадт, С. А. Роза). Мат-лы сов. по инженерно-геологическим исследованиям скальных оснований гидротехнических сооружений. М., 1961.
- Никитин В. Н. О соотношении между динамическим и статическим модулями упругости горных пород. В сб.: «Разведочная и промысловая геофизика», вып. 45. М., Гостоптехиздат, 1962.
- Руппенейт К. В., Долгих М. А., Матвеев В. В. Вероятностные методы оценки прочности и деформируемости горных пород. М., Госстройиздат, 1964. Гл. III.
- Труды по изучению вопросов трещиноватости в горном массиве. «Тр. ВНИМИ», сб. 51, 1964.
- Туринцев Ю. И., Зобкин В. И., Бахарева Г. И. Прочность трещиноватых горных пород в массиве. «Тр. Ин-та УрНИИПРОММЕДЬ», вып. 7. Свердловск, 1963.

Тема 4. Методы количественной оценки трещиноватости массивов горных пород

Л и т е р а т у р а

- Гуреев А. М. К оценке деформируемости скальных оснований плотин. «Гидротехническое строительство», 1967, № 2.

- Батугин С. А., Егоров П. В. К характеристике трещиноватости массива горных пород. «Тр. ВНИМИ», сб. 51, 1964.
- Молитко А. В. Опыт оценки блочности трещиноватого массива скальных пород. «Тр. Гидропроекта», сб. 14, 1966.
- Михайлов А. Е. Основы структурной геологии и геологического картирования. М., «Недра», 1967. Гл. 12 и 13.
- Нейштадт Л. И., Пирогов Н. А. Методы инженерно-геологического изучения трещиноватости горных пород. М., «Энергия», 1969.
- Протодьяконов М. М., Чирков С. Е. Трещиноватость и прочность горных пород в массиве. М., «Наука», 1964.
- Рац М. В. Краткие указания по применению статистико-генетического метода изучения трещиноватости скальных массивов. М., изд. «Гидропроекта», 1962.
- Фисенко Г. Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М., «Недра», 1965. Гл. 9.

Тема 5. Общие вопросы теории процессов выветривания

Литература

- Гинзбург И. И. Вопросы энергетики реакций процессов выветривания некоторых алюмосиликатов. «Кора выветривания», вып. 5. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Гинзбург И. И. Типы кор выветривания, формы их проявления и классификация. В сб.: «Региональное развитие кор выветривания в СССР», вып. 6. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Коломенский Н. В. Методические указания по изучению процессов выветривания горных пород для инженерно-геологических целей. М., Госгеолиздат, 1952.
- Саножинов Л. Г. О структурно-тектонической приуроченности древних кор выветривания. «Кора выветривания», вып. 10. М., «Наука», 1968.
- Черняховский А. Г. Некоторые вопросы физического и физико-химического выветривания горных пород. «Кора выветривания», вып. 10. М., «Наука», 1968.

Тема 6. Инженерно-геологическая характеристика процессов выветривания в мезозойских и третичных глинистых породах Поволжья и Кавказа

Литература

- Зоронкевич С. Д. О количественной оценке глинистых пород в инженерно-геологических целях. В сб.: «Вопросы грунтоведения и инженерной геологии». Изд-во МГУ, 1963.
- Проздов С. В. Изменение инженерно-геологических свойств неогеновых пород Мингечаура в коре выветривания. В сб.: «Труды совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения», т. 2, 1957.
- Золотарев Г. С. Выветривание и его роль при оценке устойчивости откосов. «Сов. геол.», 1948, № 35.
- Золотарев Г. С. О скорости выветривания неокотских и альбских глинистых пород Ульяновского Поволжья. «Докл. высш. шк.», геол.-геогр., 1958, № 3.
- Макеев З. А. Инженерно-геологическая характеристика майкопских глин (южная часть Волгоградской области и Центральное Предкавказье). М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Матвеев Ю. Д. К методике изучения выветривания пород в инженерно-геологических целях. В сб.: «Вопросы инженерной геологии и грунтоведения», вып. 2. Изд-во МГУ, 1968.
- Реутова Н. С. Процессы выветривания и трещинообразования в хвалынских глинах. «Тр. Лаб. гидрогеол. проблем им. Саваренского», т. 13. 1956.

Тема 7. Инженерно-геологическая характеристика выветрелых изверженных и метаморфических пород

Литература

- Ижавахишвили Э. А. Кора выветривания гранитоидов как среда зарождения некоторых физико-геологических процессов. «Тр. Научн.-иссл. лаб. гидрогеол. и инж.-геол. проблем Груз. политехн. ин-та», № 1, 1962.

- Золотарев Г. С. Кора выветривания архейских пород Цейлона и ее инженерно-геологическое значение (на примере гидроузла на р. Мальватуоя). «Изв. высш. уч. зав.», геол. и разв., 1962, № 2.
- Нейштадт Л. И., Конярова Л. П. Инженерно-геологические условия строительства плотин на изверженных горных породах. «Геология и плотины», т. 3. М.—Л., Госэнергоиздат, 1964.
- Прочухан Д. П. Инженерно-геологическая оценка выветрелости горных пород. «Тр. Ленгидропроекта», сб. 2. Л., «Энергия», 1965.
- Хемрол А. Классификация выветрелости и выветриваемости пород. В сб.: «Проблемы инженерной геологии», вып. 3. М., «Мир», 1964.

Тема 8. Инженерно-геологические факторы микросейсмического районирования

Литература

- Дедова Е. В. О видах остаточных деформаций грунтов, проявляющихся при землетрясении. «Вопросы инженерной сейсмологии», вып. 10. М., «Наука», 1965.
- Леонов Н. Н. Роль геологического строения при образовании остаточных деформаций грунтов во время землетрясений. «Вопросы инженерной сейсмологии», вып. 10. М., «Наука», 1965.
- Лямзина Г. А. Об изучении сейсмических свойств грунтов для сейсмомикрорайонирования. «Вопросы инженерной сейсмологии», вып. 7. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Медведев С. В. Инженерная сейсмология. М., Госстройиздат, 1962. Гл. 1, 2.
- Медведев С. В., Бунэ В. И. и др. Инструкция по проведению микросейсмического районирования. «Тр. Ин-та физики Земли», № 22 (189): «Вопросы инженерной сейсмологии», вып. 7. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Попов В. В. Инженерно-геологические критерии детального сейсмического районирования. «Тр. Ин-та физики Земли», № 5 (172), 1959.
- Солоненко В. П. Некоторые задачи современного сейсмического микрорайонирования. «Геология и геофизика», 1962, № 9.
- Солоненко В. П. Определение эпицентральных зон землетрясений по геологическим признакам. «Изв. АН СССР», сер. геол.-геогр., 1962, № 11.
- Предсказание землетрясений. Пер. с англ. М., «Мир», 1968.

Тема 9. Опыт микросейсмического районирования отдельных территорий, городов и др.¹

Литература

- Бунэ В. И. и др. Геология и сейсмичность района Нурекской ГЭС. Душанбе, 1962.
- Бунэ В. И. Опыт прогноза повторяемости сильных землетрясений в Вахшском районе Таджикистана. «Вопросы инженерной сейсмологии», № 33 (200). М., Изд-во АН СССР, 1964.
- Горячев А. Е., Ершов И. А. и др. О сейсмическом микрорайонировании территории Петропавловска-Камчатского. «Вопросы инженерной сейсмологии», вып. 8. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Кулиев Ф. Т. Опыт сейсмического микрорайонирования Апшеронского полуострова. В сб.: «Вопросы инженерной сейсмологии», № 7. «Тр. Ин-та физики Земли», № 22 (189), 1962.
- Попов В. В. Роль инженерно-геологических условий в детальном сейсмическом районировании. «Бюл. Совета по сейсмологии», № 8. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Резанов И. А., Растворова В. А., Леонов Н. Н. Опыт детального сейсмического районирования на примере одного из районов Западной Туркмении. «Бюл. Совета по сейсмологии», № 8. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Рустанович Д. Н. Сейсмичность территории Туркменской ССР и Ашхабадское землетрясение 1948 г. «Вопросы инженерной сейсмологии», вып. 12. М., «Наука», 1967.
- Табулевич В. Н. О сейсмичности г. Махач-Калы. «Вопросы инженерной сейсмологии», вып. 7. М., Изд-во АН СССР, 1962.

¹ Рекомендуется поставить несколько докладов по разным районам: например, западное побережье Каспия, Вахш, Камчатка.

Тема 10. Нетектонические деформации глинистых пород и их инженерно-геологическое значение

Литература

- Артемьев А. В. Инженерно-геологическое изучение естественных пластических и разрывных деформаций горных пород. М., «Наука», 1964.
- Артюшков Е. В. Физические основы образования деформаций типа гряд выдавливания в осадочных породах. В кн.: «Палеогеоморфологический метод прогноза деформаций горных пород». М., «Наука», 1966.
- Знапигиров Р. С., Баранова В. И. Разуплотнение неокских глин в связи с формированием долины р. Волги и строительством Саратовской ГЭС. Сб.: «Вопросы инженерной геологии грунтоведения». Изд-во МГУ, 1968.
- Костяной М. Г. Инженерно-геологические особенности глинистых пород района каневских дислокаций. Киев, 1963.
- Муратов М. В. О пластических деформациях слоев глин. «Тр. Мос. геол. развед. ин-та», т. 29, 1956.

Тема 11. Основные факторы формирования селей

Литература

- Дмитрашко Н. В. Геологические условия образования селей в Закавказье. «Тр. Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними». Баку, 1962.
- Зав А. И. Условия формирования селей в Армянской ССР и методика их прогноза. В сб.: «Селевые потоки». Ереван, 1968.
- Зелотарев Г. С. Научные основы и задачи инженерно-геологического изучения и прогноза селей. «Тр. X Совещания», т. 2. Ереван, 1970.
- Мерихулава Ц. Е. Инженерные методы оценки эрозионной устойчивости и интенсивности эрозии. В сб.: «Селевые потоки и горные русловые процессы». Ереван, 1968.
- Оруджава Е. А. К вопросу о роли геологических процессов и некоторых физико-механических свойств грунтов в формировании селевых потоков. «Тр. Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними». Баку, 1962.
- Фейсман С. М. Главные типы селевых потоков и особенности структурных селей. «Изв. АН СССР», сер. геогр., 1960, № 6.

Тема 12. Характеристика крупных селей и меры борьбы с ними

Литература

- Алиев А. А. Геологические условия возникновения селевых потоков на территории Азербайджана. В сб.: «Защита железных дорог от селевых потоков» (Тр. совещания в г. Тбилиси, 1961). М., Трансжелдориздат, 1962.
- Бадзе А. Г. О защите районного центра Кварели от селевых потоков р. Дурджи. В сб.: «Защита железных дорог от селевых потоков». М., Трансжелдориздат, 1962.
- Колотиллин Н. Ф. и др. Инженерно-геологические условия предгорной зоны Заилийского Алатау. Алма-Ата, «Наука», 1967. Гл. 5.
- Корольков Н. М. Защита пути и сооружений от селевых потоков Закавказская ж. д. В сб.: «Защита железных дорог от селевых потоков». М., Трансжелдориздат, 1962.
- Седых Р. В., Глуханьков П. Б., Земс А. Э. Селезащита г. Алма-Ата. В сб.: «Селевые потоки и горные русловые процессы». Ереван, 1968.
- Сели в СССР и меры борьбы с ними. М., «Наука», 1964.
- Селевые потоки и горные русловые процессы. Сб. докладов X селевой конференции. Ереван, 1968. Статьи Захакяня Г. А., Седых Р. В. и др., Олиферова А. Н., Гольдина Б. М. и Будз М. Д.
- Слоненко В. П. Селевой паводок в г. Слюдянке на Байкале 28 июня 1960 г. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Тема 13. Подземные воды как основной фактор развития карста

Литература

- Болотина Н. М., Соколов Д. С. Карст районов Витебских порогов. «Бюл. МОИП», отд. геол., 1954, т. 29 (4).
- Лыкошин А. Г. Карст и гидротехническое строительство. М., Стройиздат, 1968.
- Максимович Г. А. Некоторые особенности гидрогеологии карста. В сб.: «Методика изучения карста» (тр. Всес. сов. по методике изучения карста), вып. 6. Пермь, 1963.
- Соколов Д. С. Основные условия развития карста. М., Гостеолтехиздат, 1962.

Тема 14. Оценка карста в карбонатных породах в связи с гидротехническим строительством

Литература

- Лыкошин А. Г., Соколов Д. С. Красный Ключ. «Природа», 1957, № 8.
- Лыкошин А. Г. Павловская плотина на р. Уфе. В сб.: «Геология и плотины», т. 1. М.—Л., Госэнергониздат, 1959.
- Лыкошин А. Г., Соколов Д. С. Развитие карста в юго-западной части Уфимского плато. «Бюл. МОИП», 1954, т. 29 (1).

Тема 15. Инженерно-геологическая характеристика карста районов строительства плотин на реках Зап. Двина и Неман

Литература

- Белый Л. Д. Плотина Плавинской ГЭС на реке Зап. Двине. В сб.: «Геология и плотины», т. 1. М.—Л., Госэнергониздат, 1959.
- Болотина Н. М., Соколов Д. С. Карст района Витебских порогов. «Бюл. МОИП», отд. геол., 1954, т. 29 (4).
- Карпышев Е. С. Каунасская плотина на реке Неман. В сб.: «Геология и плотины», т. 2. М.—Л., Госэнергониздат, 1962.

Тема 16. Карст в гипсоносных пермских отложениях восточной части русской платформы и его значение для городского и дорожного строительства

Литература

- Вопросы изучения карстовых явлений в районе г. Дзержинска. «Тр. Лаб. гидрогеол. проблем им. Ф. П. Саваренского», т. 47, 1962.
- Карстовые явления в районе г. Дзержинска Горьковской области. «Тр. Лаб. гидрогеол. проблем им. Саваренского», т. 32, 1960.
- Родионов Н. В. Карст Европейской части СССР, Урала и Кавказа. М., Гостеолтехиздат, 1963.
- Скворцов Г. Г. Опыт инженерно-геологической оценки участка с карстом в гипсоносных породах. «Тр. Всес. н.-и. ин-та гидрогеологии и инженерной геологии», сб. 14. М., Гостеолтехиздат, 1956.
- Шимановский Л. А. Изучение карста при мелкомасштабных гидрогеологических съемках на примере Уфимского плато. В сб.: «Методика изучения карста» (тр. Всесоюзного совещания по методике изучения карста), вып. 6. Пермь, 1963.

Тема 17. Прочность пород и ее изменение как фактор развития оползней и обвалов

Литература

- Емельянова Е. П. О значении литологического состава горных пород в оползневых процессах и классификации оползней. «Изв. высш. уч. зав.», геол. и разв., 1959, № 10.

- Емельянова Е. П. О методах прогноза оползневых явлений. «Тр. Всес. н.-и. ин-та гидрогеологии и инженерной геологии», сб. 16. М., Гостеоллиздат, 1959.
- Маслов Н. Н. Реологические свойства и длительная прочность глинистых грунтов: их значение в развитии оползневых явлений. В сб.: «Мат-лы Сов. по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними». Киев, 1964.
- Павлов И. В. Природа прочности глинистых пород и ее кинетика при оползневых процессах. В сб.: «Тр. Сев.-Кавказского семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними». Ставрополь, 1964.
- Скемpton А. В. Длительная устойчивость глинистых склонов. «Проблемы инженерной геологии», сб. № 4. М., «Мир», 1967.
- Фисенко Г. Л. Роль прочности и ползучести горных пород в формировании оползней. «Мат-лы Сов. по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними». Киев, 1964.

Тема 18. Обвалы и их инженерно-геологическая характеристика

Литература

- Вопросы инженерной геологии и грунтоведения, вып. 2. Изд-во МГУ, 1968. Разд. 2: «Инженерная геодинамика».
- Золотарев Г. С., Федоренко В. С., Шешеня Н. Л. Инженерно-геологическое изучение обвалов и других гравитационных явлений на горных склонах. Изд-во МГУ, ротационный, 1969.
- Колотилин Н. Ф. Деформации горных и береговых склонов в условиях сейсмических и селевых районов юго-восточного Казахстана. Алма-Ата, 1961.
- Корольков Н. М., Еремин В. Л. Путь и сооружения на горных железных дорогах. М., «Транспорт», 1968. Гл. III, IV.
- Ломтадзе В. Д. Об инженерно-геологической оценке обвалных явлений. «Уч. зап. Ленингр. горн. ин-та», т. 23, 1949.
- Солопенко В. П., Гречищев Е. К., Пальшин Г. Б. Обвалы на Байкале. «Тр. Иркутского ун-та им. А. А. Жданова», сер. геол., вып. 2, 1951.
- Ройншвили Н. М. Противообвалы сооружения на железных дорогах. Трансжелдориздат, 1960.

Тема 19. Оползни в мезозойских породах Ульяновского и Саратовского Поволжья

Литература

- Золотарев Г. С. Новые данные об оползнях Поволжья. В сб.: «Опыт и методика изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий крупных водохранилищ», т. 1. Изд-во МГУ, 1959.
- Павлов А. И. Оползни Симбирского и Саратовского Поволжья. Избр. соч., т. 2. Изд-во МГУ, 1951.
- Рогозин И. С. Вольские оползни. «Тр. Лаб. гидрогеол. проблем им. Ф. П. Саваренского», т. 18, 1958.
- Рогозин И. С. Оползни Ульяновска и опыт борьбы с ними. М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Рогозин И. С., Дунаева Г. В. Оползни Саратовского Поволжья. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Тема 20. Оползни в пермских породах Поволжья и Прикамья

Литература

- Голодковская Г. А. Типы оползневых склонов Горьковско-Чебоксарского Поволжья и некоторые закономерности их развития. «Вести. Моск. ун-та», сер. 4, геол., 1957, № 4.
- Золотарев Г. С. Новые данные об оползнях Поволжья. Опыт и методика изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий крупных водохранилищ, т. 1. Изд-во МГУ, 1959.
- Печеркин И. А. Геодинамика побережий Камских водохранилищ, ч. 2. Пермь, 1969.
- Пряхин А. И. Оползни нижнего течения Вятки. «Вести. Моск. ун-та», сер. 4, геол., 1960.
- Скворцов Г. Г. Оползни карстового происхождения в южном Приуралье.

«Тр. Всес. н.-н. ин-та гидрогеологии и инженерной геологии», сб. 17. М., Госгеол-издат, 1959.

Тарасова Г. И. Типы склонов среднего Прикамья, закономерности их формирования и оценка устойчивости. Сб. «Вопросы инженерной геологии и грунтоведения». Изд-во МГУ, 1963.

Тема 21. Оползни Одесского побережья

Л и т е р а т у р а

Дранников А. М. Одесские оползни (типы, причины их образования и меры борьбы с ними). «Тр. Одесск. ун-та», сер. геол. и геогр. наук, т. 150, вып. 7, 1960.

Емельянова Е. П. К вопросу о механизме и причинах оползней у Одессы. «Тр. Одесск. ун-та», сер. геол. и геогр. наук, т. 150, вып. 7, 1960.

Жихович В. В. Исследования физико-механических свойств меотических глин, залегающих в основании оползневых склонов г. Одессы. «Тр. Северо-Кавказского семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними». Ставрополь, 1964.

Зелинский И. П. Опыт изучения эффективности противооползневых сооружений в Одессе и его значение для оценки инженерно-геологических условий береговых склонов. В сб.: «Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах ЧССР», вып. 1. Киев, 1967.

Яцко И. Я. Некоторые особенности в развитии оползневых процессов на Одесском побережье. «Тр. Одесск. ун-та», сер. геол. и геогр. наук, т. 150, вып. 7, 1960.

Тема 22. Оползни в третичных отложениях Черноморского побережья Кавказа и Северного Кавказа

Л и т е р а т у р а

Запороженко Э. В. Инженерно-геологические условия оползневых и косогорных участков трассы магистрального Кубань-Калаусского канала. «Тр. Северо-Кавказского семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними». Ставрополь, 1964.

Клевцов И. А. Оползни Северного Кавказа, их типы, условия образования и меры борьбы с ними. «Тр. Северо-Кавказского семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними». Ставрополь, 1964.

Лавров М. Е. Эффективность комплексных противооползневых и берегоукрепительных мероприятий, осуществленных на Сочи-Мацестинском курорте в 1945—1959 гг. «Тр. Северо-Кавказского семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними». Ставрополь, 1964.

Макеев З. А. Оползни Черноморского побережья Кавказа и их типы. «Тр. Северо-Кавказского семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними». Ставрополь, 1964.

Соколова Л. И. Оползни Сочи-Мацестинского курортного района. Оползни и борьба с ними. «Тр. Северо-Кавказского семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними». Ставрополь, 1964.

Федоровский Н. Н. Характерные оползни горного и Черноморского участка Северо-Кавказской ж. д. и эффективные меры борьбы с ними. В сб.: «Борьба с оползнями, обвалами и размывами на железных дорогах Кавказа». М., Трансжелдориздат, 1961.

Тема 23. Оползни Байкала и Ангары

Л и т е р а т у р а

Пальшин Г. Б. Оползни на берегах Байкала. «Изв. Вост.-Сиб. ф-ла АН СССР», 1957, № 4—5.

Пальшин Г. Б. Физико-геологические явления. В кн.: «Братское водохранилище. Инженерная геология территории». М., Изд-во АН СССР, 1963.

Тржцинский Ю. Б. Оползни в долинах рек Илима и средней Ангары. «Мат-лы Сов. по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними». Киев, 1964.

Хромовских Б. С. Сейсмогравитационные оползни южного Прибайкалья. «Мат-лы Сов. по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними». Киев, 1964.

Л и т е р а т у р а

- Золотарев Г. С. Инженерно-геологическое изучение береговых склонов и значение истории их формирования для оценки устойчивости. «Тр. Лаб. гидрогеол. пробл. им. Ф. П. Саваренского», т. 35, 1961.
- Коломенский Н. В. и др. Оползни района Алушта — Приветное на юго-восточном берегу Крыма. «Мат-лы Сов. по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними». Киев, 1964.
- Корженевский И. Б., Лоечко А. А., Черевков В. А. Главнейшие оползни Ю. Б. Крыма, их динамика и опыт борьбы. Оползни и борьба с ними. «Тр. Сев.-Кавк. семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними». Ставрополь, 1964.
- Цыпина И. М. Инженерно-геологическое районирование Южного берега Крыма. «Тр. Всес. н.-и. ин-та гидрогеологии и инженерной геологии», сб. 15, 1957.
- Щеко А. И. Инженерно-геологическое районирование территории окрестностей Гурзуфа для целей курортного строительства. В сб.: «Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии». «Тр. Лаб. гидрогеол. проблем им. Ф. П. Саваренского». М., 1958.

Тема 25. Геологическая история формирования склонов
и ее значение для оценки их устойчивости

Л и т е р а т у р а

- Золотарев Г. С. Инженерно-геологические типы береговых склонов Поволжья и методы оценки их устойчивости. В сб.: «Опыт и методика изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий крупных водохранилищ», т. 2. Изд-во МГУ, 1961.
- Кривошеева З. А. Формирование и устойчивость оползневых склонов Волги в районе Чебоксарской ГЭС. «Мат-лы сов. по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними». Киев, 1964.
- Рогозин И. С. Вольские оползни. «Тр. Лаб. гидрогеол. пробл. им. Ф. П. Саваренского», т. 18, 1958.
- Тарасова Г. И. Типы склонов среднего Прикамья, закономерности их формирования и оценка устойчивости. В сб.: «Вопросы инженерной геологии и грунтоведения». Изд-во МГУ, 1963.
- Терцаги К. Устойчивость крутых склонов в неветрелых скальных породах. В сб.: «Проблемы инженерной геологии», вып. 3. М., «Мир», 1964.

Тема 26. Развитие просадочных явлений в лессах при фильтрации
воды из ирригационных каналов

Л и т е р а т у р а

- Балаев Л. Г., Царев П. В. Лессовые породы центрального и восточного Предкавказья. М., «Наука», 1964. Гл. 8 и 9.
- Инженерно-геологические свойства лессовых пород. М., «Наука», 1966.
- Кириллов А. А., Фролов Н. Н. Гидротехнические сооружения на оросительных системах в лессовых просадочных грунтах. М., Сельхозиздат, 1963.
- Рубинштейн А. Л. Лессовые грунты и их деформации под ирригационными сооружениями некоторых районов Средней Азии, Южной Украины и Крыма. В сб.: «Инженерно-геологические свойства горных пород и методы их изучения». М., Изд-во АН СССР, 1962.

Тема 27. Роль геологических процессов в формировании берегов
водохранилищ в оползневых, просадочных и карстующихся породах

Л и т е р а т у р а

- Золотарев Г. С. Значение геологических факторов в формировании берегов водохранилищ. «Тр. сов. по изучению берегов водохранилищ», т. 1. Иркутск, 1961.
- Золотарев Г. С. Сопротивление пород волновому размыву и формы переработки

берегов в водохранилищ. В сб.: «Вопросы инженерной геологии и грунтоведения». Изд-во МГУ, 1963.

Качугин Е. Г. Некоторые основные вопросы теории и методические задачи наблюдений процесса разрушения берегов водохранилищ. «Тр. сов. по гидрогеологии и инженерной геологии района Днепровских водохранилищ и ирригационных систем Приднепровья». Днепропетровск, 1962.

Олехова Л. И. Региональная характеристика переработки берегов Куйбышевского водохранилища. В сб.: «Вопросы инженерной геологии и грунтоведения». Изд-во МГУ, 1963.

Печеркин И. А. Геодинамика побережий Камских водохранилищ. Ч. 2, гл. VI, Пермь, 1969.

Печеркин И. А. Карст на берегах Камского водохранилища. «Изв. АН СССР», сер. геогр., 1961, № 3.

Рудаков В. К. Об особенностях переработки лессовых берегов. В сб.: «Исследования берегов водохранилищ и озера Байкал». М., «Наука», 1964.

Халматов З. Переработка берегов Ташкентского водохранилища на р. Ангрен в период его наполнения. «Узбекский геологический журнал», 1964, № 2.

Тема 28. Основные особенности процессов переработки берегов крупных водохранилищ на равнинных реках и в горных районах

Л и т е р а т у р а

Золотарев Г. С. Основные закономерности переработки берегов Куйбышевского водохранилища. В сб.: «Исследования берегов водохранилища и озера Байкал». М., «Наука», 1964.

Минервина Е. Е. Абразионная переработка горных водохранилищ и опыт ее прогнозирования. «Изв. Тбилисского н.-и. ин-та сооружений и гидроэнергии», т. 15, 1964.

Пуляевский Г. М. Размывы берегов Братского водохранилища в первый год наполнения. В сб.: «Исследования берегов водохранилищ и озера Байкал». М., «Наука», 1964.

Пышкин Б. А. Вопросы динамики берегов водохранилищ. Киев, 1963. Гл. 4 и 9.

Розовский Л. Б. Теоретические и практические итоги изучения переработки берегов Каховского и Днепровского водохранилища. «Мат-лы сов. по гидрогеологии и инженерной геологии района Днепровских водохранилищ и ирригационных систем Приднепровья». Днепропетровск, 1962.

Тихвинский И. О. О методике прогноза переработки оползневых склонов. «Гидротехн. стр-во», 1967, № 4.

Тема 29. Воздействие фильтрационного потока на горные породы на участке плотины

Л и т е р а т у р а

Веригин Н. Н. Основы теории растворения и вымыва солей при фильтрации воды в горных породах. В сб.: «Тр. совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения». М., Изд-во АН СССР, 1962.

Маменко Г. К. К вопросу о фильтрации в правобережном примыкании земляной плотины Волгоградской ГЭС. «Тр. Гидропроекта», сб. 3. Инженерная геология, 1960.

Маменко Г. К. Камская плотина на р. Каме. В сб.: «Геология и плотины», т. 5. М.—Л., «Энергия», 1967.

Мелихикер Ш. Г. Фильтрационный режим в трещиноватом массиве пород палеогена, залегающих в основании русловой плотины Волжской ГЭС им. XXII Съезда КПСС. «Тр. Гидропроекта», сб. № 14, 1966.

Семенов М. П. Инженерно-геологические предпосылки проектирования цементационных завес. «Тр. Лаб. инженерной гидрогеологии ин-та ВОДГЕО». М., Госстройиздат, 1957.

Семенов М. П., Орадовская А. Е., Храмогина Г. С., Молоков Л. А. Исследования размываемости трещиноватых горных пород и заполнителя трещин фильтрационным потоком. «Тр. Лаборатории инженерной гидрогеологии ин-та ВОДГЕО». М., Госстройиздат, 1957.

Тема 30. Применение методов природных аналогов, сравнительно-геологического и расчетных для оценки устойчивости склонов и прогноза инженерно-геологических явлений

Л и т е р а т у р а

- Емельянова Е. П. О применимости обратных расчетов для определения прочности горных пород. «Разведка и охрана недр», 1965, № 4.
- Емельянова Е. П., Розовский Л. Б. Прогноз устойчивости склонов и откосов с использованием природных аналогов и электронных вычислительных машин. «Докл. XXIII сесс. Межд. геол. конгр. Инженерная геология в государственном планировании». М., «Наука», 1968.
- Емельянова Е. П. О теоретических основах сравнительно-геологического метода оценки устойчивости склонов и прогноза оползней. В сб.: «Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии», № 22, изд. ВСЕГИНГЕО. М., 1969.
- Маслов Н. Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве. М.—Л., Госэнергоиздат, 1955.
- Попов И. В. О геологических и математических методах построения инженерно-геологических прогнозов. В сб.: «Инженерно-геологические процессы и явления, их значение для строительства». М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Розовский Л. Б. Введение в теорию геологического подобия и моделирования. М., «Недра», 1969.
- Савков Л. В. Расчет устойчивости откосов в скальных трещиноватых породах. «Физ.-техн. проблемы разработки полезных ископаемых», 1965, № 6.
- Троицкая М. Н., Голодковская Г. А. К вопросу об оценке устойчивости откосов и склонов. В сб.: «Вопросы инженерной геологии и грунтоведения». Изд-во МГУ, 1963.
- Фисенко Г. Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М., «Недра», 1965. Часть 4.
- Шахуняц Г. М. Расчет устойчивости склонов и откосов против скольжения пород. «Мат-лы сов. по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними». Киев, 1964.

Тема 31. Основные вопросы инженерно-геологического обоснования проектирования высоких плотин на горных реках (на разных стадиях)

Л и т е р а т у р а

- «Геология и плотины». Т. 3. М.—Л., Госэнергоиздат, 1964.
- Геология и сейсмичность района Нурекской ГЭС. Душанбе, 1962.
- Карпышев Е. С., Хачатурян Х. Г. Инструкция по составу и объему изысканий для гидроэнергетического строительства. Ч. 2, инж.-геол. изыск. И-34-61. М.—Л., Госэнергоиздат, 1962.
- Кириченко Н. И. Чиркейская плотина на р. Сулак. «Геология и плотины», т. 2. М.—Л., Госэнергоиздат, 1962.
- Леонов М. П., Мазуров О. С., Пирогов И. А. Красноярская плотина на р. Енисей. «Геология и плотины», т. 5. Л., «Энергия», 1967.
- Лыкошин А. Г. Инженерно-геологические исследования несущей способности скальных пород в основании арочных плотин. В сб.: «Арочные плотины». М.—Л., «Энергия», 1965.
- Пирогов И. А. Инженерно-геологические предпосылки к выбору створа Саяно-Шушенской ГЭС на р. Енисей. «Гидротехническое строительство», 1965, № 1.
- Прочухан Д. П. Трещины разгрузки в скальных основаниях высоких плотин. «Сов. геология», 1964, № 7.
- Семенов М. П. и др. Геология оснований высоких плотин. М., Стройиздат, 1962.
- Тиздель Р. Р. Братская плотина на р. Ангаре. «Геология и плотины», т. 2. М.—Л., Госэнергоиздат, 1962.

Тема 32. Изучение напряженного состояния массивов пород для прогноза устойчивости высоких склонов, бортов карьеров и деформации пород при подземном строительстве

Л и т е р а т у р а

- Кораблев А. А. Современные методы и приборы для изучения напряженного состояния массива горных пород. М., «Недра», 1969.
- Кутепов В. М. Результаты изучения естественных напряжений в массивах трещиноватых пород горных склонов. «Вестн. Моск. ун-та», геол., 1966, № 6.

Максимов С. Н. и др. Под ред. Г. С. Золотарева. Изучение напряженного состояния массивов пород в инженерно-геологических целях. Ротапринт. Изд-во МГУ, 1968.

Панюков П. Н. О природе напряжений в массивах горных пород. Техника и технология открытых горных работ. М., Углетехиздат, 1959.

Седерберг А., Рауш Д. О. Исследование устойчивости бортов карьеров. В сб.: «Механика горных пород». М., «Недра», 1966.

Терцаги К. Измерение напряжений в породах. В сб.: «Проблемы инженерной геологии», вып. 3. М., «Мир», 1964.

Хаст Н., Нильсон Н. Измерение напряжений в скальных породах и их значение для строительства плотин. В сб.: «Проблемы инженерной геологии», вып. 4. М., «Мир», 1967.

Тема 33. Значение разуплотнения, выветривания и суффозии в породах при оценке устойчивости бортов глубоких карьеров

Л и т е р а т у р а

Комарницкий Н. И. Влияние зон и поверхностей ослабления в породах на устойчивость откосов. М., «Наука», 1966.

Мироненко В. А., Новожилов В. Н., Фисенко Г. Л. Изменение физико-механических свойств горных пород в связи с открытыми разработками. В сб.: «Формирование и изменение физико-механических свойств горных пород под влиянием естественных и искусственных факторов». Л., изд. НТО «Горное», 1966.

Попов С. И., Дудушкина К. И. Влияние времени на устойчивость уступов и бортов рудных карьеров. «Горный журнал», 1962, № 4.

Славянов В. Н. Цирки оплывания песчано-глинистых пород на откосах карьеров КМА и некоторые закономерности их развития. В сб.: «Инженерно-геологические процессы и явления, их значение для строительства». М., Госстройиздат, 1963.

Чепижная Э. А. Опыт исследования влияния особенностей контактов разновозрастных пород на устойчивость откосов Михайловского месторождения КМА. В сб.: «Инженерно-геологические процессы и явления, их значение для строительства». М., Госстройиздат, 1963.

Тема 34. Инженерно-геологические явления при строительстве и эксплуатации на карьерах Курской магнитной аномалии

Л и т е р а т у р а

Беспалов П. М., Кравчук С. В. Опыт осушения Михайловского карьера КМА (на начальном этапе). В сб.: «Вопросы геологии, инженерной геологии и гидрогеологии месторождений КМА». М., Изд-во АН СССР, 1964.

Гун В. Я., Перцовский Ю. М. Некоторые сведения об инженерно-геологических условиях Лебединского месторождения КМА. В сб.: «Вопросы геологии, инженерной геологии и гидрогеологии месторождений КМА». М., Изд-во АН СССР, 1961.

Коробанова И. Г. и др. Инженерно-геологическая характеристика юрских пород КМА в связи с условиями их формирования. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Славянов В. Н., Фандеева В. И. Влияние горных работ на природные условия КМА. В сб.: «Инженерно-геологические процессы и явления, их значение для строительства». М., Госстройиздат, 1963.

Терновская В. Т. и др. Палеогеоморфологический метод прогноза деформаций горных пород. М., «Наука», 1966.

Тема 35. Деформации бортов карьеров в скальных породах рудных месторождений

Л и т е р а т у р а

Попов С. И., Воронин И. В. Деформации бортов Сибайского карьера. «Горный журнал», 1967, № 3.

Пустовойтова Т. К., Кагермазова С. В. Влияние структуры массива скальных пород на устойчивость бортов карьеров. «Тр. ВНИМИ по изучению вопросов трещиноватости пород в горном массиве», сб. 1. М., 1964.

- Тимашев В. И. Укрепление борга Кургашиканского карьера. «Горный журнал», 1966, № 9.
- Туринцев Ю. И. Меры предупреждения оползней и обрушений на междурудных карьерах. «Тр. УралНИИМедь», вып. 7. Свердловск, 1963.
- Швец Н. Я., Васильев В. В. Опыт исследования устойчивости бортов карьера Магнитогорского железного рудника. «Мат-лы сов. по вопросам изучения устойчивости откосов на карьерах». Белгород, 1967.

Тема 36. Инженерно-геологические явления в карьерах угольных месторождений

Л и т е р а т у р а

- Климентов П. П., Сыроватко М. В. Гидрогеология месторождений твердых полезных ископаемых. Ч. 2. М., «Недра», 1966. Гл. 2 и 7.
- Рудаков М. Л., Попов Н. Н., Ли А. П. Предупреждение оползней на карьерах. М., Госгортехиздат, 1960. Гл. 1 и 4.
- Романовская Л. И. Инженерно-геологические исследования и прогнозы при разведке месторождений полезных ископаемых. М., «Недра», 1966.
- Сыроватко М. В. О роли инженерно-геологических факторов в развитии оползней при открытой разработке бурого углей месторождений. «Сов. геология», 1956, № 56.
- Фисенко Г. Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М., «Недра», 1965. Гл. 12.
- Кроме вышеприведенной литературы при подготовке докладов по темам № 34, 35, 36 рекомендуется использовать работу Г. Г. Скворцова и Л. И. Романовской «Инженерно-геологические исследования и прогнозы при разведке месторождений полезных ископаемых». М., «Недра», 1966.

Тема 37. Изучение тектонических структур и трещиноватости пород при инженерно-геологической оценке трасс тоннелей

Л и т е р а т у р а

- Зенков Н. А. Дарьяльская плотина на р. Терек. «Геология и плотины», т. 1. М.—Л., Госэнергоиздат, 1959.
- Куницын П. В. Ланджанурская плотина на р. Ланджанури. «Геология и плотины», т. 4. М.—Л., Госэнергоиздат, 1964.
- Нейштадт Л. И. Арзнинская плотина на р. Раздан. «Геология и плотины», т. 2. М.—Л., Госэнергоиздат, 1962.
- Прочухан Д. П. Трещиноватость гранитов в тоннеле Алмаатинской ГЭС-2. «Информационный сборник», № 20. Изд. Лен. отд. ин-та Гидроэнергопроект, 1961.
- Садборн Дж. Инженерно-геологические исследования для проектирования и строительства тоннелей. «Проблемы инженерной геологии», сб. 2. М., ИЛ, 1960.

Тема 38. Сдвигание горных пород и образование мульд проседания при шахтных разработках, строительстве подземных сооружений и при откачках подземных вод

Л и т е р а т у р а

- Барановский В. И. Влияние природных факторов на выбор способов разработки угольных пластов на глубоких горизонтах. М., Госгортехиздат, 1963.
- Гармонов И. В., Коноплянец А. Н., Котлов Ф. В. Оседание земной поверхности в связи с интенсивной откачкой эксплуатационных месторождений нефти и газа. Некоторые вопросы теории прогноза оседания. В сб.: «Обзоры по отдельным проблемам», вып. 17. М., 1965.
- Горное давление, сдвигание горных пород и методика маркшейдерских работ на рудных месторождениях. «Тр. ВНИИМИ», сб. 62, 1966.
- Канлыбаева Ж. М. Закономерности сдвигания горных пород в массиве. М., «Наука», 1968.
- Котлов Ф. В. О региональном характере распространения некоторых инженерно-геологических явлений. В сб.: «Природные физико-геологические и инженерно-геологические процессы и явления». М., Изд-во АН СССР, 1963.

Снобкова А. И. О некоторых инженерно-геологических закономерностях развития осадков территории Москвы, вызванных понижением уровня подземных вод и строительством метрополитена. В сб.: «Инженерно-геологические процессы и явления, их значение для строительства». М., Госстройиздат, 1963.

Тема 39. Инженерно-геологические карты и разрезы для наземного строительства (средне- и крупномасштабные)

Литература

- Верейский Н. Г., Дубровкин В. Л. Принципы составления инженерно-геологических карт м-ба 1 : 50 000 и 1 : 25 000 для промышленного, поселкового, городского и курортного строительства. «Сов. геология», 1963, № 10.
- Дубровкин В. Л., Чаповский Е. Г. Вопросы методики составления инженерно-геологических карт. «Изв. высш. уч. зав.», геол. и разв., 1959, № 10.
- Ломтадзе В. Д. Методика составления инженерно-геологических карт и задачи инженерно-геологического районирования. «Мат-лы регионального совещания по инженерной геологии». Л., 1968.
- Методические указания по составлению инженерно-геологических карт масштаба 1 : 25 000 и 1 : 50 000. М., 1966.
- Попов И. В. и др. Методика составления инженерно-геологических карт., М., Госгеолтехиздат, 1950.
- Приклонский В. А. и др. Инженерно-геологические изыскания. Руководство для планировки и застройки городов. М., Госстройиздат, 1950.

Тема 40. Инженерно-геологическая съемка

Литература

- Голодковская Г. А., Сергеев Е. М. Опыт инженерно-геологического районирования долины Верхнего Амура. «Сов. геология», 1962, № 3.
- Карпышев Е. С. Инструкция по мелкомасштабной инженерно-геологической съемке для гидроэнергетического строительства. Л., «Энергия», 1965.
- Карпышев Е. С. Инструкция и методические указания по крупномасштабной инженерно-геологической съемке для гидроэнергетического строительства. Л., «Энергия», 1966.
- Коломенский Н. В. Принципы государственного инженерно-геологического картирования. «Сов. геология», 1964, № 3.
- Методическое руководство по производству гидрогеологической съемки в масштабах 1 : 50 000 и 1 : 25 000. М., Госгеолтехиздат, 1962. Гл. 14, 15, 16, 17, 23.
- Попов И. В. Принципы инженерно-геологического картирования и районирования территории. «Изв. высш. уч. зав.», геол. и разв., 1961, № 8.
- Шанцер Е. В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. «Тр. Ин-та геологических наук АН СССР». М., «Наука», 1966.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ I

УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ К СПЕЦИАЛЬНЫМ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ КАРТАМ И РАЗРЕЗАМ; ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ ДЛЯ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПЛИОЦЕНОВЫХ И ЧЕТВЕРТИЧНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ¹

Содержание специальных крупномасштабных (1:25 000—1:1000) инженерно-геологических карт, как правило, различно. Знаки, которыми отображаются важнейшие элементы инженерно-геологических условий, многочисленны. При составлении инженерно-геологической карты и разработке ее легенды необходимо стремиться: а) к максимальному без ущерба содержанию сокращению числа знаков, б) к единым обозначениям для инженерно-геологических разрезов и для карт, особенно детальных.

Рекомендуемые ниже условные обозначения (табл. 8-1, 8-2) не охватывают всего разнообразия инженерно-геологических обстановок и целей исследований. Они даны применительно к задачам, помещенным в настоящем пособии, возможному содержанию карт курсовых и дипломных работ студентов, а также могут быть использованы при производственном инженерно-геологическом картировании.

На каждой инженерно-геологической карте цветом, штриховкой и индексами показываются породы, их возраст, генезис и состав (в зависимости от масштаба карты) в виде комплексов, типов или петрографических разновидностей. Генетическое расчленение морских осадочных и магматических пород разработано, менее ясно положение с отображением на картах и разрезах генезиса четвертичных и плиоценовых континентальных образований. В табл. 8-3 рекомендуются разделение и индексы генетических типов новейших континентальных отложений.

В областях многолетней мерзлоты для четвертичных отложений требуется особое расчленение и соответствующие генетические индексы, кроме индекса, указывающего на генезис отложений целесообразно давать дополнительный индекс, отмечающий фации пород. Например: верхнечетвертичный аллювий, старичная фация, криогенных (мерзлотных) областей: $k_{st} Q_3$ и т. п.

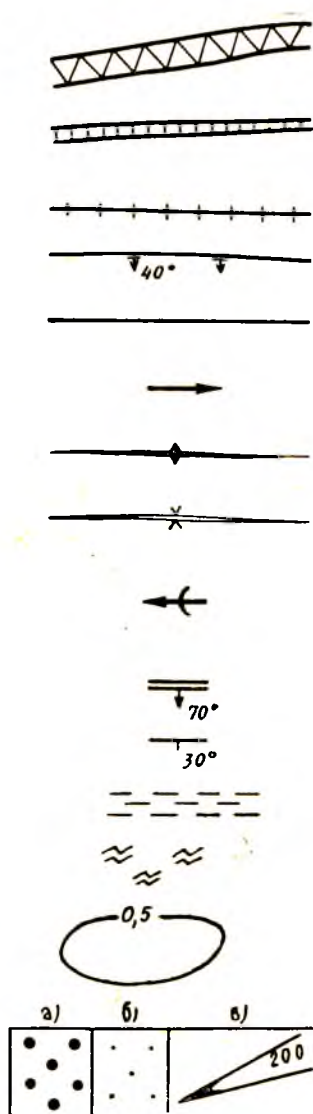
Существуют особые криогенные образования, обозначенные обобщенным индексом kQ_4 , формирующиеся только в суровых климатических условиях севера, которые при дальнейших исследованиях необходимо расчленить на типы. Б. В. Рыжовым выделен тип таберальных криогенных отложений (tbQ_4), представляющий собой своеобразные по составу и залеганию породы в пределах мульд протаивания гидротакколитов.

Среди техногенных накоплений (по А. Н. Мазаровичу), образование которых обусловлено строительной и хозяйственной деятельностью человека, выделено четыре типа, пока обозначаемые единым индексом.

¹ Разработаны А. Ф. Бернгофом и Г. С. Золотаревым.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ К ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ КАРТАМ

I. Структурно-тектонические элементы



Разломы и разрывы; римскими цифрами указан порядок (категория) разлома, а обычными — их номера. Например, III—8 — восьмой разлом третьего порядка (малиновый цвет)

Зона надвига (малиновый цвет)

Сбросы и тектонические зоны: (малиновый цвет)

а) вертикальные

б) наклонные, стрелкой и цифрой указываются направление и угол падения сбрасывателя

Тектонические трещины (крупные и протяженные) (малиновый цвет)

Подвижность по разломам, сбросам и крупным тектоническим трещинам в новейшую или современную эпоху (малиновый цвет)

Оси складок:

а) антиклинальных

б) синклинальных

Направление погружений складок

Направление и углы падения

а) тектонических трещин

б) пластов пород

Участок сильной тектонической трещиноватости (малиновый цвет)

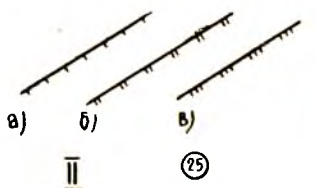
Интенсивная мелкая складчатость (малиновый цвет)

Характер и интенсивность неотектонических движений:

Относительная величина поднятий блоков в метрах за период (малиновый цвет)

Неравномерное поднятие (перекосы) в пределах одного структурного блока: а) поднятая часть, б) менее поднятая часть, в) направление перекоса и разница в положении поверхностей в метрах (малиновый цвет)

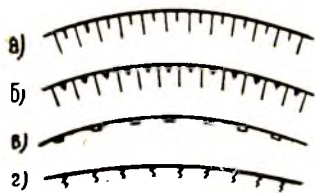
II. Основные геоморфологические элементы



Границы (или бровки) надпойменных речных и морских террас:

первой (а), второй (б), третьей (в) и т. д.

Номер и высота надпойменной террасы (м) над урезом реки или моря



Границы (или бровки) склонов:

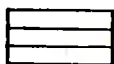
- а) смыва (эрозионных),
- б) оползневых,
- в) обвально-осыпных,
- г) солифлюкционных и десерпционных



Примечание. Типы склонов различаются по индексам отложений и, при возможности, закраской: крутизна склонов в градусах показывается цифрами.



Древние (плиоценовые и другие) поверхности выравнивания сложного генезиса, частично переработанные, с возвышенностями и местными водоразделами; возраст указывается индексом

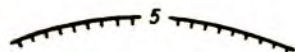
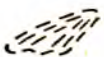


Эрозионные поверхности



Конусы выноса:

- а) древние
- б) формирующиеся



Бровки высоких уступов и обрывов



Водораздельные линии на гребнях межовражных и других

Перегибы на склонах и бровки откосов (основные)

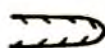
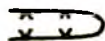
" " " " "

Бечевник реки

8°

Крутизна отмели в градусах

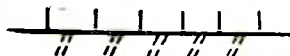
Границы бортов старых и древних оврагов и балок



Каньоны

Отмели:

- а) абразионно-аккумулятивные
- б) аккумулятивные



Ширина надводной части пляжа, в метрах

III. Водопроявления и гидрогеологические данные (показываются синим цветом)



Границы, разделяющие водосодержащие комплексы пород



Границы распространения верховодки

5 Изолинии глубины залегания (в метрах) установившегося уровня подземных вод



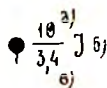
Глубина залегания грунтовых вод в отдельных пунктах, в метрах



Участки разгрузки напорных вод; возраст пород, содержащих напорные воды, указывается индексом



Направление движения подземных вод



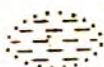
Источники, их номера (а), индекс водовмещающих пород (б) и расход в л/сек (в)

Примечания: 1) Для временно-действующих источников знак внутри не закрашивается.

2) Сезонная обводненность пород и территории обозначается индексом «СО»



Пластовые выходы подземных вод

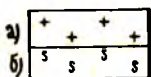


Заболоченность и мочевины с питанием водами:

- а) атмосферными — АВ
- б) подземными — ПВ



Участки интенсивного поглощения поверхностных вод

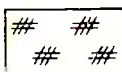


Агрессивность подземных вод к бетону:

- а) карбонатная
- б) сульфатная

IV. Геологические процессы и явления

Типы оползней:

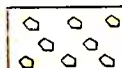


выдавливания и соскальзывания, блокового строения, образующие в рельефе склона крупные ступени, гряды и холмы;

а) б)



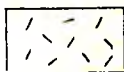
делясивные (оползни-потоки (а), сплывы (б), внезапного разжижения, вязкопластичного состояния глинистых или щебнисто-глыбово-глинистых масс



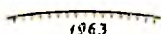
Оползни-обвалы



Осовы



Оползни сложные и переходных типов



Границы действующих оползней и год подвижки (красный цвет)



Трещины оползневые (разрыва, выдавливания и др.), свежие (красный цвет)

Обвалы

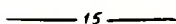


Места отрыва (впадина, ниша) обвалов и оползней на горном склоне (красный цвет)



Обвальные массы — глыбы, щебень пород (указать каких)

Примечание. Объемы отдельных обвалов, оползней, массивов, подготовленных к смещению обвальных ниш и накоплений, указываются на карте цифрой (тыс. м³), например — 80



Трещины бортового отпора и их ширина (см), в прочных породах обычно наложенные на тектонические и другие первичные трещины (зеленый цвет)



Блоки и массивы пород, выветрелые, разгруженные и подготовленные к смещению и обрушению. Объем указан в тыс. м³ (красный цвет)



Вероятные пути движения обвальных масс (красный цвет)

Основные факторы развития оползней и обвалов

(указываются красным цветом)

А — Изменение состояния и снижение прочности пород при увлажнении:

АВ

— дождевыми и талыми водами;

ПВ

— подземными водами;

ТВ

— хозяйственными водами — утечки, полив и др.

Б — изменение напряженного состояния массива пород склона, вследствие:

Р, М, В

— подмыва его основания рекой (Р), морем (М), или водохранилищем (В)

И

— подрезки искусственными выемками;

К

— увеличения крутизны или пригрузки склона отвалами, сооружениями, старыми обвальными массами и т. д.

**См
Эк**

— сейсмических толчков

В — изменение прочности пород в результате их выветривания, разгрузки и других экзогенных геологических процессов

Карст

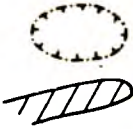
Карстовые воронки:

а) старые и древние

б) свежие и время их возникновения (зеленый цвет)



Территория с развитием активного карста, где возможны карстовые провалы (зеленый цвет)



Древние карстово-эрозионные долины и овраги (зеленый цвет)



Пещеры (а) и каверны (б)

Эрозия и абразия

Промоины растущие (коричневый цвет)

Овраги растущие (коричневый цвет)



Участки интенсивного смыва на склоне (коричневый цвет)



Суффозионные воронки (а) и каналы (б)



Очаги формирования селей (коричневый цвет)



Пути движения селей (коричневый цвет)



Заторы селевых масс (коричневый цвет)

Интенсивный подмыв берега:

(синий цвет)

рекой



волнами моря, озера, водохранилища:

а) интенсивный

б) слабый; объем размытых пород указывается цифрой (m^3)



Участки накопления наносов (оранжевый цвет)



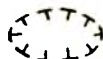
Направление преобладающего вдольберегового перемещения наносов (оранжевый цвет)



Абразионные площадки (а) и останцы размыва (б)



Западины просадочные в лессах



Площади вероятного развития просадок в лессах



Участки развития мерзлотных явлений (в случае значительного распространения дается их классификация с показом на карте особыми знаками (фиолетовый цвет))



Бугры мерзлотного пучения (фиолетовый цвет)



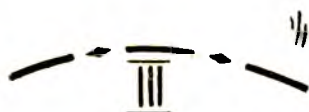
Котловины от протавивания льдов (фиолетовый цвет)



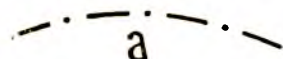
Наледи (фиолетовый цвет)

V. Оценка пригодности территории и устойчивости склонов: инженерно-геологические явления и районирование

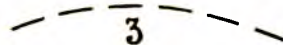
A. Инженерно-геологическое районирование:



Районы разных порядков выделяются главным образом по геологическому строению — комплексам пород и их обводненности;

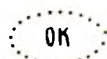


Подрайоны выделяются по истории геологического развития в новейшее время — тектоническому режиму и формированию рельефа (геоморфологический признак);

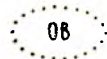


Участки выделяются по петрографическим типам пород и развитию современных геологических процессов

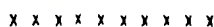
B. Инженерно-геологические явления — наблюдаемые и прогнозируемые: Мульды проседания в пределах полей сдвижения горных пород из-за: (коричневый цвет)



обрушения кровли подземных выработок;



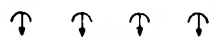
откачки воды или нефти



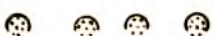
Переработка берегов водохранилищ:
интенсивная (красный цвет)



слабая (красный цвет)



с развитием оползней и осовов (красный цвет)



с развитием осыпей и малых обвалов (красный цвет)



щели размыва по трещинам (красный цвет)



отмыв в глинистых породах (красный цвет)



растворение (красный цвет)



лиши абразионные (красный цвет)



Возможные размеры переработки в метрах по поперечникам (красный цвет)



Участки подтопления в результате подпора грунтовых вод после создания водохранилища (коричневый цвет)

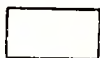


Участки интенсивной фильтрации и развития процессов выщелачивания или суффозии (коричневый цвет)

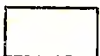
- В. Оценка пригодности территории и массивов пород для строительства, или устойчивости склонов (прогноз обвалов, оползней, селей, карста и т. п. дается на основе сравнительно-геологического метода, расчетов и моделирования, обычно по 3-м степеням)



1 — неустойчивые, опасные или непригодные для данного строительства (розово-красный фон)



2 — потенциально опасные, условно-устойчивые и относительно пригодные (желто-коричневый фон)



3 — устойчивые и пригодные (оливково-зеленый фон)

- Г. Характеристика микросейсмических условий территории — показываются по данным микросейсмического районирования (инструкция 1963 г.), согласно которой для отдельных участков сила землетрясений может быть по сравнению со средней балльностью района: (показываются лиловым цветом)



уменьшена на один балл



увеличена на один-два балла

VI. Геологические границы, фактический материал и прочие обозначения



Границы геологические;



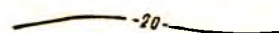
стратиграфические;



литологические и геоморфологические;



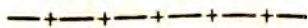
предполагаемые;



погребенные

Изолинии мощности четвертичных отложений и мощность их в метрах в отдельных пунктах (темно-желтый цвет)

(36)



Границы развития многолетне-мерзлых пород (фиолетовый цвет)



Нормальный подпорный горизонт водохранилища и его отметка (лиловый цвет)

Фактический материал и прочие обозначения

 821	Обнажения (опорные), их номера
 21	Геоморфологические точки (опорные), их номера
 $\frac{20}{281,0}$	Скважина, ее номер, отметка устья
 $\frac{17}{800,0}$	Шурф, его номер, отметка устья
 $\frac{8}{920,0}$	Шахта, ее номер, отметка устья
 $\frac{21}{925,0}$	Штольня, ее номер, отметка устья
 17	Расчистки, их номера
 $\frac{22}{80}$	Колодцы, их номера, глубина до воды в м

Примечание. Голубая закраска внутри знака выработки указывает на вскрытые подземные воды

 Линии инженерно-геологических разрезов и их номера

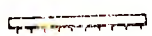
 Репер для геодезических наблюдений, его номер, направление и величина перемещения (в масштабе)

 13 Точки сейсмического зондирования, их номера

 10 Точки электрического зондирования, их номера

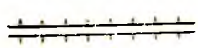
 а)  б) Плотины: арочные (а); гравитационные (б)

 Дренажные галереи и смотровые колодцы

 Волноотбойные и подпорные стены

 Ливневоды
Примечание. Деформированность сооружений отмечается немасштабным знаком — тонкой ломаной красной линией

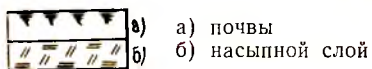
 Карьеры и выемки

 Ирригационные каналы

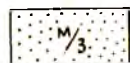
 Осушительные каналы

Условные обозначения к инженерно-геологическим разрезам

I. Осадочные породы



Торф и болотно-торфянистые отложения

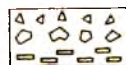


Пески

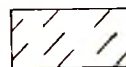
Примечание. Зернистость песков дополняется индексом: т/з — для тонкозернистых; м/з — для мелкозернистых; с/з — для среднезернистых; к/з — для крупнозернистых; р/з — для разнозернистых



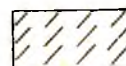
Галька и гравий



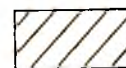
Щебенка, глыбы и плиты



Супеси легкие



Супеси тяжелые



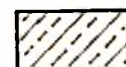
Суглинки легкие и средние



Суглинки тяжелые



Суглинки пылеватые



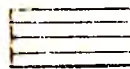
Частое переслаивание суглинка и супеси



Частое переслаивание песка и супеси



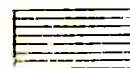
Глины песчаные



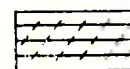
Глины жирные



Частое переслаивание песка и глины



Глина плотная и аргиллиты



Алевролиты



Песчаники



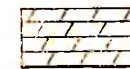
Известняки



Доломиты



Мел



Мергели



Доломитизированные известняки



Доломитовая мука



Гипсы



Опоки



Переслаивание глины, горючих сланцев и углей



Илы



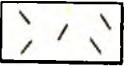
Глинистость



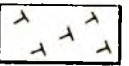
Пылеватость



Слюдистость



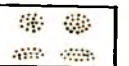
Известковистость



Окремнение



Растительные остатки



Гнезда и мелкие линзы песков



Гнезда и включения гипса



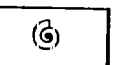
Конкреции:

Примечание. Состав конкреций указывается в подписях к знакам



а) кавернозность
б) карстовые пустоты

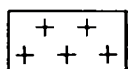
а) б)



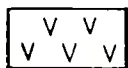
Фауна (в местах нахождения)



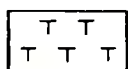
II. Магматические и метаморфические породы



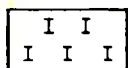
Граниты



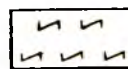
Снениты



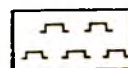
Диориты



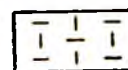
Габбро-перидотиты



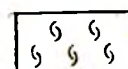
Порфиры, кератофиры, липариты



Диабазы, базальты



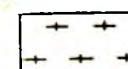
Туфы



Лавы стекловатые; пемза



Жильные породы — кварцевые, аплиты и др.



Гнейсы



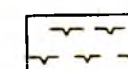
Метаморфические сланцы, филаиты



Серпентиниты



Мрамор



Роговики, яшмы



Тектоническая трещиноватость (красным цветом)

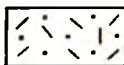


Тектонические зоны и разрывы с дроблением, брекчией и глиной трения (красным цветом)

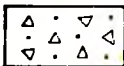


Зоны мylonитизации

III. Выветрелость пород (зеленым цветом)



A Характеристика пород разных горизонтов дается в подписи к знакам
Горизонт А



Б

Б



В

В



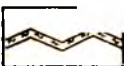
Г

Г

(по отдельным первичным трещинам)



о отпора, раскрытые,
(зеленым цветом)



перемятия и дробления пород

IV. Особые знаки

Геологические границы:



стратиграфические



литологические

Примечание. Предполагаемые границы показываются пунктиром

Выработки, влажность пород,
отметки слоев и уровней воды



Появление и величина напора подземных вод (синий цвет)

Примечание. Отметки основных слоев и забоя скважины даются справа; отметка воды — слева
Место взятия:

а) образца

б) монолита породы

Показатели свойств пород (наносятся на инженерно-геологические разрезы в виде обобщенных значений или выборочно) общая минерализация подземных вод, мг/л;

коэффициент фильтрации, м/сут;

ристость породы, %;

естественная влажность, %;

угол сдвига при естественной влажности и природном давлении;

удельный дебит по откачке, л/сек;

удельное водопоглощение, л/мин;

содержание фракций $>0,10$ мм или $<0,005$ мм, %;

Модуль деформации по опытам со штампами, т/см²;

Динамический модуль упругости в т/см²

М-450
КФ-11,5
П-50
W-23
 Ψ_p-15°
Q.-15

Q_н

Г_p-10

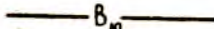
E_s-80

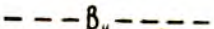
E_d-300

Примечания. 1. Показ на разрезах свойств пород не должен перегружать чертежа,
2. Коэффициенты фильтрации и удельное водопоглощение на разрезе показывается в виде эпюр в масштабе.

V. Прогноз подтопления и переработки берегов водохранилищ и других инженерно-геологических явлений

Переработка

 Предполагаемый профиль переработки берега за 10 лет (красным цветом)

 Предполагаемый профиль переработки берега в конечной стадии (красным цветом)

Уровень подземных вод после подпора через:

 а) 10 лет (синим цветом)

 б) 50 лет (синим цветом)

 в) в конечную стадию (фиолетовым цветом)



Зона деформированных пород в основании сооружения (оранжевый цвет)



Зона сдвижения пород при обрушении кровли подземных выработок, откачек воды или нефти (оранжевый цвет)

VI. Таблицы к разрезам

В зависимости от характера пород района, вида строительства и стадии исследований на разрезе даются:

а) таблица состава и инженерно-геологических свойств пород;

б) таблицы гидрогеологических данных;

в) химизм и иные показатели подземных вод и другие таблицы

Примечание. На разрезах можно дать другие таблицы, характеризующие инженерно-геологические явления, оценку пород и т. п.

Схема генетического расчленения новейших континентальных отложений
(по Е. В. Шанцеру* с дополнениями)

Парагенетические ряды и генетические типы		Возраст				
		современные (голоценовые) Q ₀	верхнечетвер- тинные (верх- неплейстоце- новые) Q ₃	среднечетвер- тинные (сред- неплейстоце- новые) Q ₂	нижнечетвер- тинные (ниж- неплейстоце- новые) Q ₁	плистоценовые N ₂
I. Элювиальный	Почвы элювиальные с подраз- делением на горизонты А Б по степени разрушения В Г	pdQ ₄ e _A Q ₄ e _B Q ₄ e _B Q ₄ e _Г Q ₄	pdQ ₃ eQ ₃			
II. Склоновый (коллювиаль- ный)	Делювиальные	dQ ₄	dQ ₃			
	Обвальные (дерупций)	drQ ₄	drQ ₃			
	Осыпные (десперсий)	dsQ ₄	dsQ ₃			
	Оползневые (деляпсий)	dpQ ₄	dpQ ₃			
	Солифлюкционные (дефлюк- ции и солифлюкции)	dfQ ₄	dtQ ₃			
	Десерпционные	dcQ ₄	dcQ ₃			
III. Водный (ак- вальный)	Аллювий равнинных рек, гор- ных рек, овражно-балочный	aQ ₄	aQ ₃			
	Пролувиальные Озерные	pQ ₄ lQ ₄	pQ ₃ lQ ₃			
IV. Ледниковый (гляциальный)	Моренные	gQ ₄	gQ ₃			
	Флювиогляциальные	fQ ₄	fQ ₃			
	Озерно-ледниковые	lgQ ₄	lgQ ₃			
	Перигляциальные	—	pgQ ₃			
V. Подземновод- ный (субтер- ральный)	Остаточные Обвальные Водномеханические Хемогенные Гидрогенные (отложения источников)	hQ ₄	hQ ₃			
VI. Ветровой (эоловый)	Эоловые лессы (суперфляци- онные)	elQ ₄	elQ ₃			
	Эоловые пески (перфляцион- ные)	elQ ₄	elQ ₃			
VII. Мерзлотный (криогенный)	Криогенные нерасчлененные Таберальные	kQ ₄ tbQ ₄	kQ ₃ tbQ ₃			
VIII. Техногенный	Отвалы Подземного сдвижения Ирригационные Смешанные	tQ ₄				

* Е. В. Шанцер. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М., «Наука», 1966.

Примечания: 1. Отложения среднечетвертичные, нижнечетвертичные и плиоценовые обозначаются возрастными индексами Q_2 , Q_1 , N_2 и соответствующим генетическим индексом.

2. В пределах каждого подотдела четвертичной системы, при соответствующей изученности, отложения нужно подразделить более подробно (например, верхнечетвертичный аллювий террас низкого aQ_3^3 , среднего aQ_3^2 и высокого уровней aQ_3^1 и т. д.).

3. Каждый генетический тип отложений (аллювиальные равнинных или горных рек, делювиальные, оползневые и др.) по возможности надо расчленять на фациальные подтипы, обозначаемые дополнительным индексом (например, старичная фация аллювия— $a_{st} Q_3$ и т. п.).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

См. вкладку.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

См. вкладку.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ГРАФИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД И РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕЩИНОВАТОСТИ

Графические способы обработки результатов полевого картирования трещин применяются для выяснения закономерностей в распределении и ориентировке трещин в горных породах. Первичной формой систематизации полевых данных являются таблицы трещиноватости, в которых

Таблица 8-4

Результаты изучения трещин в обнажении
(площадка 4 м²)

№ трещин	Генетический тип	Элементы залегания			Протяженность, м	Ширина, мм	Выполнение	Характер поверхности стенок	Примечание (прослеженная глубина, характер выклинивания)
		угол падения	азимут падения	азимут простирания					
1	напластования	32	325	235	2,5	1	открытая	шероховатые	выдержана по простиранию
2	»	49	315	295	2,0	1,5	»	»	»
3	»	37	304	214	0,8	3	»	»	»
4	»	41	322	232	2,2	1	кальцит	»	»
5	»	45	338	248	1,6	2	открытая	»	»
6	тектонические	30	121	31	0,4	8	»	ступенчатые	извилистая
7	»	42	125	35	1,5	14	кальцит	»	»
8	»	22	151	61	1,2	5	открытая	»	»
9	»	62	200	110	1,8	3	»	гладкие	выдержана по простиранию
10	»	50	242	152	0,9	5	кальцит	»	»
11	»	66	215	125	1,4	2	»	»	»
12	»	56	224	134	1,2	18	открытая	ступенчатые	извилистая
13	»	72	218	128	2,3	12	»	»	»
14	»	68	190	100	0,9	6	»	»	»
15	»	78	212	192	2,4	3	кальцит	»	»

приходятся сведения о генетических типах трещин, элементах залегания, ширине, протяженности, характере выполнения и других характерных признаках (табл. 8-4).

Таблицы служат основой для составления диаграмм трещиноватости. При построении диаграмм трещиноватости необходимо учитывать генезис трещин, их ширину и выполнение.

Лучевая круговая диаграмма трещиноватости (по А. И. Ефимову) составляется на круге с нанесенной градусной сеткой. Трещины на диаграмме изображаются в виде лучей, выходящих из центра круга в направлении, соответствующем их азимуту простираения. Линии простира-

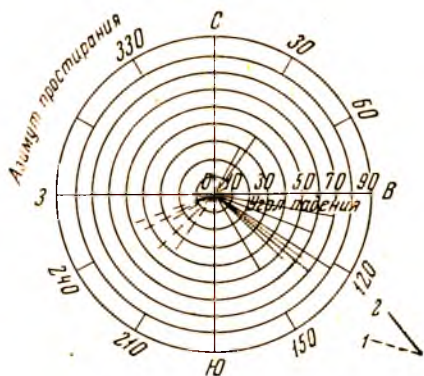


Рис. 8-1. Лучевая круговая диаграмма трещиноватости (по А. И. Ефимову):
трещины: 1 — напластования; 2 — тектонические

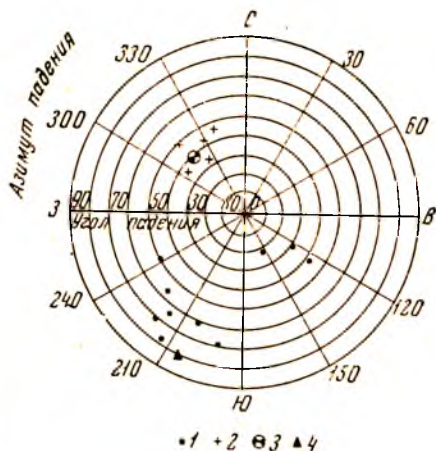


Рис. 8-2. Точечная круговая диаграмма трещиноватости пород:
трещины: 1 — напластования; 2 — тектонические; элементы залегания: 3 — пород; 4 — зон разлома

ния наносятся с таким расчетом, чтобы при прибавлении к азимуту простираения трещин 90° по ходу часовой стрелки получились азимуты их падения. Величина угла падения трещины изображается длиной луча. Вертикальные углы падения соответствуют полной длине радиуса круга. Для удобства вертикальные трещины наносятся лишь в северном полу-круге. Качественные отличия трещин — их генетический тип, ширина, выполнение — показываются цветом луча, штриховкой и т. п. На рис. 8-1 дан пример лучевой диаграммы трещиноватости.

Существуют другие способы построения лучевых круговых диаграмм трещиноватости (Михайлов, 1956).

Точечная круговая диаграмма трещиноватости по содержанию и методике составления аналогична лучевой диаграмме. В отличие от последней замеры трещин на точечной круговой диаграмме наносятся не в виде лучей, а в виде точек, соответствующих азимуту и углу падения трещин. Качественные характеристики трещин могут быть показаны цветом и формой знака (рис. 8-2). Кроме трещин на круговые диаграммы полезно наносить особыми знаками элементы залегания пород, тектонических зон, разломов и т. п.

Лучевые и точечные круговые диаграммы являются графической сводкой данных по замерам трещин, произведенных в одном или нескольких обнажениях.

Для выявления преобладающих направлений простираения трещин наиболее удобны **розы-диаграммы**. При их составлении вычерчивается

полукруг произвольного радиуса, на который наносится градусная сетка с северными румбами. Через произвольно выбранные интервалы (от 2 до 10°) проводятся радиусы — меридианы. В соответствии с выбранным делением все трещины группируются по значениям их азимутов простира- ния и подсчитывается количество трещин, попавших в каждый интервал. Полученные величины наносятся на розу-диаграмму в виде радиусов, направление которых отвечает среднему значению азимута простира- ния для данной группы, а длина пропорциональна количеству трещин. Концы отрезков соединяют прямыми и полученную фигуру заштриховывают (рис. 8-3). Розы-диаграммы дают возможность изучить закономерности ориентировки трещиноватости в массиве горных пород по данным наблю- дений в одном или нескольких обнажениях.

Графики трещиноватости в прямоугольных координатах отличаются от роз-диаграмм способом изображения зависимости количества трещин от их положения в пространстве; они менее наглядны (рис. 8-4).

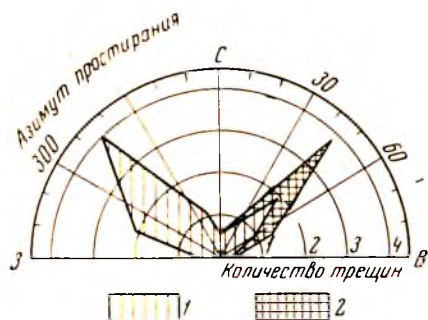


Рис. 8-3. Роза-диаграмма простира- ний трещин: 1 — напластования; 2 — тектонические

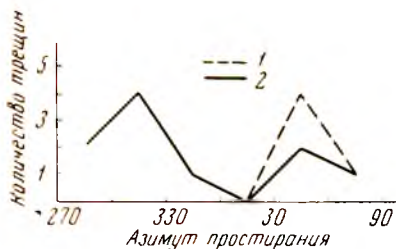


Рис. 8-4. График трещиноватости в прямоугольных координатах: трещины: 1 — напластования; 2 — тектонические

Розы-диаграммы и графики в прямоугольных координатах могут быть использованы для изображения азимутов и углов падения трещин.

Круговые диаграммы в изолиниях применяются для выявления основных систем трещин и их количественного учета. Для построения круговых диаграмм в изолиниях используются различные стереографические сетки (Вульфа, Вальтера-Шмидта, Сухоручкина), представляющие собой проекции полусферы с нанесенными параллелями и меридианами на экваториальную или меридиональную плоскости. Каждая трещина может быть изображена точкой, представляющей собой проекцию точки пересечения нормали плоскости трещины или ее линии падения со сферой на плоскость.

В качестве примера рассмотрим построение круговой диаграммы трещиноватости в изолиниях по способу В. В. Сухоручкина. Она строится на полярной сетке, которая является проекцией на экваториальную плоскость широт и меридианов нижней полусферы и состоит из концентрических окружностей (проекций широт) и радиусов (проекций меридианов), проведенных через одинаковый угловой интервал (5—10°). При построении сетки вычерчивается окружность, в которой через определенное число градусов проводятся радиусы. Концентрические окружности описываются

радиусами, равными расстояниям от точек пересечения радиусов с окружностью до вертикального или горизонтального диаметра (рис. 8-5). Каждая трещина изображается точкой — проекцией на горизонтальную плоскость точки пересечения линии падения плоскости трещин с нижней полусферой. Для построения таких точек от верхнего конца вертикального диаметра (север) по часовой стрелке откладывают азимут падения трещины, а угол падения отсчитывают по кругам от периферии сетки к центру (рис. 8-6).

После того как все трещины будут нанесены на сетку, приступают к подсчету количества трещин, располагающихся в определенных угловых пространственных интервалах. Угловые расстояния между радиусами и кругами, ограничивающими площадки подсчета, зависят от заданной детальности выявления концентрации трещин. На сетке, у которой радиусы и круги проведены через 5° , можно пользоваться 15-градусной площадкой подсчета, на сетке с 10-градусными интервалами — 30-градусной площадкой и т. п.

Площадка подсчета объединяет девять элементарных 5- или 10-гра-

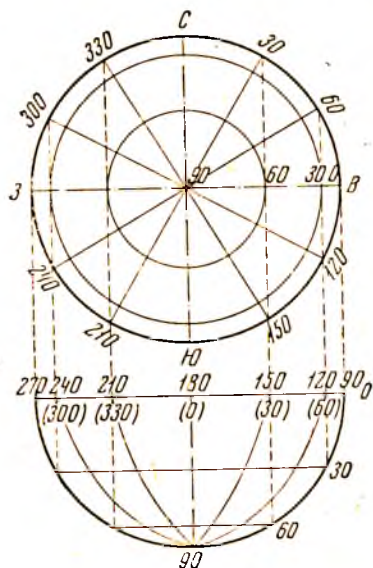


Рис. 8-5. Схема построения полярной сетки.

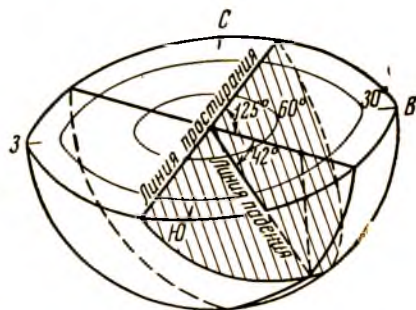


Рис. 8-6. Схема нанесения трещины на полярную сетку. Точка на горизонтальной плоскости соответствует трещине с аз. пд. 125° и $\angle 42^\circ$. Плоскость трещины заштрихована

дусных площадок. Результаты подсчета количества трещин, расположенных в пределах всех девяти площадок, записываются в средней из них. Перемещая площадку подсчета по окружности и по радиусам на величину интервала и каждый раз записывая результаты подсчета количества трещин в средней элементарной площадке, обходят всю сетку (рис. 8-7). В дальнейшем плотность точек выражают в процентах относительно общего количества замеров и проводят изолинии через выбранные интервалы. Пространство между отдельными изолиниями покрывается штриховкой, более плотной в местах концентрации точек. На ориентированную диаграмму наносятся элементы залегания пород, направление тектонических зон, количество нанесенных замеров и величина расстояния между изолиниями (рис. 8-8). Кроме того, на круговых диаграммах в изолиниях показывается направление течения реки, оси плотин и т. д.

Для построения круговых диаграмм используются результаты изучения трещиноватости на значительных по размерам площадях.

Для количественной оценки интенсивности трещиноватости массива горных пород применяется площадной коэффициент трещинной пустотности, предложенный Л. И. Нейштадт (1969). Под коэффициентом трещинной пустотности K_T понимается отношение площади трещин (в любой плоскости) S_T к площади S той площадки, на которой произведено измерение этих трещин, выраженное в процентах:

$$K_T = \frac{S_T}{S} 100\%.$$

В обнажении трещиноватых горных пород выбирается площадка квадратной формы, величина которой определяется характером, размером и густотой трещин. Площадка зарисовывается или фотографируется, а все встреченные в ее пределах трещины нумеруются и описываются (табл. 8-4). Для вычисления площадного коэффициента трещинной пустотности составляется расчетная таблица по предлагаемой форме (табл. 8-5). Все трещины подразделяются по генезису, ширине и характеру выполнения на несколько

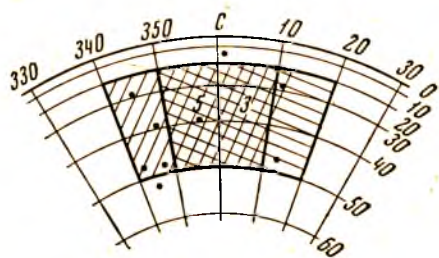


Рис. 8-7. Часть сетки с двумя соседними положениями 30-градусной площадки подсчета

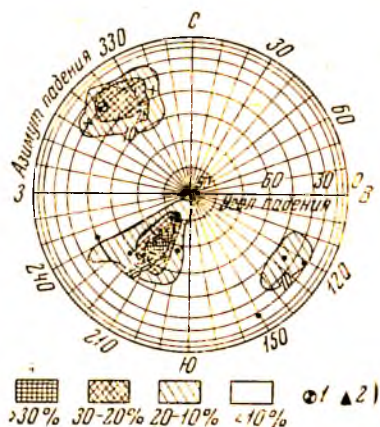


Рис. 8-8. Круговая диаграмма трещиноватости в изолиниях (по В. В. Сухорочкину). Нанесено 15 замеров. Изолинии проведены через 10% трещин:
элементы залегания: 1 — пород, 2 — зоны разлома; на диаграмме видны обе системы трещин: крутопадающие с простиранием 120° и углом падения $60-70^\circ$ и пологие северо-восточного простирания с углом падения $30-45^\circ$

групп, для каждой из которых указывается количество трещин, их средняя ширина и длина. Площади трещин, вычисленные по группам, суммируются, берется отношение (%) общей площади трещин к площади площадки подсчета, что дает площадной коэффициент трещинной пустотности.

Площадной коэффициент трещинной пустотности является приближенной количественной характеристикой интенсивности трещиноватости массива пород. Однако этот способ не дает полного представления о трещиноватости горных пород, так как коэффициентом трещинной пустотности не полностью учитываются такие качественные показатели трещин, как их ширина, протяженность, изменчивость с глубиной, пространственное распределение и т. д., существенно влияющие на общую трещиноватость массива.

Тем не менее коэффициент трещинной пустотности, определенный на площадках разной ориентировки (желательно на взаимно перпендикулярных), может быть использован для классификации горных пород, при этом всегда следует указывать характер трещиноватости массива: например, отдельные крупные трещины или мелкая частая сеть трещин.

**Расчетная таблица для определения площадного коэффициента
трещинной пустотности**

Группы трещин по ширине, мм	<2	2—5	5—10	10—20	20—50	50—100	>100
Количество трещин в группе, n	3	5	4	3	—	—	—
Средняя ширина трещин h , мм	1,17	2,60	6,00	14,70	—	—	—
Средняя длина трещин l , м	2,23	1,60	0,85	1,67	—	—	—
Площадь трещин $S_T = 0,001 \cdot n \cdot h \cdot l$, м ²	$S_1=0,008$	$S_2=0,021$	$S_3=0,020$	$S_4=0,074$	—	—	—

Общая площадь трещин $\Sigma S_T = 0,123$ м².

Площадь площадки подсчета $S = 4$ м².

Коэффициент трещинной пустотности

$$K_T = \frac{\Sigma S_T}{S} \cdot 100\% = 3,08\%.$$

ЛИТЕРАТУРА

- Нейштадт Л. П., Пирогов И. А. Методы инженерно-геологического изучения трещиноватости горных пород. М., «Энергия», 1969.
 Михайлов Л. Е. Полевые методы изучения трещин в горных породах. М., Госгеол-техиздат, 1956.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПОРОД (по методу М. М. Протодяконова, 1964)

Одной из задач инженерно-геологических исследований является оценка прочностных свойств массива трещиноватых горных пород по результатам лабораторных испытаний, проводимых на образцах. Свойства пород в образце отличаются от свойств в массиве, что обусловлено в первую очередь литологической неоднородностью и трещиноватостью горных пород. Следовательно, величины, характеризующие прочностные свойства пород и определенные в лаборатории, лишь приближенно характеризуют свойства пород массива.

Рассмотрим влияние трещиноватости пород на их прочность при испытании образцов различных размеров.

Образцы пород малого размера, как правило, отбираются между трещинами. Образцы без трещин будут иметь максимальную, а с трещинами — минимальную прочность. Средняя прочность очень малых образцов будет высокой, приближающейся к прочности практически нетрещиноватой породы, но разница между показателями максимальной и минимальной прочности отдельных образцов будет значительной (высокий коэффициент вариации прочности относительно их среднего значения).

При увеличении размеров образцов число содержащихся в них трещин возрастает. Максимальная прочность образцов станет меньше, так как вероятность поражений трещинами крупных образцов выше, а их минимальная прочность несколько возрастет в связи с тем, что мел-

кие трещины могут пересекать образец неполностью. Средняя прочность при увеличении размеров образцов будет уменьшаться, но до некоторого минимального предела, который можно принять за величину, приближенно характеризующую прочность массива. Разница между максимальной и минимальной прочностью при увеличении размеров образцов

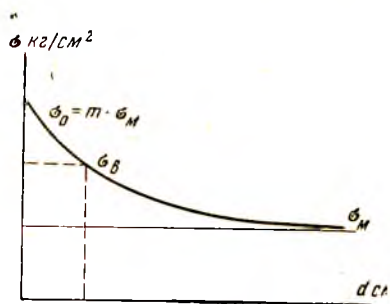


Рис. 8-9. Зависимость прочности породы (σ , кг/см²) от диаметра образцов (d , см)

уменьшается (снижается значение коэффициента вариации), приближаясь к некоторой величине, большей нуля.

Изменение прочности образцов при увеличении их размеров — так называемый масштабный эффект — характеризуется нисходящей вогнутой кривой, асимптотически приближающейся к минимальному значению, которое может быть принято за прочность трещиноватого массива пород (рис. 8-9). Эта зависимость выражается следующим уравнением (смещенной гиперболы):

$$\sigma = \sigma_M \frac{d + mb}{d + b}, \quad (8-1)$$

где σ_M — прочность трещиноватого массива, кг/см²; m — коэффициент, выражающий отношение прочности нетрещиноватой породы к прочности массива; d — диаметр образца, см; b — постоянная трещиноватости, см. При $d \approx 0$ $\sigma_0 = m \sigma_M$, где σ_0 — прочность очень мелких образцов, лишенных трещин. При $d \rightarrow \infty$ $\sigma = \sigma_M$, т. е. прочность очень крупных образцов приближается к прочности массива. При $d = b$ $\sigma = \sigma_M \frac{1 + m}{2} = \frac{\sigma_M + \sigma_0}{2}$,

т. е. параметр b показывает такой размер образца, при котором прочность равна среднему арифметическому между прочностью очень мелких, лишенных трещин образцов и прочностью трещиноватого массива.

Если в породе преобладают частые мелкие трещины, то кривая масштабного эффекта идет круто, что соответствует малой величине параметра b , при крупных, но редких трещинах кривая масштабного эффекта будет более пологой и параметр b большим. Параметр b характеризует преобладание в породе частых мелких или редких крупных трещин.

В уравнении кривой масштабного эффекта имеются три постоянных параметра: σ_M , m и b ; для их определения достаточно иметь три точки кривой, полученные опытным путем. Следовательно, испытав в лаборатории образцы трех размеров d_1 , d_2 , d_3 и получив характеристику их прочности σ_1 , σ_2 , σ_3 , можно получить уравнение кривой масштабного эффекта (8-1), по которому легко рассчитать прочность большого образца, прочность которого принимается равной прочности массива пород.

Необходимо, чтобы опыты были проведены возможно точнее и при широком диапазоне изменения размеров образцов, так как только в этом случае можно ожидать уменьшение прочности образцов при увеличении их размеров.

Явление масштабного эффекта может быть использовано для оценки трещиноватости горных пород. Пользуясь кривыми масштабного эффекта, можно получить оценку прочности пород массива σ_M и показа-

теги трещиноватости b , m этого массива. Влияние масштабного эффекта наиболее велико для сильнотрещиноватых и неоднородных пород.

При лабораторных исследованиях на прочность даже однотипных образцов неизбежен некоторый разброс опытных данных. Выше отмечалось, что особенно большие вариации значения прочности получаются при испытании образцов малых размеров. Поэтому прочность массива пород, определенная по средним значениям, может значительно отличаться от истинной прочности, и всегда необходимо знать возможные отклонения прочности массива от среднего значения.

Разброс опытных данных связан с характером трещиноватости массива пород, условиями отбора образцов и их размерами, точностью лабораторных исследований и т. д. В работе Висмана приводится вывод о связи вариации показателей свойства с размерами проб:

$$S^2 = \frac{A}{V} + B\left(1 - \frac{1}{V}\right), \quad (8-2)$$

где S — коэффициент вариации в долях единицы; V — объем образца, см^3 ; A , B — параметры уравнения. Первая компонента правой части уравнения $\frac{A}{V}$ представляет собой случайную вариацию, которая уменьшается с увеличением объема образца; вторая компонента $B\left(1 - \frac{1}{V}\right)$ отражает вариацию показателя, вызванную неоднородностью свойств породы.

При достаточно больших размерах образца величиной $\frac{1}{V}$ можно пренебречь и пользоваться уравнением

$$S^2 = \frac{A}{V} + B. \quad (8-3)$$

Если определить коэффициенты вариации S_1 и S_2 для двух объемов проб V_1 и V_2 , то, пользуясь уравнением (8-3), можно найти значения констант опробования A и B и степень неоднородности z :

$$A = \frac{V_1 V_2 (S_1^2 - S_2^2)}{V_2 - V_1}; \quad (8-4)$$

$$B = S_2^2 - \frac{A}{V_2}; \quad (8-5)$$

$$z = \sqrt{\frac{B}{A}}, \quad (8-6)$$

причем $z \rightarrow 0$ при равномерном распределении трещин в породе и $z \rightarrow 1$, если сильнотрещиноватые участки будут чередоваться со слаботрещиноватыми.

Из уравнения (8-3) видно, что при неограниченном увеличении объема образца, т. е. применительно к массиву трещиноватых пород, коэффициент вариации показателя прочности, обусловленный неоднородностью породы, стремится к $\sqrt{B}$. Отсюда мы получаем возможность производить приближенную оценку показателя прочности массива горных пород.

Пример. В лаборатории на образцах диаметром $d_1 = 3 \text{ см}$, $d_2 = 8 \text{ см}$, $d_3 = 15 \text{ см}$ определено временное сопротивление породы одно-

осному сжатию, причем среднее значение показателя для образцов диаметром 3 см равно $\sigma_1 = 334 \text{ кг/см}^2$, диаметром 5 см — $\sigma_2 = 286 \text{ кг/см}^2$, диаметром 8 см — $\sigma_3 = 257 \text{ кг/см}^2$.

Вычислим постоянные параметры уравнения кривой масштабного эффекта: σ_m , b и m . Для этого подставим экспериментальные значения $d_1, d_2, d_3, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ в уравнение (8-1) и получим систему трех уравнений с тремя неизвестными:

$$\left. \begin{aligned} 334 &= \sigma_m \frac{3 + mb}{3 + b} \\ 286 &= \sigma_m \frac{8 + mb}{8 + b} \\ 257 &= \sigma_m \frac{15 + mb}{15 + b} \end{aligned} \right\}$$

или

$$\left. \begin{aligned} 1002 + 334b - 3\sigma_m &= \sigma_m mb \\ 2288 + 286b - 8\sigma_m &= \sigma_m mb \\ 3855 + 257b - 15\sigma_m &= \sigma_m mb \end{aligned} \right\}.$$

Приравнивая между собой левые части уравнения и сделав необходимые преобразования, находим:

$$\sigma_m = 200 \text{ кг/см}^2, \quad b = 6 \text{ см}, \quad m = 2.$$

Для решения этой системы уравнений можно также рекомендовать предложенный М. М. Протоद्याконовым (1964) «метод разностей».

Определим коэффициент вариации показателя прочности массива горных пород относительно вычисленного среднего значения $\sigma_m = 200 \text{ кг/см}^2$.

Пусть определение прочности пород производилось на серии образцов диаметром $d_1 = 3 \text{ см}$ и $d_2 = 8 \text{ см}$ и высотой $h_1 = 3 \text{ см}$ и $h_2 = 8 \text{ см}$ и были найдены коэффициенты вариации $S_1 = 0,30$ и $S_2 = 0,20$. Вычислив объемы образцов $V_1 = 21,2 \text{ см}^3$ и $V_2 = 402 \text{ см}^3$ и подставив значения V_1, V_2, S_1, S_2 в формулы (8-4) и (8-5), получим константы $A = 1,12$; $B = 0,0372$ и

$$S^2 = \frac{1,12}{V} + 0,0372.$$

При неограниченном увеличении объема образцов первый член в уравнении стремится к нулю, а значение вариации — к величине $S_{\min} = \sqrt{0,0372} = 0,19$, которая и является коэффициентом вариации прочности массива пород, обусловленным ее неоднородностью и равным в данном случае 19%.

Зная величину коэффициента вариации, можно определить минимальную прочность массива горных пород с любой вероятностью. Так, минимальная прочность массива с вероятностью 95% для данного случая равна 62% от его средней прочности, так как случайные отклонения от средней величины в 95 случаях из 100 не выходят за пределы двух средних квадратичных отклонений и т. д.

Степень неоднородности породы в данном случае невелика ($z = 0,182$) и свидетельствует о равномерном распределении трещиноватости в породе.

Применение рассмотренного метода учета трещиноватости при оценке прочности массива пород справедливо в том случае, если качественные характеристики трещин в малых и крупных образцах и в массиве одинаковы.

- Протоdjаконов М. М., Кайфман М. И. О проявлении масштабного эффекта в горных породах и углях. «Тр. сов. Международного бюро по механике горных пород». Лейпциг, 1963.
- Протоdjаконов М. М., Чирков С. Е. Трещиноватость и прочность горных пород в массиве. М., «Наука», 1964.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

УКАЗАНИЯ ПО ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ОПЫТНЫХ НАГНЕТАНИЙ В СКВАЖИНЫ (по Н. И. Биндеману, 1955)

Опытные нагнетания в скважины производятся для получения относительной характеристики трещиноватости горных пород, выражаемой удельным водопоглощением. Данные опытных нагнетаний используются также для расчетов коэффициента фильтрации, однако этот метод определения менее надежен, чем откачки, так как при нагнетаниях, производящихся обычно при больших давлениях, может происходить колыматация трещин и возникать турбулентный режим.

Приведенным расходом воды Q_0 при опытном нагнетании ее в скважину называется расход воды в л/мин, разделенный на длину опробуемого интервала, выраженную в метрах.

Удельным водопоглощением q называется приведенный расход при напоре воды 1 м над свободным или пьезометрическим уровнем подземных вод.

Для определения q должно быть произведено не менее трех нагнетаний с различными напорами H .

Расчет q производится по одному из следующих методов.

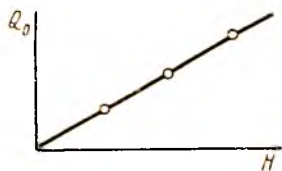


Рис. 8-10. Зависимость расхода от напора (прямолинейная)

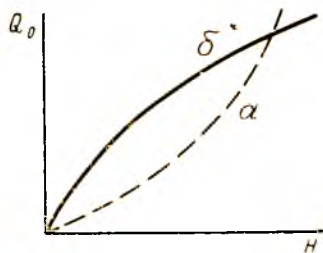


Рис. 8-11. Зависимость расхода от напора (общий случай)

Если зависимость приведенного расхода Q_0 от напора выражается прямой линией (рис. 8-10), то

$$q = \frac{Q_0'}{H'}, \quad (8-7)$$

где Q_0' — расход нагнетаемой воды при напоре H' (q может быть вычислен при любом значении H').

Если зависимость $Q_0 = f(H)$ криволинейна, причем кривая обращена выпуклостью вниз, то опыт дефектен (рис. 8-11, кривая а).

Если кривая обращена выпуклостью вверх (рис. 8-11, кривая б), то необходимо построить вспомогательные графики — анаморфозы кривой

в прямую линию (рис. 8-12, 8-13, 8-14) и сделать расчет q по той формуле, применительно к которой эта анаморфоза будет наилучшей.

а) Параболическая зависимость. По оси абсцисс отложить Q_0 , по оси ординат $H_0 = \frac{H}{Q_0}$ (рис. 8-12). Если $H_0 = f(Q_0)$ выражается прямой линией, то

$$q = \frac{\sqrt{a^2 + 4b} - a}{2b} \quad (8-8)$$

Параметр a равен значению начальной ординаты.

Параметр b выражается:

$$b = \frac{H'_0 - a}{Q'_0}, \quad (8-9)$$

где H'_0 и Q'_0 — координаты произвольно взятой точки на прямой.

б) Степенная зависимость. По оси абсцисс откладывается $\lg H$, по оси ординат $\lg Q_0$. Если $\lg Q_0 = f(\lg H)$ — прямая линия, то зна-

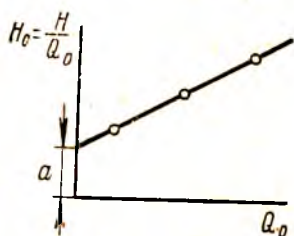


Рис. 8-12. Параболическая зависимость расхода от напора

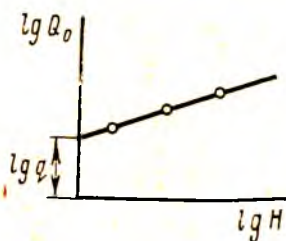


Рис. 8-13. Степенная зависимость расхода от напора

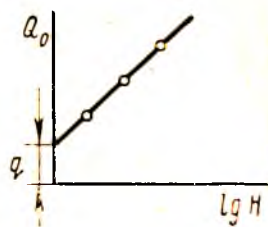


Рис. 8-14. Логарифмическая зависимость расхода от напора

чение $\lg q$ определяется ординатой точки пересечения прямой с осью $\lg Q_0$ (рис. 8-13).

Необходимо соблюдение дополнительного условия:

$$1 < \frac{\lg H'}{\lg Q'_0 - \lg q} \leq 2, \quad (8-10)$$

где $\lg H'$ и $\lg Q'_0$ — координаты произвольно взятой точки на прямой.

в) Логарифмическая зависимость (формула М. Е. Альтовского). По оси абсцисс откладываются $\lg H$, на оси ординат — Q_0 . Значение удельного водопоглощения определяется ординатой точки пересечения прямой с осью Q_0 (рис. 8-14).

Коэффициент фильтрации по данным опытных нагнетаний определяется по формуле

$$K = 0,525q \lg \frac{0,66l_0}{r_0}, \quad (8-11)$$

где K в м/сут; q в л/мин, r_0 — радиус скважины в метрах; l_0 — длина опробуемого интервала, м.

При обычно применяемых длинах интервалов опытных нагнетаний и радиусах скважин приближенно

$$K \approx 2q. \quad (8-12)$$

Инструкция и методические указания по определению водопроницаемости горных пород методом опытных нагнетаний в скважины. И-39-67. М., «Энергия», 1968.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНЫХ СКЛОНОВ И ИСКУССТВЕННЫХ ОТКОСОВ

Для оценки и прогноза устойчивости природных склонов и откосов искусственных сооружений (карьеров, дорожных выемок и т. п.) в практике инженерно-геологических изысканий применяется ряд методов, наиболее распространенными из которых являются следующие.

Метод поверочного расчета применим для оценки устойчивости существующего или проектируемого откоса, имеющего однородное строение. Метод основан на предположении, что поверхность оползания

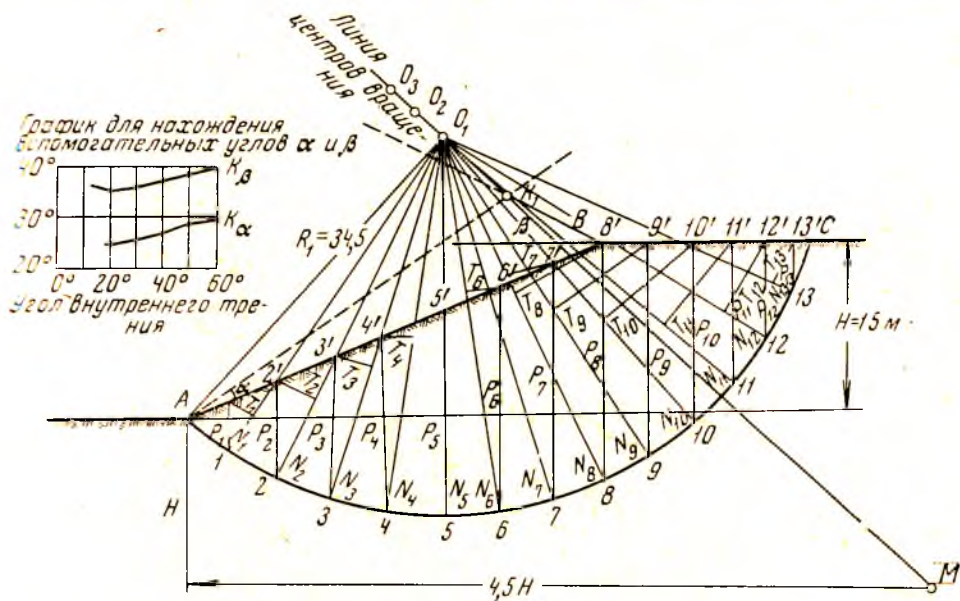


Рис. 8-15. Поверочный метод расчета устойчивости откоса (круглоцилиндрическая поверхность смещения)

является круглоцилиндрической. Примеры расчетов приведены в работах Ф. П. Саваренского, Н. Н. Маслова и др. Н. Н. Масловым предложен удобный графоаналитический прием поверочного расчета, который выполняется следующим образом.

1. Вычерчивается профиль оцениваемого откоса и определяется линия центров вращения (точек O), из которых проводится несколько вероятных цилиндрических поверхностей скольжения (дуга круга с радиусом R). Путем серии расчетов устанавливается наиболее опасное сечение, при котором коэффициент устойчивости будет наименьшим.

2. Линия центров вращения определяется по способу, указанному на рис. 8-15. Из подошвы откоса (точка A) опускают перпендикуляр длиной, равной высоте откоса H , и затем откладывают вправо (в глубь откоса) $4,5 H$ и определяют точку M . Из точек A (подошва откоса) и B

(бровка откоса) откладывают две вспомогательные линии под углами α и β , пересечение которых даст точку K . Величины углов α и β определяют из графика на рис. 8-15 в зависимости от угла внутреннего трения φ .

Соединяя точки K и M , получаем линию центров вращения, на которой выбираются точки O_1 ; O_2 ; O_3 и т. д.

Из каждой такой точки приводятся радиусами R_1 , R_2 и т. д. поверхности скольжения, по отношению к которым определяется коэффициент устойчивости отсеченной части массива откоса. На рис. 8-15 показана возможная поверхность скольжения с радиусом $R=34,5$ м.

3. Кривая поверхности скольжения делится на некоторое число частей — в нашем случае на 14 частей, которые могут быть и не равны между собой. Из центра O , через точки 1, 2, 3 ... 13 проводятся радиусы ($O-1$; $O-2$ и т. д.).

4. Из каждой точки на поверхности скольжения (1, 2, 3 ... 13) проводятся вертикальные линии P_1 , P_2 ... P_{13} до пересечения с линией откоса (ABC). Точки пересечения обозначены соответственно $1'$, $2'$, $3'$, ... $13'$.

Из точек 1, 2, 3 ... 13 на соответствующие им радиусы ($O-1$, $O-2$... $O-13$) опускаются перпендикуляры — T_1 , T_2 ... T_{13} . Величины этих перпендикуляров T_1 , T_2 ... T_{13} в масштабе сил изображают действующую в данном блоке сдвигающую силу.

5. Линии T_1 , T_2 ... T_{13} на радиусах $O-1$, $O-2$... $O-13$ отсекают отрезки N_1 , N_2 , ... N_{13} , которые в масштабе сил представляют собой величину нормальных напряжений, действующих в соответствующих блоках.

Необходимо отметить, что векторы N_1 , N_2 ... N_{13} , как это и следует для нормальных напряжений, для всех блоков имеют один и тот же положительный знак. Отрезки T_1 , T_2 ... T_{13} в зависимости от положения блоков по отношению к вертикали (в нашем случае линии $O-5$) имеют различные направления, свидетельствующие тем самым, что для блоков, расположенных вправо от этой вертикали, сдвигающие усилия действуют в сторону откоса, между тем как для блоков, расположенных влево от вертикали, сдвигающие усилия действуют в обратную сторону, т. е. в глубь откоса. Таким образом, результирующее сдвигающее усилие, действующее на весь массив откоса, определяется как алгебраическая сумма сдвигающих усилий, действующих на отдельные блоки, расположенные справа и слева от осевой линии.

6. Для нахождения величин, действующих на весь откос, нормальных и сдвигающих усилий, на рис. 8-16 выполняется следующее построение.

Для каждой точки на кривой поверхности скольжения (точки 1, 2, 3 ... 13) по вертикали откладываются величины $N-1$, 2, 3 ... 13 и $T-1$, 2, 3 ... 13. Эти величины берутся по рис. 8-15. Для построения площади нормальных напряжений величины N_1 , N_2 ... N_3 откладываются вверх от линии поверхностей скольжения T .

Значения сдвигающих усилий T в зависимости от знака откладываются или вверх (положительные — в нашем примере T_6 , T_7 , T_8 ... T_{13}) или вниз (отрицательные — в нашем примере T_1 , T_2 , T_3 и T_4).

Полученные таким образом точки ($1'$, $2'$... , а также $1''$, $2''$, $3''$...) соединяются плавными кривыми линиями.

Таким образом, получаются площади $F_1(N)$ (на рис. 8-16 заштрихованные косой штриховкой снизу слева направо и вверх) и $F_2(T)$ и $F_3(T)$ (на рис. 8-16 заштрихованные косой штриховкой обратного по сравнению с площадью $F_1(N)$ направления).

Величины этих площадей дают нам в масштабе чертежа значения сумм нормальных напряжений N и алгебраическую сумму сдвигающих

сил, действующих в данном откосе, при объемном весе грунта, равном единице ($\Delta = 1 \text{ т/м}^3$).

Для любого другого значения объемного веса породы во влажном состоянии суммы напряжений могут быть подсчитаны по формулам:

$$\Sigma N = F \Delta_1,$$

$$\Sigma T = [F_2 + (-F_3)] \Delta_1, \quad (8-13)$$

где Δ_1 — фактический объемный вес влажной породы.

7. Определив указанным путем значения сумм нормальных (ΣN) и сдвигающих (ΣT) напряжений, подсчитываем величину коэффициента

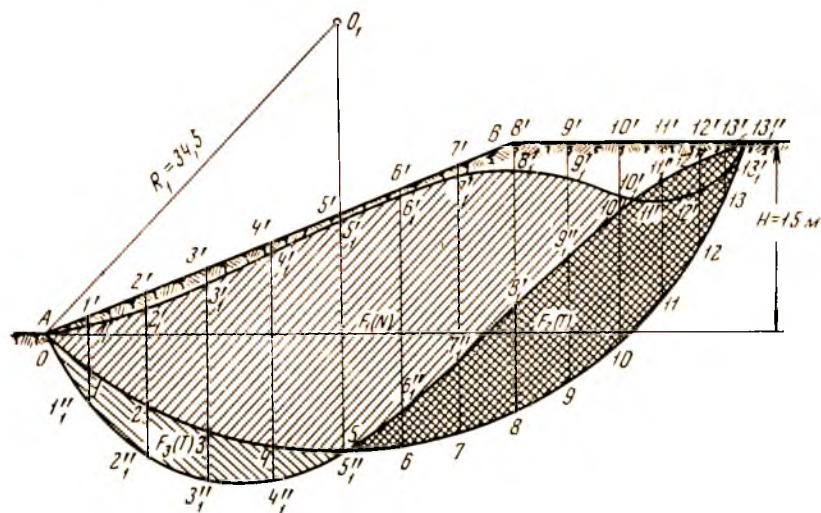


Рис. 8-16. Прием расчета устойчивости откоса с круглоцилиндрической поверхностью оползания:

коэффициент устойчивости $\eta = \frac{R \operatorname{tg} \varphi \cdot \Sigma N + CLR}{\Sigma TR}$; исходные расчетные

данные: трение $\varphi = 15^\circ$, сцепление $c = 1,0 \text{ т/м}^2$, высота откоса $H = 15 \text{ м}$, объемный вес грунта $\Delta = 2,0 \text{ т/м}^3$; $F_1 = 725,4 \text{ т}$, $F_2 = 226,8 \text{ т}$, $F_3 = 58,5 \text{ т}$; $\Sigma N = F_1 \times \Delta = 725,4 \times 2 = 1450,8 \text{ т}$; $\Sigma T = (F_2 - F_3) \cdot \Delta = (226,8 - 58,5) \times 2 = 168,3 \times 2 = 336 \text{ т}$

коэффициента устойчивости откоса по формуле для данного метода расчета на основании уравнения моментов по отношению к точке вращения Q_1 :

$$n = \frac{\operatorname{tg} \varphi \Sigma N + cL}{\Sigma T}, \quad (8-14)$$

где φ — угол внутреннего трения; c — сцепление, т/м^2 , L — длина линии скольжения, м . Величина R сокращается.

В нашем числовом примере при заложении откоса $1:2\frac{1}{2}$, высоте откоса $H = 15,0 \text{ м}$ и показателях сопротивления сдвигу $c = 1,0 \text{ т/м}^2$ и $\varphi = 8^\circ$ и объемном весе $\Delta = 2,0 \text{ т/м}^3$, имеем: $\operatorname{tg} \varphi = 0,141$; $\Sigma N_m = 1450,8$; $c, \text{ т/м}^2 = 1,0$; $L_m = 69,15$; $\Sigma T_m = 336,1$; $n = 0,81$.

Поверочный метод расчета имеет ограниченное применение, так как оползни с круглоцилиндрической поверхностью смещения встречаются в природной обстановке сравнительно редко.

Метод горизонтальных сил, а также его вариант — **метод проекций**, разработанные Н. Н. Масловым¹, позволяют оценивать устойчивость

¹ Н. Н. Маслов. Прикладная механика грунтов. М., Машстройиздат, 1949.

существующего или проектируемого откоса применительно к любой поверхности скольжения, определяемой условиями залегания и свойствами пород.

Метод Г. М. Шахунянца позволяет оценить устойчивость массива пород склона по отношению к поверхности смещения любой формы, установленной разведкой или выбранной каким-либо иным способом². При этом предполагается, что массив может смещаться, как единое це-

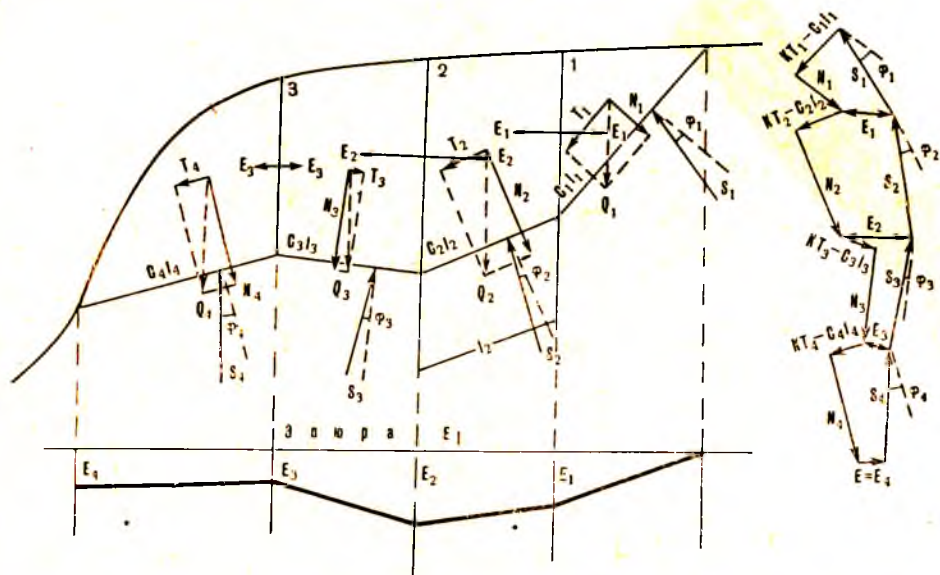


Рис. 8-17. Схема к расчету устойчивости откоса путем построения многоугольника сил по методу Г. М. Шахунянца

лое (гипотеза «затвердевшего клина»). Он позволяет установить, обеспечена ли устойчивость откоса при заданном коэффициенте устойчивости, определить оползневое давление в основании склона, если массив оказался неустойчивым, или установить коэффициент устойчивости откоса. Решение задачи может быть выполнено аналитически или построением многоугольников сил. Последнее решение проще, гарантирует достаточную точность и выполняется в следующем порядке.

1. Вычерчивается профиль оцениваемого откоса и определяется поверхность смещения с учетом геологических условий. Массив, расположенный выше поверхности скольжения, разбивается вертикальными линиями на ряд отсеков. Величина и количество отсеков подбираются в соответствии с геологическим строением, морфологией склона и формой поверхности смещения. В пределах каждого отсека поверхность скольжения принимается плоской (рис. 8-17).

2. На любой выделенный описанным выше образом отсек действуют тангенциальная T_2 и нормальная N_2 составляющие силы Q_2 — веса призмы породы в объеме отсека, а также силы E_1 и E_2 со стороны соседних отсеков; по поверхности возможного смещения отсека действуют реакции со стороны этой поверхности, равные силам сцепления $c_2/2$ и трения $\text{tg } \varphi_2 R_2$, и нормальная реакция R_2 . Равнодействующая сил трения и нормальной реакции поверхности будет равна $S_2 = \sqrt{1 + \text{tg } \varphi_2}$, а угол ее наклона к нормали поверхности смещения составит угол φ_2

² См. Г. М. Шахунянец. Железнодорожный путь. Гл. 3. М., «Транспорт», 1969.

(рис. 8-18). Силами, сдвигающими массив по поверхности оползания, будут тангенциальные составляющие T_i сил Q_i , если они направлены в сторону возможного смещения массива. Все остальные силы являются силами, или непосредственно не влияющими на устойчивость (сила N_i) или сопротивляющимися возможному смещению.

Под коэффициентом устойчивости понимают отношение всех тангенциальных сил $T_{уд}$, сопротивляющихся смещению, ко всем тангенциальным силам $T_{сдв}$, стремящимся вызвать смещение.

Для того чтобы весь массив имел коэффициент устойчивости K , необходимо, чтобы для каждого отсека выполнялось условие

$$T_{уд} - K T_{сдв} = 0.$$

3. При составлении условий равновесия вместо тангенциальной составляющей T_i силы Q_i принимаем величину $K \cdot T_i$, если сила T стремится сдвинуть массив (отсеки 1, 2, 4), и не меняем значения силы T_i , если она сопротивляется смещению (отсек 3).

Сложно определение направлений сил E . Наиболее простым является допущение, что силы E направлены горизонтально. Можно принять угол наклона к горизонту сил E равным углу наклона поверхности возможного смещения в отсеке, в котором находится центр тяжести всего массива.

Если известно направление реакции поддерживающего сооружения, то наклон к горизонту направлений сил E следует брать равным направлению реакции сооружения.

4. Для каждого отсека величина и направление сил N_i , T_i , c_i , l_i и E_{i-1} известны. При этом сила E_{i-1} известна в результате решения задачи для предыдущего отсека, если иметь в виду, что в первом отсеке сила E_{i-1} отсутствует. Величины сил E_i и S_i , заданные своими направлениями, являются неизвестными и находятся в результате построения для каждого отсека многоугольника сил (рис. 8-18). Задача определения оползневое давление в основании склона при заданном коэффициенте устойчивости решается для каждого отсека последовательным построением многоугольников сил, аналогичных показанным на рис. 8-17.

Сила E_{i-1} является общей стороной многоугольников для данного отсека и предыдущего, и при переходе от одного отсека к другому следует лишь менять направление силы E_{i-1} , являющейся реакцией данного отсека на предыдущий, на обратное, так как в этом случае сила E_{i-1} передается от предыдущего отсека на данный. Сила E_i , определенная для последнего отсека, представляет собой полное оползневое давление, которое развивается в основании склона при заданном коэффициенте устойчивости.

Примечание. Если при построении многоугольника сил в каком-то i -том отсеке сила E_i стала равной нулю или приняла отрицательное значение, т. е. исчезла или стала силой сдвигающей вместо поддерживающей (что невозможно, если в грунте не могут возникать растягивающие напряжения), то это показывает, что часть массива от начала и до границы где-то внутри данного отсека имеет не только заданный коэффициент устойчивости, но даже избыток. В том случае, когда сила E имеет в i -том отсеке направление в сторону смещения, при построении многоугольника сил для следующего ($i+1$) отсека E_i в этот многоугольник не включается, если растягивающие напряжения не допускаются; при допущении растягивающих напряжений учитывается лишь часть силы E_i , при которой растягивающие напряжения не превосходят допускаемых.

5. Кроме определения оползневое давление, многоугольник сил позволяет определить границы устойчивых участков массива, наилучшее место расположения поддерживающего сооружения, место наиболее

вероятных разрывов массива и возникновения бугров выпирания и т. д. Описанный прием может быть использован и для решения задачи — имеет ли данный массив коэффициент устойчивости K не менее заданного. Массив не будет иметь заданного коэффициента устойчивости K , если сила $E = E_4$, которую надо приложить в конце последнего (в нашем примере четвертого) отсека, чтобы обеспечить массиву этот коэффициент, будет направлена на поддержание массива. Если сила $E = E_4$ будет равной нулю или направлена в сторону возможного смещения массива, то массив имеет фактический коэффициент устойчивости, равный или более заданного.

6. Для определения коэффициента устойчивости K откоса, следует, задаваясь различными значениями K , определить значение E для по-

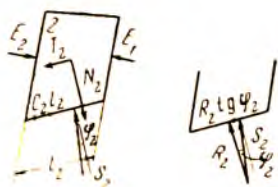


Рис. 8-18. Построение многоугольника сил для одного отсека

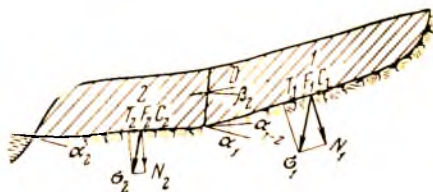
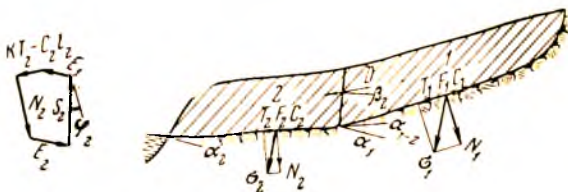


Рис. 8-19. Схема к расчету общей устойчивости оползневого склона по предельному состоянию

следнего отсека путем построения многоугольников сил. По полученным данным строят кривую изменения E (для последнего отсека). Степень устойчивости откоса будет соответствовать такому коэффициенту устойчивости K , при котором $E = 0$, т. е. искомой величиной коэффициента устойчивости будет абсцисса точки пересечения кривой $E = f(K)$ с осью абсцисс K . Для построения кривой $E = f(K)$ следует брать такие значения K , чтобы значение E было как положительным, так и отрицательным.

Метод расчета оползневых склонов по предельному состоянию предложен Л. П. Петровой-Ясюнас¹. Предельным состоянием оползневого массива следует считать такое, при котором незначительное изменение силовых воздействий или характеристик грунтов приводит к потере устойчивости массива или нарушению его прочности.

1. Расчет общей устойчивости склона относительно предполагаемой поверхности смещения ведется по формуле

$$\frac{\Sigma T}{\Sigma T_{пр}} \leq mk, \quad (8-15)$$

где ΣT — сдвигающее усилие, суммарное для всего оползневого массива; $\Sigma T_{пр}$ — суммарное предельное сдвигающее усилие, т. е. усилие, которое может воспринять оползневой массив до начала смещения по склону; k, m — коэффициенты однородности и условий работы.

Например, для оползневого массива, разделенного на два отсека (рис. 8-19), условие (8-15) переписывается в виде

$$\frac{T_1 \cos \alpha_{1-2} + T_2 + D \cos \beta_2}{(F_1 + c_1) \cos \alpha_{1-2} + F_2 + C_2} \leq mk, \quad (8-16)$$

¹ См. Л. П. Петрова-Ясюнас. Методика расчета оползневых склонов по предельным состояниям. «Транспортное строительство», 1962, № 12.

а оползневое давление в подошве без учета гидродинамического давления определяется по формуле

$$E_{\text{оп.полн}} = [T_1 - (F_1 + C_1)] \cos \alpha_{1-2} + T_2 - (F_2 + C_2), \quad (8-17)$$

где T_i — касательная составляющая веса i -того отсека; F_i — сила трения по поверхности i -того отсека; C_i — сила сцепления грунта i -того отсека ($C_i = c_i L_i$, где c_i — удельное сцепление, а L_i — длина следа поверхности скольжения в пределах i -того отсека); D — гидродинамическое давление; α_i — угол наклона следа поверхности скольжения i -того отсека; β_i — угол между направлением гидродинамического давления и следом поверхности скольжения i -того отсека; α_{1-2} — угол, составленный направлениями следов поверхностей скольжения первого и второго отсеков.

В результате такого расчета выявляется необходимость повышения общей устойчивости склона за счет устройства подпорного сооружения и устанавливается суммарное оползневое давление, которое при заданных характеристиках грунтовой толщи должно быть воспринято подпорным сооружением.

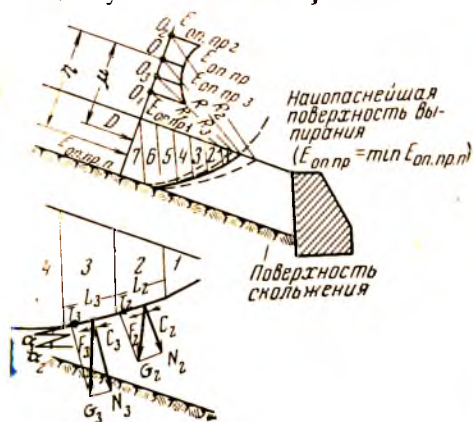


Рис. 8-20. Определение предельного оползневое давления с использованием круглоцилиндрических кривых



Рис. 8-21. Схема к расчету устойчивого откоса в однородной толще по методу М. Н. Тронцкой

2. Расчет прочности оползневой массы следует производить в том случае, когда при общей устойчивости склона, объясняемой, например, наличием естественного или искусственного контрфорса в его основании, под давлением вышележащих масс может произойти разрыв толщи в некотором (например, наиболее слабом) сечении и смещение оползневых масс по некоторой восходящей поверхности в виде бугров выпирания. Этот расчет состоит в проверке условия прочности грунта в любом (в том числе наиболее слабом) сечении оползневой толщи, которое записывается в следующем виде:

$$\frac{Mo_{E_{\text{оп}}}}{Mo_{E_{\text{оп.пр}}}} \leq mK, \quad (8-18)$$

а при наличии гидродинамического давления

$$\frac{Mo_{E_{\text{оп}}} + Mo_D}{Mo_{E_{\text{оп.пр}}}} \leq mK, \quad (8-19)$$

где $E_{\text{оп}}$ — оползневое давление в рассматриваемом сечении оползневой толщи, определяемое последовательным суммированием по отсекам; $E_{\text{оп.пр}}$ — предельное оползневое давление при наиболее опасном положении

нии поверхности выпирания; $Mo_{\text{Еоп}}$, Mo_D , $Mo_{\text{Еоп.пр}}$ — моменты относительно центра вращения O наопаснейшей поверхности выпирания соответственно сил $E_{\text{оп}}$, D и $E_{\text{оп.пр}}$.

Предельное оползневое давление может быть определено графоаналитически с использованием круглоцилиндрических кривых. Величина предельного оползневого давления при n -ном положении поверхности выпирания ($E_{\text{оп.пр } n}$) находится из условий равновесия моментов всех сил относительно центра вращения предполагаемой n -ной поверхности выпирания (рис. 8-20):

$$\sum_{i=K} (T_i + F_i + C_i) R_n - E_{\text{оп.пр } n} \eta - D \mu = 0, \quad (8-20)$$

где K — количество отсеков, на которые расчленяется призма выпирания; R_n — радиус n -й поверхности выпирания; η , μ — расстояния от линии действия соответственно сил $E_{\text{оп.пр } n}$ и D до центра вращения n -ой поверхности выпирания.

Для определения положения центра наопаснейшей поверхности выпирания и величины предельного оползневого давления ($E_{\text{оп.пр}}$), значения предельных оползневых давлений ($E_{\text{оп.пр } n}$), определенные для нескольких (3-4) поверхностей скольжения (рис. 8-20), откладывают на перпендикулярах к радиусу вращения, восстановленных из центров вращения соответствующих круглоцилиндрических кривых. Полученные точки соединяют и ординату минимума огибающей кривой принимают за величину предельного оползневого давления $E_{\text{оп.пр}}$, а точку ее пересечения с направлением линии, соединяющей точки O_1 , O_2 , O_3 , за центр вращения наопаснейшей поверхности выпирания.

Расчеты прочности оползневого массива позволяют определить максимальное суммарное оползневое давление, которое может быть воспринято и передано на сооружение оползневой толщей по условиям ее прочности, и установить количество и места расположения подпорных сооружений, для чего следует использовать эпюру оползневого и гидродинамического давления.

Метод В. В. Соколовского позволяет построить профиль устойчивого откоса в состоянии предельного равновесия. Теория и примеры расчета по этому методу изложены в работе автора «Статика сыпучей среды» (М., Физматгиз, 1960). Недостатками метода, ограничивающими его применение, являются, во-первых, его сложность и, во-вторых, значительное несоответствие, а именно — преувеличение, высот устойчивых откосов, полученных расчетом, по сравнению с наблюдаемым в действительности. Для случая однородной среды в метод В. В. Соколовского Б. А. Бурмейстером внесено значительное упрощение. Расчет и построение профиля устойчивого откоса однородного строения по этому методу приведены во II томе методического руководства «Инженерно-геологические исследования для гидроэнергетического строительства» (М., Госгеолиздат, 1950).

Метод устойчивого откоса (метод Fp) Н. Н. Маслова¹ основан на допущении, что для любой точки поверхности свободного склона угол устойчивого откоса для связного грунта равен углу сопротивления сдвигу породы:

$$\alpha = \psi_p.$$

Метод позволяет построить профиль устойчивого откоса при условии, что откос находится в состоянии предельного равновесия. Метод

¹ См. Н. Н. Маслов. Прикладная механика грунтов. М., Машстройиздат, 1949.

Fr обладает тем недостатком, что построенная по этому методу кривая устойчивого откоса является произвольной, так как зависит от того, на сколько частей разбивается откос при построении. Метод *Fr* может быть применен для оценки существующего откоса (нахождение коэффициента запаса устойчивости) или для проектирования устойчивого откоса с заданным коэффициентом запаса.

Метод М. Н. Троицкой. В 1951 г. М. Н. Троицкая предложила расчетный метод оценки устойчивости откосов на основании рассмотрения условий предельного равновесия свободного откоса. Этот метод лишен некоторых недостатков, свойственных методу *Fr*. Расчет сводится к следующему:

1. По заданной высоте откоса h по формуле $\tau = \Delta h$ определяется расчетное значение τ в т/м^2 .

По экспериментальной кривой сдвига для данного напряжения τ определяется величина угла трения φ и сцепления c или угла сдвига ψ_p .

Кривые сдвига должны быть определены для пород в том состоянии структуры, влажности и плотности, в котором грунт находится в естественных условиях в наиболее неблагоприятный для устойчивости откоса период времени.

2. По уравнениям устойчивости откоса:

$$h = l \operatorname{tg} \varphi + \frac{c}{\Delta} = l \operatorname{tg} \varphi + h_0;$$

$$h = l \operatorname{tg} \psi_p \quad (8-21)$$

рассчитывается заложение откоса l следующим образом (рис. 8-21).

Отложив от начала координат O , помещенного у бровки откоса, по вертикали отрезок OA , равный h_0 (расчет по формуле $h_0 = \frac{c}{\Delta}$), и проведя из точки A прямую под углом φ к горизонту до пересечения с прямой NN' , параллельной оси l и находящейся от нее на расстоянии h , получим точку пересечения B . Точка B будет лежать на кривой искомого откоса. Эту же точку мы получим и в том случае, если согласно уравнению $h = l \operatorname{tg} \psi_p$ проведем от начала координат O прямую под углом ψ_p к горизонту.

Линия AB является касательной к поверхности в точке B , а линия OB — хордой, стягивающей дугу кривой откоса между точками O и B .

Для построения кривой устойчивого откоса в однородной толще в состоянии предельного равновесия надо проделать описанное выше построение для нескольких промежуточных значений высоты откоса. Например, если откос имеет высоту 15 м, то, разделив его по вертикали на 5 частей — $h_1, h_2 \dots$ и т. д., мы получим соответственно точки A_1, A_2 и т. д. и точки B_1, B_2 и т. д. Соединив найденные точки B линиями, мы получим искомую кривую устойчивого откоса.

Построение кривой устойчивого откоса в неоднородной горизонтально-слоистой толще пород решается графическим путем следующим образом (рис. 8-22).

Построив, как описано выше, графики устойчивого откоса для каждого слоя породы в отдельности, надо затем перенести с них на чертеж слоистого массива отрезки поверхностей откоса, соответствующие каждому грунту в том интервале высоты, который соответствует залеганию каждого слоя.

При этом, при построении кривой откоса в пределах верхнего слоя начало координат O_2 на чертеже, соответствующем породе верхнего слоя, и начало координат O на чертеже слоистого массива должны

совпадать. При построении кривой откоса в пределах последующих слоев начало координат O_2 на чертеже, соответствующем нижнему слою, должно смещаться вправо или влево от начала координат O чертежа слоистого массива вдоль оси l на такое расстояние, чтобы концы отрезков кривой в верхнем и нижнем слое совместились. При этом может произойти некоторое уменьшение или увеличение высоты (O_2A_2

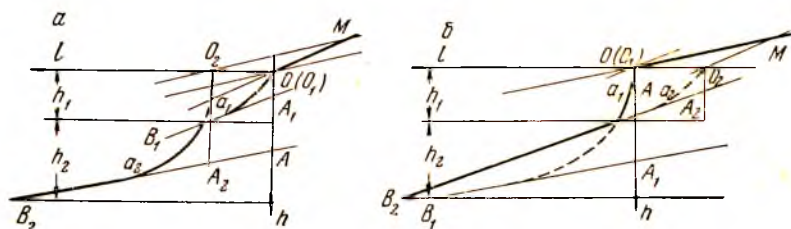


Рис. 8-22. Схемы к расчету устойчивого откоса в слоистой толще по методу М. Н. Троицкой

вместо O_1A_1) верхнего слоя за счет влияния нижнего слоя, которое, однако, как можно видеть на рис. 8-22, является местным, т. е. распространяющимся недалеко от бровки (от точки M).

На рис. 8-22, *а* смещение начала координат O_2 произошло влево от O , т. е. в сторону склона. Это имеет место тогда, когда вышележащему слою породы на данной высоте соответствует менее крутой откос, чем нижележащему. На рис. 8-22, *б* показан обратный случай, когда O_2 сместилось вправо, т. е. в глубь массива, что соответствует более крутому откосу для вышележащего слоя породы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

УКАЗАНИЯ ПО ПРОГНОЗУ ПЕРЕРАБОТКИ БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩ¹

Из многочисленных методов расчета и прогноза переработки берегов водохранилищ в инженерно-геологических изысканиях наиболее широкое применение получили следующие: Н. Е. Кондратьева (Государственный гидрологический институт), опубликованный в нескольких руководствах 1953, 1955 гг. и в СН-92-60; Г. С. Золотарева (геологический факультет МГУ), опубликованный в 1955—1959 гг.; Е. Г. Качугина (институт ВСЕГИНГЕО) в варианте 1959 г.; Е. К. Гречищева (Институт земной коры СО АН СССР), опубликованный в 1961 г.; Л. Б. Розовского (Одесский университет), опубликованный в 1962 г.; Б. А. Пышкина (Институт гидротехники АН УССР), опубликованный в 1954 и 1963 гг. и др.

Методы Е. Г. Качугина, Н. Е. Кондратьева, Б. А. Пышкина и Е. К. Гречищева относятся к группе «энергетических», а методы Г. С. Золотарева и Л. Б. Розовского — к группе сравнительно-геологических (методы аналогий).

Метод Н. Е. Кондратьева (ГГИ). Н. Е. Кондратьев (1953) предложил метод расчета ширины зоны конечной переработки берега, применимый к устойчивым откосам, сложенным песчаными и супесчаными несвязными породами. Расчет переработки береговых склонов со слож-

¹ Составлены Г. С. Золотаревым и Л. И. Олеховой.

ными геологическими и гидрогеологическими условиями по методу Кондратьева не представляется возможным.

Дальнейшие разработки, выполненные Н. Е. Кондратьевым в 1955 и 1960 гг., позволили рекомендовать способ расчета скорости переработки берега на основе учета энергии волны, воздействующей на откосы в рыхлых песчаных и суглинистых породах. Н. Е. Кондратьев условно принимает, что при отсутствии продольного перемещения наносов (двумерная задача) поверхность прибрежной отмели в перпендикулярном к берегу разрезе будет близка по форме пологой части параболы.

Расчет величины переработки береговых склонов водохранилищ, по Н. Е. Кондратьеву, производится в следующем порядке.

Выбор расчетной скорости ветра. Расчет волн, переформирующих береговые склоны, ведется исходя из наибольшей скорости ветра, наблюдающейся в районе водохранилища в течение безледного периода. Ветры исключительной силы, редко наблюдаемые, учитывать не рекомендуется. Вводится поправка на усиление ветра над открытой водной поверхностью. В том случае, когда натурных данных недостаточно, в предварительных расчетах рекомендуется для европейской части СССР принимать расчетную скорость ветра 20 м/сек.

Выбор расчетных створов. По периметру водохранилища намечается ряд створов, расположенных перпендикулярно линии уреза, для которых производится расчет переформирования берега.

На намеченном створе следует выбрать точку, лежащую на некотором расстоянии от береговой линии, для которой производятся волновые расчеты. По Н. Е. Кондратьеву, эта точка должна располагаться на внешнем крае будущей береговой отмели. Без расчета определить положение этой границы невозможно и первоначально приходится намечать положение расчетной точки приблизительно на такой глубине, которая в 3—4 раза превышает высоту ожидаемой волны. Ввиду того что на такой глубине изменение высоты волны проходит медленно, выбранная точка по высоте волны будет характеризовать значительный район, и даже значительное несовпадение в плане намеченной точки и края будущей отмели не приведет к существенной ошибке расчетной высоты волны. Если бы такая ошибка все же была обнаружена, расчет пришлось бы повторить во втором приближении.

Определение расчетной высоты волны проводится по номограммам А. П. Браславского для профилей разных направлений¹. Для этого через точку O_1 , выбранную на расчетном створе (рис. 8-23), проводится ряд лучей (Oa , Ob , Oc и т. д.) в различных направлениях до противоположного берега водоема. Принимая эти лучи за направление разгона волны, строим соответствующие профили водоема и определяем высоту волны в точке O_1 . Значения высоты волны h_n , полученные по различным направлениям разгона, исправляются на угол подхода по формуле

$$h_p = h_n \sqrt{\cos \alpha}, \quad (8-22)$$

где α — угол, образованный линией разгона и нормалью к береговой линии $O_1—O$.

Наибольшее из полученных значений пересчитывается на 15%-ную обеспеченность умножением на переходный коэффициент 0,7. Полученная таким образом величина равна $h_0 = 0,7 h_{p\max}$ и принимается за расчетную высоту волны.

¹ Графики А. П. Браславского приведены в СН-92-60 Госстроя СССР и в книге: Н. Е. Кондратьев. Расчеты ветрового волнения и переформирования берегов водохранилищ. М., Гидрометиздат, 1953.

Определение характеристик береговой отмели. Дальнейший расчет требует знания гранулометрического состава материала, из которого будет образована аккумулятивная часть отмели (рис. 8-24). Для этого следует построить кумулятивную кривую состава. Из расчета следует исключить частицы, диаметр которых меньше 0,05 мм, поскольку такие частицы будут выноситься течением за преде-

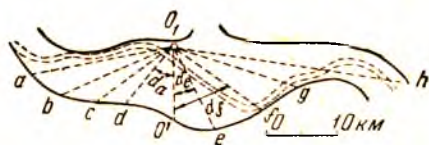


Рис. 8-23. Схема выбора расчетного створа и высоты волны, по Н. Е. Кондратьеву

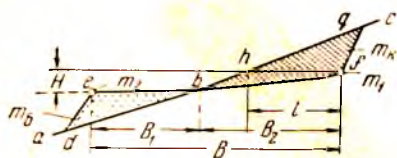


Рис. 8-24. Схема образования береговой отмели, по Н. Е. Кондратьеву: H — глубина на внешнем крае береговой отмели; m_5 — подводный уступ к береговой отмели; m_k — склон надводного берега; b — ширина береговой отмели; l — длина перемещения береговой линии; deb — призма отложений; b/q — призма размыва

лы береговой отмели. Из оставшегося материала следует выделить 30% наиболее мелких частиц и по среднему значению диаметра этих частиц, пользуясь табл. 8-6, определить значения η/d и m_0 .

Выделив подобным образом 10% наиболее крупных частиц, по среднему значению диаметра этих частиц определяем величину m_1 , пользуясь той же табл. 8-6.

Таблица 8-6

Наименование пород	$d, \text{ мм}$	$\frac{\eta}{d} \cdot \frac{1}{M}$	m_1 — уклон пляжа	m_0 — уклон отмели
Ил	0,001—0,01	—	—	—
Пыль	0,01—0,1	100	0,005	0,001
Песок мелкий	0,01—0,25	70	0,03	0,005
Песок средний	0,25—0,5	70	0,07	0,01
Песок крупный	0,5—1,0	70	0,14	0,02
Гравий мелкий	1,0—2,0	45	0,19	0,03
Гравий средний	2,0—5,0	45	0,21	0,05
Гравий крупный	5,0—10	25	0,25	0,08
Галечник мелкий	10—20	11	0,30	0,10
Галечник средний	20—50	6	0,36	0,15
Галечник крупный	50—100	4	0,40	0,2

В тех случаях, когда призма, подверженная действию волн, сложена из материала, в котором частицы крупностью 0,01—0,1 мм преобладают, исключать их из расчета не следует.

Определение высотного положения бровки уступа береговой отмели. Глубина H на внешнем крае береговой отмели определяется по графику (рис. 8-25) по заданным значениям h и η/d .

Расчет ведут при низком горизонте безледного периода, определяя положение его по среднему многолетнему значению.

Если повышение уровня водохранилища приводит к существенному увеличению разгонов волны и расчетной высоты h_0 , следует сделать проверочное определение величины H при других горизонтах и в каче-

стве окончательно принять более вероятное положение края береговой отмели.

Приведем пример определения расчетной волны и глубины бровки береговой отмели, заимствованный у Н. Е. Кондратьева.

Для створа $O'-O$ водоема, схематически изображенного на рис.

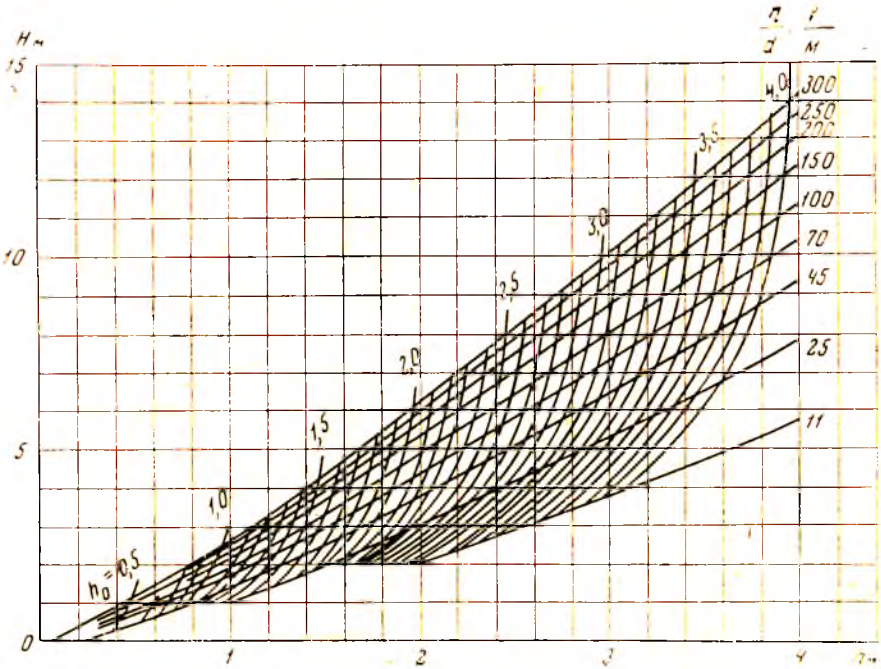


Рис. 8-25. График для определения η/d и угла наклона береговой отмели, по Н. Е. Кондратьеву

8-23, определим высотное положение края береговой отмели при условии, что уровень безлюдного периода имеет отметку 50,0 м. Внешний край отмели формируется из мелких песков, для которых $\eta/d=70$.

Высота волн h , подходящих к точке O с разных направлений, приведена в табл. 8-7 (графа 2). В графе 3 выписаны углы подхода. В графе 4 дана высота h_p , исправленная на угол подхода. В графе 5 сделан пересчет наибольшего из значений h_p на 15%-ную обеспеченность, затем по полученному значению h_0 определена глубина H края береговой отмели.

Таблица 8-7

Направление разгона	h , м	α	h_p , м	h_0 , м	H , м	Отметка края отмели
1	2	3	4	5	6	7
Отметки горизонта воды 500 м						
$a \rightarrow 0$	2,30	$80^{\circ}10'$	0,95	1,40	2,36	47,64
$b \rightarrow 0$	2,18	$67^{\circ}30'$	1,35			
$c \rightarrow 0$	2,16	$55^{\circ}10'$	1,63			
$d \rightarrow 0$	1,98	$41^{\circ}30'$	1,72			
$e' \rightarrow 0$	1,98	$0^{\circ}00'$	1,98			
$l \rightarrow 0$	2,10	$24^{\circ}40'$	2,0			
$f \rightarrow 0$	1,96	$53^{\circ}20'$	1,52			
$g \rightarrow 0$	2,02	$71^{\circ}20'$	1,14			
$h \rightarrow 0$	2,12	$80^{\circ}00'$	0,88			

Построение профиля береговой отмели. Линия профиля береговой отмели строится по уравнению

$$x = \frac{1}{k} y^2 + \frac{1}{m_1} y, \quad (8-23)$$

$$k = \frac{20m_1 m_0}{m_1 - m_0}, \quad (8-24)$$

где m_1 — уклон пляжа у береговой линии (у верхнего края), обусловленный скоплением наиболее крупных фракций; m_0 — уклон отмели у внешнего (нижнего) края, где скопляются мелкие частицы.

Ось x совмещается с положением нормального подпорного горизонта, ось y направляется вертикально вниз.

Ширина береговой отмели определяется по формуле

$$B = 0,05 \frac{m_1 - m_0}{m_1 m_0} H^2 + \frac{H}{m_1}, \quad (8-25)$$

где H — глубина на внешнем крае отмели при нормальном подпорном горизонте.

Построение профиля береговой отмели относительно первоначального берега. По осредненной характеристике гранулометрического состава размываемого берега определяется отношение объема грунта, который пойдет на образование аккумулятивной части береговой отмели (частиц более 0,005 мм), ко всему объему грунта. Это отношение обозначим δ . В тех случаях, когда фракции диаметром меньше 0,05 мм отсутствуют, $\delta = 0$.

В том случае, когда частицы, диаметр которых меньше 0,05 мм, составляют большую часть грунта размываемого берега, расчет следует вести без исключения этих фракций, т. е. следует полагать $\delta = 1$.

Положение профиля береговой отмели относительно профиля первоначального берега определяется путем наложения одного профиля на другой, что осуществляется следующим образом:

а) вычерчивается профиль первоначального берега и на чертеж наносится произвольный горизонт воды, служащий для совмещения профилей;

б) на прозрачной бумаге в том же масштабе вычерчивается профиль береговой отмели, включая ее подводный склон, а также предполагаемый склон надводного берега. На профиль наносится тот же горизонт воды;

в) профиль береговой отмели совмещается с профилем первоначального берега по общему горизонту воды и перемещается по линии этого горизонта до такого положения, при котором отношение площади аккумулятивной призмы (рис. 8-24) и площадь абразионной призмы (b/fq) равны δ .

Тангенс угла наклона уступа береговой отмели рекомендуется брать равным 0,5. Уклон надводного берега должен определяться по геологическим соображениям. Расчетную крутизну надводного берега не следует брать более пологой, чем его крутизна в первоначальном состоянии. Исключением являются оползневые участки, расчет которых следует производить по особым методам.

Метод Е. Г. Качугина (ВСЕГИИГЕО). Этот метод расчета перестроения берегов водохранилищ основан на следующих предположениях:

1) в переработке берега участвуют волны всех высот и общий раз-

Таблица расчета энергии волн у береговых участков водохранилища (пример)

		Направление ветра							
		юго-западный				западный			
		высота зоны по номограмме Браслав- ского, м	продолжи- тельность ветра, сут	энергия волн при данной и продол- житель- ности вет- ра, тм	высота волны по номо- грамме Браслав- ского, м	продолжи- тельность ветра, сут	энергия волн при данной и продол- житель- ности вет- ра, тм	высота волны по номо- грамме Браслав- ского, м	продолжи- тельность ветра, сут
Интервалы скоростей ветра ма- териковой станции по средним наблде- ниям $\bar{v}$, м/сек	Средние скорости ветра $\bar{v}_{ср}$ м/сек	Принятые в расчет скорости ветра с поправкой Браслав- ского $\bar{v}_6$ м/сек $\bar{v}_6 = \bar{v}_{ср} \cdot K$							
0-2	1	1,76	5,8	375	0,1	5,3	375	0,1	5,8
3-5	4	5,96	10,9	2150	0,2	9,1	7000	0,4	10,9
6-8	7	9,1	10,4	8000	0,4	10,5	18125	0,6	10,4
9-11	10	12,0	3,7	4400	0,8	3,6	14000	0,9	3,7
12-14	13	14,82	3,3	5750	1,0	3,3	22000	1,1	3,3
15-17	16	17,6	1,5	4000	1,2	1,3	14250	1,3	1,5
18-20	19	20,9	1,0	4000	1,5	0,9	7700	1,6	1,0
21-23	22	24,2	0,1	625	1,7	0,07	1625	1,8	0,1
Суммарная энергия волн при данном направлении ветра			$e_1 = 29\ 300$			$e_2 = 85\ 100$			$e_3 = 128\ 600$
Угол между линией разгона и берегом			$\alpha_1 = 34^\circ$			$\alpha_2 = 79^\circ$			$\alpha_3 = 56^\circ$
Энергия волн по данному направлению с поправкой на угол подхода к берегу $E_1 = e_1 \sin \alpha_1$			$E_1 = 16\ 400$			$E_2 = 83\ 600$			$E_3 = 106\ 600$
									$e_4 = 57\ 700$
									$\alpha_4 = 11^\circ$
									$E_4 = 11\ 000$
									энергия волн при данной скорости и продолжи- тельности ветра, тм
									высота по номограм- ме Брас- лавского, м
									продол- житель- ность ветра, сут
									энергия волн при данной скорости и продолжи- тельности ветра, тм
									энергия волн при данной скорости и продолжи- тельности ветра, тм

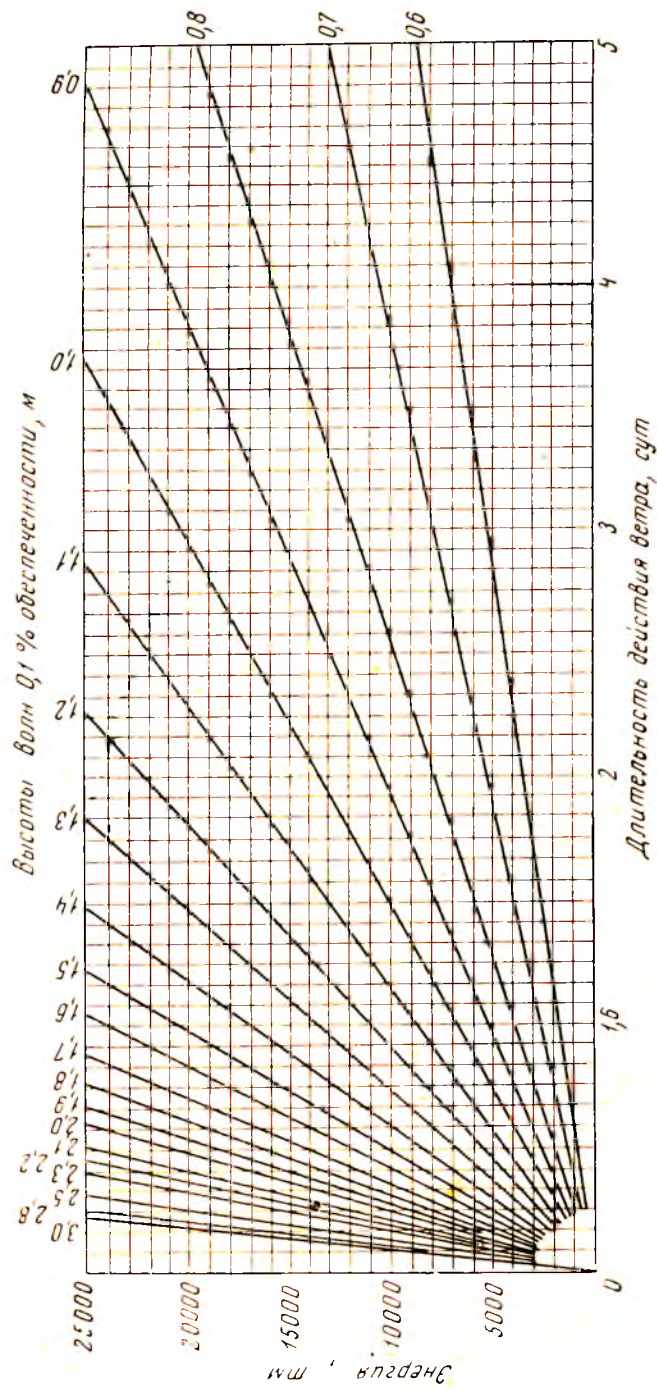


Рис. 8-27. График для определения энергии волнения по длительности действия ветра и высоте волны 0,1%-ной обеспеченности с горизонтальной шкалой на 5 сут

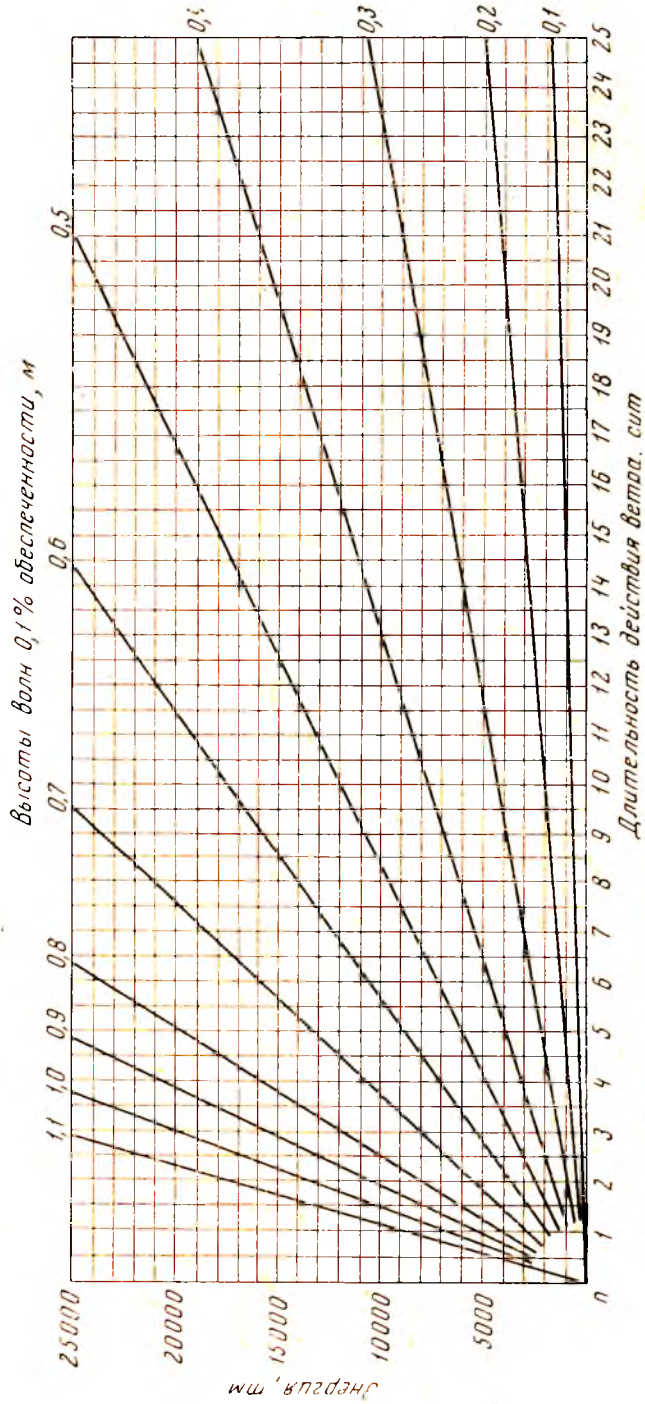


Рис. 8-26. График для определения энергии волнения по длительности действия ветра и высоте волны 0,1%-ной обеспеченности с горизонтальной шкалой на 25 с/ч

мер разрушения (объем размытых пород) пропорционален суммарной энергии волн в данном месте;

2) интенсивность процесса переработки берега: а) затухает во времени и характеризуется кривой параболического вида; б) зависит от сопротивления пород размыву и от высоты берега.

Общая формула размыва берегов высотой более 30 м имеет вид

$$Q = EK_p t^b. \quad (8-26)$$

Для низких берегов вводится коэффициент K_6 , связанный с высотой берега и характеризующий потери энергии волн на отмели; формула для расчета размыва берегов высотой менее 30 м имеет вид

$$Q = EK_p K_6 t^b, \quad (8-27)$$

где Q — объем размытых пород на погонный метр берега, $м^3$, t — время размыва (число сезонов): K_p — коэффициент размываемости пород, $м^3/тм$; E — суммарная энергия волн, $тм$; b — показатель степени (меньше единицы), зависящий от скорости затухания размыва.

Количество размытых пород в первый год заполнения водохранилища, когда нет отмели, в основном зависит от энергии волнения E , размываемости горных пород и высоты берега. У крутых высоких берегов (более 30 м) в первый год почти вся энергия расходуется на размыв уступа. Отношение объема размываемых пород высоких берегов за первый год Q_1 к энергии волнения E_1 за тот же период дает объем размываемой породы в кубических метрах, которое приходится на единицу ($тм$) работы волн. Этот показатель Е. Г. Качугиним назван коэффициентом размываемости пород K_p :

$$K_p = \frac{Q_1}{E_1} \text{ м}^3/тм. \quad (8-28)$$

Расчет энергии волн. Высота волн рассчитывается по методу А. П. Браславского, который рекомендует брать скорость ветра по наблюдениям материковых станций и пересчитывать ее на скорость над открытой водной поверхностью путем умножения на соответствующий коэффициент.

Расчет энергии волнения ведется раздельно для каждого профиля. Зная высоту волны и продолжительность действия ветра в сутках, можно определить по специальным графикам (рис. 8-26 и 8-27) энергию волн. Далее, по каждому направлению подсчитывается сумма энергий волн, которая умножается затем на синус угла между линией берега и направлением движения волн. Этот угол может быть только острым или прямым. Суммарная энергия волн E по этим направлениям принимается за характеристику среднесезонной энергии в данном пункте.

Коэффициент размываемости K_p различных пород определяется по табл. 8-9. В случае сложного строения берега подбирается среднее значение K_p для толщи с учетом каждого слоя.

Коэффициент, учитывающий высоту берега K_6 , установлен эмпирически и численно равен произведению высоты берега на множитель C :

$$K_6 = h_6 C, \quad (8-29)$$

где h_6 — средняя высота берега; C — варьирует от 0,03 для легко размываемых пород до 0,05 для трудно размываемых пород; при высоте берега более 30 м K_6 принимают равным 1.

Сроки переработки t исчисляются числом сезонов, совпадающих со временем эксплуатации водохранилища; обычно расчет ведут для 10, 20, 50, 100 лет.

Коэффициенты размываемости K_p горных пород берегов некоторых водохранилищ

Водохранилище	Геологический индекс	Литологический состав пород	K_p , м/мм
Цимлянское	Pg ₂ tz ₁	глина с прослоями опок	0,00043
Иваньковское	tgI Q ₂	галечник с песком и валунами	0,00046
Рыбинское	gl Q ₂	суглинок плотный с валунами	0,00072
Угличское	gl Q ₃	суглинок плотный с валунами	0,00073
Иваньковское	gl Q ₃	суглинок с валунами, песок среднезернистый	0,00082
Иваньковское	gl Q ₃	суглинок с валунами	0,00086
Истринское	gl Q ₂	пески разнозернистые с гравием и галькой	0,00090
Рыбинское	gl Q ₃ +gl Q ₂	суглинки с валунами, с прослоями песка	0,00096
Клязьминское	gl Q ₃ +al Q ₃	песок среднезернистый, суглинок с валунами	0,00115
Пестовское	d Q ₄	суглинок	0,00119
Иваньковское	gl Q ₂ +al Q ₃	пески среднезернистые и мелкозернистые, суглинки с валунами	0,00120
Истринское	al Q ₂	пески разнозернистые с гравием	0,00124
Пестовское	gl Q ₃ +al Q ₃	пески среднезернистые, глины с валунами	0,00140
Цимлянское	al Q ₁	суглинки и глины с прослоями песка	0,00140
Клязьминское	al Q ₃	песок разнозернистый	0,00155
Иваньковское	al Q ₃ +d Q ₃	песок глинистый	0,00172
Акуловское	al Q ₃	песок крупнозернистый	0,00193
Клязьминское	al Q ₃	песок среднезернистый с прослоями супесей	0,00197
Днепровское	al Q ₂	лессовидные суглинки, супеси	0,00356
Цимлянское	al Q ₁	лессовидные суглинки с известковистыми желваками	0,00366
Днепровское	al Q ₂	лессовидные супеси	0,00440
Рыбинское	al Q ₂	песок мелкозернистый с прослоями супесей	0,00481
Иваньковское	al Q ₃	песок мелкозернистый	0,00506
Рыбинское	al Q ₂	песок мелкозернистый	0,00594
Днепровское	e Q ₂	супеси лессовидные легкие с прослоями мелкозернистых песков	0,00605
Горьковское	al Q ₂	песок пылеватый	0,00652

Показатель степени b , на основании исследований автора, представляет собой отношение ширины абразионной части отмели к ширине всей отмели; в среднем численно равен 0,7. Если отмель абразионная, то показатель b достигает 0,95, в случае большой ширины аккумулятивной части отмели величина его снижается до 0,45. Для решения вопроса о возможности движения и накопления наносов на каком-либо участке водохранилища необходимо проанализировать все условия (геологическое строение берега, характер волнения и т. п.) и определить преобладающее направление наносодвижущих сил.

Производство расчетов. После выбора показателей размываемости пород и расчетов энергии волн определяют объемы размыва на заданный период времени или решают обратную задачу. При определении времени переработки берега в формулу подставляют значение заданного объема горных пород Q и другие параметры и вычисляют t .

Затем приступают к построению профиля-прогноза переработки берега. Зона, в пределах которой происходит размыв берегов, определяется амплитудой колебания уровней воды водохранилища. Е. Г. Качугин за эти уровни принимает: верхний — 2—4% обеспеченности при

высоком положении уровня воды (ВПР); нижний — 98—96% обеспеченности при низких сработках безледоставного периода (НПР).

Для определения верхнего горизонта размыва к верхнему уровню воды прибавляют одну треть высоты «рабочей волны» h_p , которая, по мнению автора метода, производит максимум размыва. Определение «рабочей волны» проводят по таблице энергии волнения (табл. 8-8), по всем румбам выбирая наибольшие энергии и соответственно им высоты волн 0,1%-ной обеспеченности. Из этих высот берут среднюю и умножают на 0,7 (переходный коэффициент на 15%-ную обеспеченность); т. е.

$$h_p = 0,7h_c. \quad (8-30)$$

Нижний горизонт размыва получают, откладывая от нижнего уровня воды вниз высоту рабочей волны h_p .

Построение зоны размыва на профиле. Рассчитав объемы размыва соответственно для сроков переработки берега (10, 20 и т. д. лет), вычерчивают зоны размыва на профиле. Там, где нижний горизонт размыва на профиле пересечет поверхность склона, начинается абразионная часть отмели (рис. 8-28). Зона размыва строится путем подбора так, чтобы площадь ее на профиле в квадратных метрах численно равнялась объему размыва в кубических метрах Q . Расстояние от уреза при НПГ до точки B — границы зоны разрушения — измеряется на профиле. Для построения профиля склона в надводной части предлагаются два способа определения крутизны будущего берегового склона. Первый — метод аналогий, при котором предполагается, что график в склоне подобен существующим наиболее крутым; второй — расчетный.

Метод Г. С. Золотарева (МГУ). Исследовательские работы на водохранилищах позволили рекомендовать следующую методику прогноза переработки берегов. Рассматриваемый метод предполагает различные способы прогноза (расчет и проектирование) переработки берегов для случаев:

- сложенных разными комплексами пород;
- разных генетических типов склонов (обвально-осыпных, смыва, оползневых и др.);
- равнинных и горных водохранилищ, с разными режимом уровней и величиной сработки;
- широких глубоководных частях водохранилища, верховьев и заливов, где существенное влияние на переработку оказывают паводки;
- одного сечения (плоская задача) и в пределах всего или большого отрезка водохранилища (пространственная задача);
- конечной стадии практической значимости и за первые 10 лет после создания водохранилища.

Для построения профиля прогноза переработки берегов необходимо иметь следующие материалы:

а) параметры волн — их высоту и длину при разной обеспеченности и силе ветра, рассчитанные по номограмме А. П. Браславского, с учетом рельефа дна водохранилища;

б) уровенный режим водохранилища для лет разной водообеспеченности;

в) инженерно-геологические разрезы склона в масштабе 1:1000 или 1:200 с подробным микрорельефом, характеристикой состава, неоднородности, выветрелости, трещиноватости и обводненности пород и с данными о величинах сопротивления сдвигу, размыву и размоканию пород при разных состояниях;

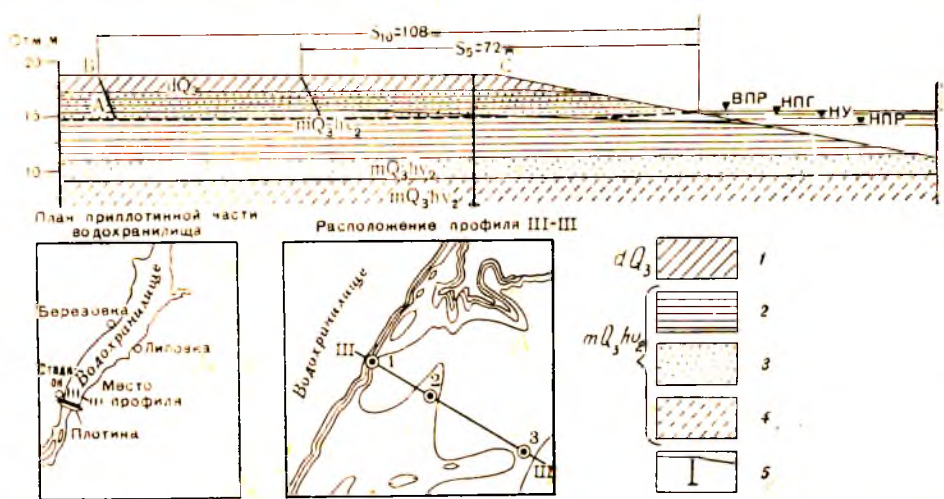


Рис. 8-28. Инженерно-геологический профиль берега водохранилища с прогнозом переработки (по Е. Г. Качугину):
1 — суглинок тяжелый; 2 — глина сланцеватая, сверху легкая; 3 — песок мелкозернистый; 4 — супесь легкая; 5 — буровая скважина

Геологический индекс	Породы	Содержание фракций, %			Объемный вес естественной влажности	Объемный вес скелета
		>0,05	0,05—0,005	<0,005		
dQ ₃	Суглинок	20—35	46—62	11—18	—	—
mQ ₃ h _{v2}	Глина легкая	10—20	39—52	32—45	1,94	1,54

Выбранные расчетные данные

НПГ	Нормальный подпорный горизонт	Отм., м	15,0
ВУ	Верхний уровень 4—5% повторяемости	»	15,1
НУ	Нижний уровень сработки 4—5% повторяемости	»	14,6
h _р	Высота волны, производящей наибольшую работу — высота «рабочей волны»	м	0,6
ВТР	Верхний предел размыва (0,3 h _р + ВУ)	отм. м	15,3
НТР	Нижний предел размыва (НУ — h _р)	»	14,0
N	Доля от ширины отмели, которая будет сложена за счет коренных пород		0,9
β	Усредненный угол подводного откоса с предельной крутизной	град	50
K _р	Коэффициент размываемости породы волнами	м ² /тм	0,00200
E	Суммарная энергия волнения за сезон	тм	217600
Q ₅	Объем породы, размываемой за 5 лет, на погонный метр берега ($Q = EK_p K_6 t^{0,9}$)	м ³	196
S ₅	Ширина зоны разрушения за 5 лет	м	72
Q ₁₀	Объем породы, размываемой за 10 лет, на погонный метр берега	м ³	344
S ₁₀	Ширина зоны разрушения за 10 лет	м	108
Q ₂₀	Объем породы, размываемой за 20 лет, на погонный метр берега	м ³	631
S ₂₀	Ширина зоны разрушения за 20 лет	м	190

г) гидрогеологические данные — количество и приуроченность водоносных горизонтов, уровни и режим подземных вод, другие сведения, необходимые для оценки влияния на прочность пород и расчета подпора во времени;

д) для широкой части водохранилища — расчетные значения величин углов абразионных (α_3 и β_3) и аккумулятивных (α_2 и β_2) отмелей и зон наката (α_4 и β_4) в разных породах, а также примерный коэффициент аккумуляции наносов на подводном склоне для верховья и заливов водохранилищ; кроме того, углы эрозионных частей отмели (δ_1 и δ_2) в разных породах, определяемые на основе изучения бечевников реки;

е) данные натурных наблюдений о форме и крутизне устойчивых откосов и склонов разных генетических типов, выработанных в разных породах и разной высоты, экспозиции и т. п.;

ж) в случае возможности, данные о состоянии и поведении различных генетических и литологических разностей пород в аналогичных условиях на берегах озер и существующих водохранилищ для оценки устойчивости склона и прогноза его переработки.

Вышеперечисленные материалы необходимы для решения вопроса переработки берега в рассматриваемом сечении (двумерная задача). Для прогноза переработки берега на значительном протяжении (пространственная задача) дополнительно надо располагать;

з) топографической, геолого-литологической, гидрогеологической и геоморфологической картами участка берега или водохранилища в масштабе от 1 : 100 000 до 1 : 2000 в зависимости от размера оцениваемой территории, характера объекта и стадии исследований;

и) данными расчета или, как минимум, соображениями о направлении и величинах наносодвижущих сил, очагах формирования, перемещения и аккумуляции наносов в пределах рассматриваемого участка берега.

Построение профиля прогноза переработки берега начинается с прибрежной отмели, для чего необходимо определение ее типа (абразионный, аккумулятивно-абразионный, абразионно-эрозионный), размера и крутизны. Для широкой части водохранилища это построение сводится к следующему.

В зависимости от того, дается ли прогноз для 10-летней или конечной стадии, определяется методом подбора глубина бровки уступа отмели — точка a (рис. 8-29). Рекомендуется при построении профиля переработки берега, сложенного легкоразмываемыми песчаными и суглинистыми породами, для 10-летней стадии прогноза брать глубину бровки отмели, равную 1,5 высотам волн, 20%-ной обеспеченности. Для окончательной стадии переработки практической значимости глубину бровки уступа отмели следует принимать:

а) для легкоразмываемых пород в зависимости от их свойств 2,5—3,0 высоты волны 5%-ной обеспеченности и б) для плотных глинистых, мергелистых и аналогичных им пород 2—2,5 высоты волны с повторяемостью 1—2 раза в 100 лет. Для водохранилища с малой сработкой указанное расстояние откладывается для 10-летней стадии от НПГ, а для конечной — от горизонта сработки безледного периода в маловодный год. Если возникает необходимость построения профиля прогноза переработки для стадии, например, через 20 лет, то надо установить, какой сработки горизонт водохранилища типичен для данного срока.

От бровки уступа аккумулятивной части отмели (точка a) проводится под углом α_1 , или β_1 линия уступа отмели, а под углом α_2 , или β_2 — поверхность ее. Величины углов α_1 и β_1 колеблются от 10 до 20°

НДР

Гор. сриб. отк. русла

Первоначальный береговой откос

1 2 3 4 5

Уступ отдели

Аккумулятивная часть отдели

Абразивная часть отдели

Зона наката

Наводный устойчивый откос

ки b (пересечение с первоначальной поверхностью склона) и далее проводится уже под углом α_3 или β_3 в зависимости от стадии переработки пород и высоты волны до точки c , до пересечения с горизонтом НПГ.

Над зоной наката между точками d и e располагается надводный откос, контур которого будет различен в разных породах и обстановке, а также а) для 10-летней стадии, когда он формируется, неустойчив и имеет предельную крутизну подмываемого обрушивающегося откоса и б) для конечной стадии переработки, когда профиль его должен соответствовать устойчивому состоянию и определяться по аналогии с таки-

Значения углов абразионной береговой отмели и зоны наката волн, рекомендуемые для режиму водохранилищ

Характеристика пород, в которых вырабатывается отмель	Геологи- ческий индекс	Физико-механические					
		гранулометрический состав, %					естест- венная влаж- ность W, %
		фракции в мм					
		>0,25	0,25— 0,1	0,1— 0,05	0,05— 0,005	<0,005	
Лесс и лессовидные породы	Q	0,2—3	5	12	70—80	10—15	—
Пески аллювиальные, тонко- и мелкозернистые, плотного сложения, с тонкими прослоями песков глинистых и линзами супесей и легких суглинков	alQ ₃₋₄	10—20	50—70	1—10	2—5	—	—
Пески аллювиальные, средне- и крупнозернистые, с мелким гравием	alQ	60—75	25—35	1—3	1	—	—
Галечники мелкие с крупнозер- нистым песком; щебенка мелкая, скальных и полускальных пород, с глинистым заполнителем	alQ ₂₋₄ grQ ₃₊₄	—	—	—	—	—	—
Суглинки и супеси озерно-аллю- виальные, серые, илстые, оже- лезненные (старичная фация)	alQ	—	—	—	—	—	15—25
Суглинки бурые, делювиальные и флювиогляциальные, обычно сла- боизвестковистые, тяжелые и сред- ние, слоистые, пылеватые, средней плотности, иногда слегка лессовид- ные	dQ ₃₋₄ fglQ ₂	— 0,1	6—10 6—10	30—40 30—40	45—55 45—55	7—10 7—12	12—18 15—20
Накопления современных ополз- ней-потоков и спылов:	dpQ ₄						30—50
а) продуктов разрушения ниж- немеловых и юрских песчано-гли- нистых пород	Несколько более глинистые, чем у несмещенных пород						
б) продуктов разрушения пест- роцветных пород татарского яру- са—глины, перемятые со щебенкой мергелей, известняков и др.	dpQ ₄	—	—	—	—	—	27—40
в) перемятых четвертичных бурых супесей и суглинков	dpQ ₄	Аналогично не смещенным породам					30—35
Смешенные и раздробленные древние, иногда современные опол- зни-блоски и пачки с глинистой мас- сой в зонах оползневых смятий:	Аналогично не смещенным породам						20—25
а) пестроцветных пород татар- ского	dpQ ₃₊₄						
б) нижнемеловых и юрских глин	dpQ/Cr ₁ + J ₁	—	—	—	—	—	25—30
в) верхнемеловых мергелей, глин и мелоподобных известняков	dpQ/Cr ₂	—	—	—	—	—	—
Морские хвалынские и хазарские комплексы пород:		—	15	20	30—35	50—55	до 30—33
а) глины коричневые, с тонки- ми прослоями песка	mQhv						
б) супеси пылеватые, пески тонкие	mQhz	—	—	—	—	—	6
Опоки трещиноватые (полускаль- ные породы сызранского и других ярусов)	Pg ₁ sz	—	—	—	—	—	—

построения профилей прогноза переработки склонов применительно к комплексам пород и Волги и Камы

Свойства пород			Углы наклона бечевников реки в зоне меженей	Углы абразивной отмели для волн высотой 2 м		Углы зоны наката	Коэффициент аккумуляции (по объему), %
Объемный вес Δ , г/см ³	размокаемость породы при естественном сложении и влажности	размываемость (по категориям)		за 10 лет	в конечную стадию		
—	Быстрый полный распад	I (очень легко размываемые)	—	2°	30'—1°	3—4°	Практически абразивная
—	Быстрая, в течение нескольких минут	II (легко размываемые)	—	1°30'	40'—1°	3—5°	До 20—30
—	Быстрая, в течение нескольких минут	II (легко размываемые)	—	2—3°	1—1°30'	4—5°	До 30—50
—	—	III (средне-размываемые)	—	10—12°	до 6—8°	16—20°	До 60—70
—	—	III (средне-размываемые)	—	4—5°	1—2°	4—6°	10—15
1,85—1,6—1,8	Достаточно быстрая, в течение нескольких минут	II (легко размываемые)	—	2—3°	1—1°30'	4—6°	5—10
—	Распадается в воде в течение 1—2 час	II (легко размываемые)	—	3—4°	1—2°	4—6°	Практически абразивная
—	Распад в воде на отдельности в течение нескольких часов	III (средне-размываемые)	—	4—5°	2°	10°	10—15 за счет щебенки
—	Быстрый распад	II (легко размываемые)	—	3°	1—1°30'	10—12°	Практически абразивная
—	—	IV (слабо размываемые)	4—6°	5—6°	2—3°	10—15°	10—20 за счет щебенки
—	—	III (средне-размываемые)	—	3—4°	2°	6—10°	До 5
—	Практически не размокают	IV (слабо размываемые)	8—10°	6°	3°	6—10°	До 20—25 за счет щебенки
1,7—1,9	Частичный распад, интенсивное расслаивание	III (средне-размываемые)	—	3°	1,5—2,0°	4—6°	Практически абразивная
1,46	Быстрый распад	II (легко размываемые)	—	1°30'	0,5—1°	2—4°	5
—	—	V (трудно размываемые)	—	8—10°	3—4°	8—12°	До 20—40 за счет щебенки

Характеристика пород, в которых вырабатывается отшель	Геологи- ческий индекс	Физико-механические					
		гранулометрический состав, %					естест- венная влаж- ность W, %
		фракции в мм					
		>0,25	0,25— 0,1	0,1— 0,05	0,05— 0,005	<0,005	
Верхнемеловые мергели, опоки и мел плотный (полускальные по- роды) верхнего мела	Cr ₂	—	—	—	—	—	—
Пески тонкие и мелкие сенсман- ского яруса и палеогена	Pg; Cr ₂ sm	—	от 10	до 95	0—16	3—4	5—18
Нижнемеловые глины черные и темно-серые, слоистые, плотные, иногда слабопесчаные, жирные, с редкими прослоями глинистых плотных песков в отдельных гори- зонтах, с конкрециями и прослоя- ми песчаников (аптская плита), с поверхности выветрелые	Cr ₁	—	1—2	14—49	15—20	52—75	20—34
Верхнеюрские глины темно-се- рые, известковистые, вверху про- слой песчаников и конгломератов, мощность около 2 м (волжский ярус), в основании—слои песков и рыхлых песчаников (низы келло- вейского яруса), с поверхности выветрелые	J ₃	0,7— 1,2	—	13—27	16—20	57—70	30
Верхнетатарская аллювиально- озерная песчано-глинистая толща с редкими прослоями мергелей	P ₂ t ₃	—	—	—	—	—	20
Среднетатарская лагунно-озерная известково-мергелистая толща с прослоями глин	P ₂ t ₂	—	10	—	50	40	20—25
Нижнетатарская лагунно-озерная толща тонкослойных мергелей и глин; в нижней части гипсы	P ₂ t ₁	—	—	—	—	—	25—30
Известняки и доломиты верхнека- менноугольные и верхнепермские, твердые, кавернозные, трещинова- тые	C ₃ P ₂ kz	—	—	—	—	—	—

ми же природными откосами данного района. В сложных случаях степень устойчивости должна устанавливаться соответствующими расчетами и специальными исследованиями. При прогнозе переработки берега важно решить, по какому типу будет формироваться надводный склон как осыпной, оползневой и т. п., что можно сделать на основе анализа инженерно-геологической обстановки участка. Пример инженерно-геологического разреза склона с прогнозом переработки дан в приложении 3а.

После выполнения вышеуказанного первого построения прогноза переработки для 10 лет или конечной стадии, которым определяется площадь F_1 , заключенная между точками j, a, b (аккумулятивная часть отмели), и F_2 , ограниченная точками b, c, d, e (размытая часть склона), производится проверка, насколько соотношение объема (или площадей для двумерной задачи) аккумуляции и размыва (F_1/F_2) соответствует принятому коэффициенту аккумуляции (по табл. 8-10). В случае, если совпадение не имеет места, производят повторные построения, переме-

Свойства пород			Углы наклона бечевников реки в зоне меженн	Углы абразионной отмели для волн высотой 2 м		Углы зоны наката	Коэффициент аккумуляции (по объему), %
Объемный вес Δ , г/см ³	размокаемость породы при естественном сложении и влажности	размываемость (по категориям)		за 10 лет	в конечную стадию		
1,24—1,64	Практически не размокают	V (трудно размываемые)	—	10°	3—5°	10—12°	До 20—40 за счет щебенки 5—10
1,24—1,70	Быстрый, в течение нескольких минут	II (легко размываемые)	—	1—2°	40'—1°	2—5°	
1,7—2,0	Практически не размокают, в течение 2—3 мес, наблюдается частичное расслаивание	IV (слабо размываемые)	3—4°	4°	2°	6—10°	Практически абразионная, до 5% за счет включений
2,06	Практически не размокают в течение 2—3 мес	IV (слабо размываемые)	4—5°	6°	2—3°	5—8°	5—10
			В песчаниках волжского яруса будет образовываться уступ, близкий к вертикальному				за счет песка и включений
1,60	Практически не размокают в течение 2—3 мес	IV (слабо размываемые)	8—10°	6—8°	2—3°	15—20°	До 20—30 за счет щебенки и песка
1,7—1,9	Не размокают	V (трудно размываемые)	10—12°	8—10°	3—5°	12—20°	До 30—40 за счет щебенки
2,0	Размокают в сухом состоянии	V (трудно размываемые)	10—12°	6°	3—4°	10°	До 20—30 за счет щебенки
—	Не размокают	VI (практически не размываемые)	12—15°	Гипсы образуют уступ Уступы средней крутизны 60—70° Происходит размыв в щебенистой осыпи и в зоне выветривания			

шая точку вправо или влево, добиваясь нужного соотношения площадей аккумуляции и размыва.

При известном навыке для определения профиля переработки берега требуется не более двух построений. Для склонов, сложенных размываемыми тонкими глинистыми породами, для которых коэффициент аккумуляции равен нулю, или для случая, когда с участка данного профиля наносы будут удаляться волнами или течением, надо принять абразионный тип отмели, а точка *a* образуется на пересечении с линией первоначального склона.

Построение профиля прогноза переработки берега для верховий или заливов водохранилища (абразионно-эрозионная отмель) во многом сходно с вышеописанным (рис. 8-30а, б). Здесь сохраняется тот же метод подбора, определяющий соотношение аккумулятивной и абразионной (и эрозионной) частей отмели. Построение профиля прогноза различно для стадии 10 лет и конечной практической значимости. Построение аккумулятивной и абразионной частей отмели (рис. 8-30а) —

точки j , a , b , c — аналогично тем же построениям, что и для широкой части водохранилища. Выше точки c' , отвечающей по высоте горизонту НПГ, располагается эрозионная часть отмели, которая в течение 10 лет согласно гидрологическим прогнозам будет соответствовать горизонту половодья 50%-ной обеспеченности, а для конечной стадии — горизонту половодья 5%-ной обеспеченности. Угол наклона эрозионной части отмели для десятилетней δ_1 и для конечной стадии δ_2 устанавливается по углу наклона бечевника в зоне осенних паводков, так как паводок в водохранилище по величине скорости течения и т. п. более сходен с осенним, чем с весенним половодьем.

Приемы построения профиля подмываемого неустойчивого надводного откоса для десятилетней и устойчивого для конечной стадии аналогичны вышеописанным.

Учет вдольберегового перемещения наносов при прогнозе переработки берегов для отдельных районов водохранилища приближенно может быть выполнен изменением величины коэффициента аккумуляции, в зависимости:

а) от величины и направления наносодвижущих сил при разных горизонтах водохранилища;

б) от изрезанности береговой линии и микрорельефа затопленной части территории;

в) от наличия возможных очагов формирования наносов, т. е. участков берега, сложенных легкоразмываемыми породами, и их гранулометрического состава.

Используя метод анализа обстановки и аналогии, следует увеличивать в 1,5—2 и более раз или уменьшать на 25, 50 и 75% величину коэффициента аккумуляции, а также выделять участки берега полностью абразионные или аккумулятивные. Наблюдения на существующих водохранилищах показывают, что переработка мысов, в условиях воздействия волн разных направлений, происходит весьма энергично и для десятилетней стадии в 1,5—2 раза больше, чем по прогнозу двумерной задачи. Расхождения с данными прогноза в конечную стадию переработки берега на мысах и в вершинах бухт еще больше.

Переработка оползневых склонов. Создание больших водохранилищ на реках равнин и в горных районах, на берегах которых развиты крупные и сложные оползни, в районах расположения промышленных, городских, сельских и других объектов обязывает дать хотя бы в первом приближении прогноз переработки оползневых склонов. Прогноз переработки оползневых склонов в основном должен сводиться к следующему.

На основании материалов инженерно-геологического изучения оползневого склона дается анализ природы, причин развития и режима оползней, а также оценка устойчивости как всего склона, так и отдельных его частей. При этом полезно произвести расчеты устойчивости склона или отдельных элементов его до подпора. Расчеты рекомендуется производить по методам Н. Н. Маслова, В. В. Соколовского или М. Н. Троицкой в зависимости от геологического строения склона и генетического типа оползней.

Для характерных инженерно-геологических разрезов оползневого участка производится расчет подпора подземных вод через 10 лет и для конечной стадии формирования, а также выявляется роль возможного гидродинамического давления и суффозии в случае быстрой сработки.

На основании расчетов подпора дается анализ изменений гидрогеологических условий склона и их влияния на прочность пород из-за дополнительного обводнения, на режим оползней, возможность выше-

лачивания, механической суффозии, на устойчивость оползневых масс или коренных пород, склонных к смещению. Анализ гидрогеологического фактора и оценка его влияния на породы и устойчивость склона ввиду неразработанности в настоящее время методики производится в значительной мере качественно (но по возможности с расчетами).

На основе данных об инженерно-геологических условиях производится анализ влияния современных геологических процессов на измене-

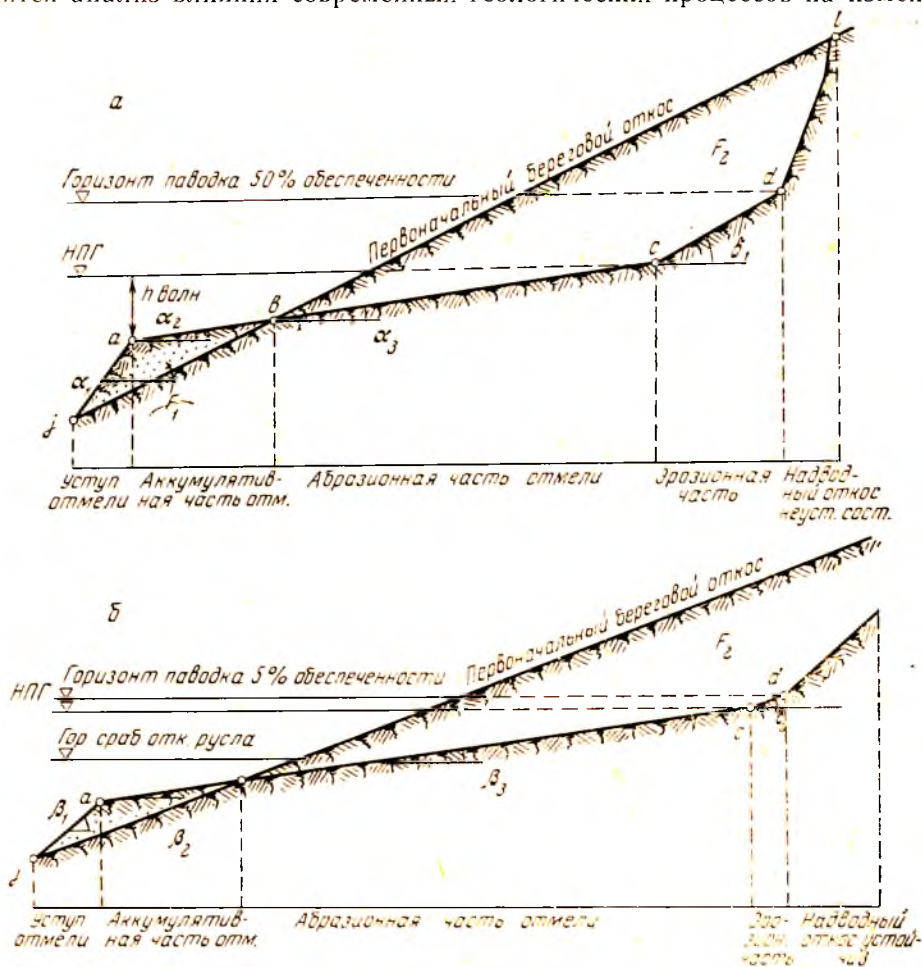


Рис. 8-30. Схема построения береговых откосов в верховьях и заливах водохранилища:

а — для первой стадии — через 10 лет; б — для конечной стадии

ние степени устойчивости оползневого склона после подпора и дается по возможности количественная оценка каждого из них.

Построение откосов водохранилища для стадии 10-летней и конечной переработки производится так же, как и для неоползневых склонов. Верхняя точка откоса (или зоны наката) характеризует подрезку современных или древних оползневых и несмещенных пород и покажет, насколько увеличивается общая крутизна склона и изменяется его устойчивость. Производятся повторные расчеты устойчивости тех же самых комплексов пород или частей склона по отношению как к поверхностям смещения до создания водохранилища (подрезки основания), так и к новым, наиболее вероятным.

Несмотря на условность расчетных методов, можно получить изменение степени устойчивости склона до и после подпора достаточно точное для сравнения. Такие расчеты и сравнения допустимы, если подробно известно геологическое строение, подземные воды, имеются расчетные показатели сопротивления сдвигу различных литологических типов пород в состоянии увлажнения и сохранности структуры, соответствующим периоду движения оползней. В сложных случаях целесообразно выполнить исследования изменения устойчивости склона на моделях.

Следует иметь в виду, что в первые годы после создания водохранилища обычно происходят сравнительно небольшие ($1000—10\,000\text{ м}^3$) оползни в приустьевой части склона. По мере формирования абразионной отмели и перемещения линии уреза в глубь склона, а иногда развития подпора подземных вод, происходит перераспределение напряжений в массиве пород, их разгрузка и выветривание, что может вызвать значительные оползни.

И. О. Тихвинским (1967), изучившим переработку оползневых склонов в нижнемеловых глинах г. Ульяновска, предложен способ определения развития процесса во времени для прогноза размыва: 1 — межоползневых гребней, в которых на первом этапе переработки формируется осыпной уступ и сложенных несмещенными глинами или накоплениями древних оползней; 2 — участков берега с действующими оползнями, подающими к урезу разрыхленные и увлажненные массы.

Задача может решаться как по определению времени (число лет), которое необходимо для размыва заданного объема пород берега, так и для установления возможного объема размыва за выбранный срок, например, за 10, 20 и более лет. Для проведения расчетов по этому способу необходимо располагать следующими данными:

- а) детальными инженерно-геологическими разрезами склона;
- б) о высоте волн разных направлений; повторяемости и величине энергии их;
- в) об уровненом режиме водохранилища;
- г) об инженерно-геологических свойствах пород всех генетических и литологических разностей: коэффициенте сопротивления волновому размыву, величине сцепления и внутреннего трения, объемном весе и коэффициенте скорости выветривания в обнаженном подмываемом уступе и др.;
- д) о предельной высоте и крутизне подмываемого абразионного уступа и всего оползневого склона в состоянии предельного равновесия;
- е) о генетических типах, мощности и скорости движения действующих оползней для определения объема оползневых масс, выдвигаемых к урезу водохранилища;
- ж) об углах наклона абразионной и аккумулятивной частей отмели и коэффициенте аккумуляции;
- з) о возможности и интенсивности продольного перемещения наносов на береговой отмели. Формулы и практические указания даны И. О. Тихвинским в его статье («Гидротехническое строительство», 1967. № 4). Величины коэффициентов сопротивления волновому размыву пород даны в приложении 9 (табл. 8-16).

Предложения по прогнозу переработки берегов, сложенных лессовыми и другими легкоразмокаемыми породами

Создание в Средней Азии и других районах развития лессовых пород водохранилищ с большой (20—40 м и более) сработкой уровня за период открытого русла обуславливает своеобразные процессы перера-

ботки берегов. При указанном режиме уровней и относительно небольших размерах водохранилищ волновое воздействие на лессовые берега играет весьма подчиненную роль; решающее значение имеет обводнение лессов, распад их структурных связей и, как следствие, разрушение берегов. Выявляется зависимость между длительностью стояния высоких уровней (иначе говоря, величиной обводнения лессовой толщи) и объемами переработки берега.

Проведенное З. Халматовым в течение нескольких лет изучение переработки лессовых береговых водохранилищ Средней Азии показало, что ни один из перечисленных выше методов не пригоден без значительных дополнений. Могут быть рекомендованы для прогноза переработки лессовых берегов водохранилищ с большой сработкой методы:

1. Графоаналитический Г. С. Золотарева со следующими дополнениями. Если первоначальная крутизна склона больше, чем предполагаемый наклон отмели в зоне сработки, то начальную точку профиля прогноза следует брать на линии горизонта сработки в месте пересечения ее склоном. Если горизонт сработки приходится на пологую часть склона или на поверхность затопленных террас, то начальная точка берется там, где крутизна первоначального склона больше крутизны отмели. От выбранной начальной точки проводится поверхность абразивной отмели до пересечения с линией НПГ под следующими углами;

при прогнозе на 4—5 лет — 15—16°;
 » на 10 лет — 11—12°;
 » завершения активной стадии разрушения лессовых берегов — 4—6°;
 » устойчивого профиля при завершении процесса в его замедленной стадии — 2—3°.

Надводный уступ в сухих лессовых породах высотой 10—30 м обычно имеет крутизну около 70—80°. Необходимо иметь в виду, что в зависимости от характера и свойств лессовых пород переработка берегов будет происходить в активной или замедленной форме. Если лессы в берегах сухие, то при их обводнении и распаде структуры перемещение линии уреза вглубь может происходить очень длительное время, с постепенным замедлением темпа.

2. Метод природных аналогов Л. Б. Розовского¹ может быть использован при условии введения более представительных критериев подобия, чем предлагается автором. Наибольшее значение для прогноза переработки лессовых берегов имеют следующие критерии геологического и гидрологического подобия:

коэффициент изменения прочности K_n лессовых пород при увлажнении, который определяется по величинам одноосного сжатия или сопротивления сдвигу по формуле

$$K_n = \frac{P_1 - P_2}{P_1}, \quad (8-31)$$

где P_1 и P_2 — нагрузка в кг/см² разрушения при одноосном сжатии лесса при естественной влажности и после полного водонасыщения;

уровенный режим водохранилища — $K_y = \frac{t_n}{t_0}$, где t_n — длительность стояния высоких горизонтов; t_0 — длительность безледного периода в сутках;

¹ Изложение метода дано ниже.

Показатели, учитывающие гидродинамическое давление K_r и механическую суффозию — K_c ;

энергия волн — $K_n = \frac{\Sigma E}{h_6 \Delta}$, где ΣE — сумма энергии всех волн;

h_6 — приведенная высота берега и Δ — объемный вес пород;

микрорельеф берега — $K_6 = \frac{h_6}{H_{cp}}$, где h_6 — приведенная вы-

сота берега и H_{cp} — величина сработки горизонта водохранилища;

коэффициент извилистости береговой линии — $K_{из}$.

Одним из основных условий применения метода природных аналогов для прогноза переработки берегов является наличие данных наблюдений за фактическим размывом на объекте со сходной геологической и гидрологической обстановкой, что ограничивает возможности данного метода.

Метод природных аналогов Л. Б. Розовского (Одесский государственный университет)¹ разработан для прогноза переработки неоползневых берегов, сложенных преимущественно лессовидными суглинками и

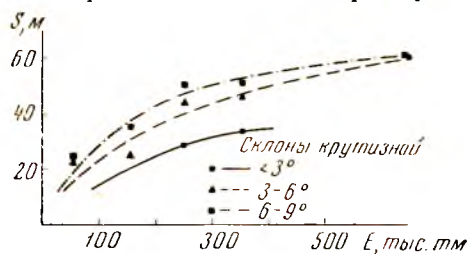


Рис. 8-31. График зависимости величины размыва (S) обеспеченностью 10% от энергии волн (E) и крутизны склона

супесями, на примере Днепровских водохранилищ. Аналоги, помещенные в альбоме, представляют собой инженерно - геологические карты участков побережья одного из водохранилищ Днепровского каскада. На карте показано положение бровки берега или горизонталей

НПГ в разные сроки: до наполнения, через 2 года и через 5 лет после наполнения. Применение в качестве аналогов отдельных участков (вместо профилей) позволяет учиты-

вать развитие процессов в пространстве. Прогноз выполняется путем интерпретации данных выбранного в альбоме аналога на оцениваемый объект берега. Выбор аналога производится по качественным оценкам и количественным критериям подобия. Вначале надо определить по качественным оценкам единообразие оцениваемого объекта и аналога: а) в механизме переработки берегов; б) гидрологического режима; в) геологического строения берега; г) динамических типов берегов; д) методики получения параметров, входящих в критерии подобия, и расчетные формулы.

Далее, вычисляются критерии геологического подобия (КПГ) для объектов: энергия волнения, приведенная высота берега, объемный вес пород, коэффициент изменения прочности при увлажнении, угол сдвига, коэффициент аккумуляции, ширина склона в зоне волнового воздействия, глубина на внешнем крае отмели, глубина водохранилища в открытой части.

Вычисление энергии волнения E проводится, как указано в методе Е. Г. Качугина.

Вычисление приведенной высоты берега h_6 определяется в зависимости от двух морфологических типов берега (табл. 8-11): для первого типа она равна высоте бровки «а» на НПГ, т. е. $\bar{h}_6 = h_6$, где h_6 — высота берега. Для типа II приведенная высота берега ($\bar{h}_6$) определяется по графикам на рис. 8-31 и 8-32. По графику на рис. 8-31 по

¹ Вопросы теории геологического подобия. Альбом аналогов для прогноза переработки берегов водохранилищ. «Тр. ОГУ», т. 152, 1962.

величине расчетной энергии волнения E и крутизне склона находим ориентировочную величину размыву S . Затем по графику на рис. 8-32 по величине S и крутизне склона определяем $\bar{h}_b$.

Средняя величина объемного веса толщи пород Δ (т/м^3) вычисляется как среднее значение объемных весов слоев, залегающих в зоне пе-

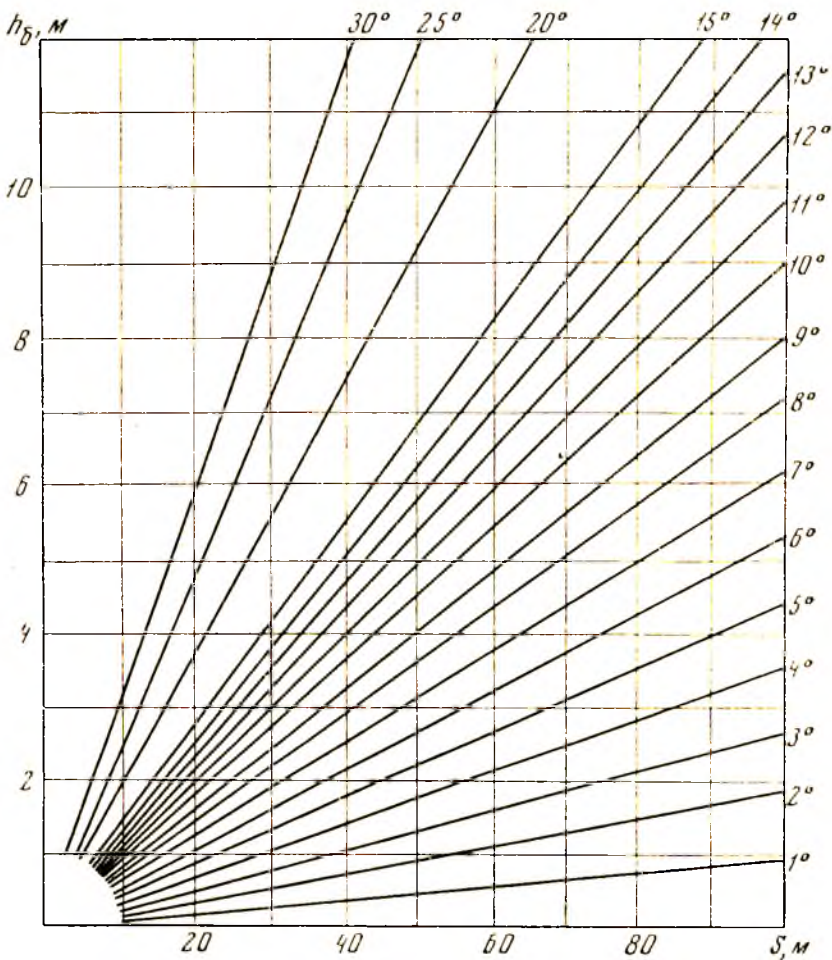


Рис. 8-32. График связи приведенной высоты берега (h_b) и величины размыва (S) для пологих склонов

Таблица 8-11

Индекс морфологического типа берега	Схема	Геоморфологическая характеристика	Крайние характеристики
I (уступы)		Аккумулятивная терраса или плато с вертикальными и крутыми уступами	Обрывистые берега. Угол наклона выше бровки «а» до 3°
II (склоны)		Слабонаклонная поверхность плато, террасы или склона	Угол наклона менее 10°

переработки от глубины бровки отмели на внешнем крае верха надводного уступа.

Средний угол сдвига $\psi_{\text{ср}}$ определяется вычислением средневзвешенного для всех литологических разностей пород в зоне переработки.

Коэффициент аккумуляции наносов z_0 — на данном участке берега принимается равным содержанию фракции крупнее 0,05 мм, выраженный в долях единицы, с учетом вероятного вдольберегового перемещения наносов.

Глубина на внешнем крае отмели H определяется, как это было указано выше при описании метода Н. Е. Кондратьева.

Ширина склона в зоне волнового воздействия d (рис. 8-33) определяется по формуле

$$d = H \operatorname{ctg} \delta, \quad (8-32)$$

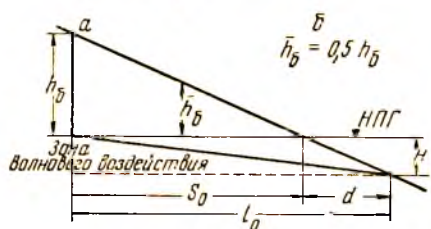


Рис. 8-33. Приведенная высота берега (h_b) у различных морфологических типов берегов:

a — тип берега I, b — тип берега II

где H — глубина размывающего действия волн, равная глубине на внешнем крае отмели; δ — угол наклона склона в пределах зоны H .

Средняя глубина открытого водоема устанавливается по 3—4 топографическим профилям разных азимутов как средняя величина.

После вычисления исходных параметров вычисляют критерии геологического подобия (КГП) для рассматриваемых автором типов берегов:

гидродинамического подобия $K_1 = \frac{E}{h_0 \Delta}$;

литологического подобия $K_2 = \psi$;

подобия аккумулятивных процессов $K_3 = z$;

геометрическое подобие профилей склонов:

для берегов типа, I $K_4 = \frac{\bar{h}_b}{H_m}$,

для берегов типа II $K_4 = i$, где i — средний уклон склона до начала переработки; геометрическое подобие береговой линии в плане — $K_5 = I$, где I — коэффициент извилистости, равный отношению длины береговой линии участка L к ее проекции L_2 .

Выбор аналога разделяется на два этапа. Предварительный выбор аналога производится по качественным оценкам, по морфологическим и динамическим типам берегов, указанных в альбоме аналогов.

Уточненный выбор предусматривает рассмотрение нескольких предварительно намеченных аналогов и выбор одного по сходству КГП, с которого берутся данные прогноза на объект. Критерии геологического подобия делятся на обязательные и дополнительные; к первым (сходство у аналога и объекта должно быть обеспечено) относятся: а) на абразионных берегах — K_1 и K_4 ; б) на абразионно-аккумулятивных берегах K_1 , K_3 и K_4 . К дополнительным критериям относятся: а) на абразионных берегах — K_2 , K_3 , K_5 ; б) на абразионно-аккумулятивных берегах K_2 и K_5 .

Вычисленные для объекта критерии сопоставляются с критериями, приведенными на карте аналогов. Так как геологическое подобие яв-

яется приближенным, то не требуется точного совпадения величин КЛП аналога и объекта. Возможны следующие отклонения критериев: а) для $K_1 \pm 50\%$, б) для $K_2 \pm 3\%$, в) для $K_3 \pm 30\%$, г) для $K_4 \frac{h_6 100}{H_m} = \pm 30\%$, для $i = 40\%$, д) для $K_5 \pm 50\%$. Приведенная высота берега у объектов и аналога может различаться не более чем на 1,0 м.

Прогноз величины размыва. Для практических целей рекомендуется производить на срок не менее 5 лет. На картах аналогов величины размывов даются в виде кривых обеспеченности, которые позволяют выбрать величину размыва в зависимости от экономической ценности участка. При наличии ценных строений следует брать величину размыва с обеспеченностью 10%, для менее ценных строений или при их отсутствии — с обеспеченностью 25%.

Выбрав на карте аналога величину S_5 , пересчитывают ее для объекта по следующим формулам и в следующем порядке (рис. 8-33):

ширина отмели у аналога $l_a = s_a + d_a$, где s_a — величина размыва на аналоге за 5 лет, снятая с кривой обеспеченности; d_a — ширина склона в зоне волнового воздействия у аналога — приводится на карте аналога.

Определение ширины отмели у объекта:

$$l_0 = l_a \frac{\bar{h}_{6a}}{h_{6a}}$$

Величина размыва за 5 лет у объекта:

$$S_0 = l_0 - d_0,$$

где d_0 — ширина склона в зоне волнового воздействия у объекта.

В альбоме аналогов Л. Б. Розовского приведены карты, на которых указаны фактический размыв оползневых лессовых берегов за 5 лет эксплуатации водохранилища. При необходимости оценки переработки на более длительные сроки или при ином геологическом строении требуются новые карты аналогов. Для неоползневых берегов в четвертичных отложениях приближенно можно допустить определение ширины зоны размыва путем экстраполяции, умножением величины переработки S_5 на следующие коэффициенты:

для 10-летнего срока на 1,3—1,5;

для 20-летнего срока на 2,0—2,2 в зависимости от особенностей строения берега и гидрологической обстановки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ РАСЧЕТОВ

Таблица 8-12

Таблица искажений величины угла падения пластов в преувеличенном вертикальном масштабе разреза

Относительное увели- чение верти- кально- го мас- штаба	Истинные углы падения																
	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°
× 2	10	19	28	37	43	50	54,5	59	63,5	67	71	74	77	80	82,5	85	87,5
× 3	15	30	39	47,5	54,5	60	65	68,5	72	74,5	77	79	81	83	85	87	88
× 4	19	35	47	55,5	62	66,5	70	72,5	76	78	80	82	83	85	86	87,5	89
× 5	23	41,5	53	61	67	71	74	77	79	81	82	83	85,5	86	87	88	89

Величины тригонометрических функций

arcus	°	sin	cosec	tg	ctg	sec	cos	°	
0,0000	0	0,0000	∞	0,0000	∞	1,00	1,000	90	1,5708
0,0175	1	0,0175	57,3	0,0175	57,3	1,00	1,000	89	1,5533
0,0349	2	0,0349	28,7	0,0349	28,6	1,00	0,999	88	1,5359
0,0524	3	0,0523	19,1	0,0524	19,1	1,00	0,999	87	1,5184
0,0698	4	0,0698	14,3	0,0699	14,3	1,00	0,998	86	1,5010
0,0873	5	0,0872	11,5	0,0875	11,4	1,00	0,996	85	1,4835
0,1047	6	0,105	9,57	0,105	9,51	1,01	0,995	84	1,4661
0,1222	7	0,122	8,21	0,123	8,14	1,01	0,993	83	1,4486
0,1396	8	0,139	7,19	0,141	7,12	1,01	0,990	82	1,4312
0,1571	9	0,156	6,39	0,158	6,31	1,01	0,988	81	1,4137
0,1745	10	0,174	5,76	0,176	5,67	1,02	0,985	80	1,3963
0,1920	11	0,191	5,24	0,194	5,14	1,02	0,982	79	1,3788
0,2094	12	0,208	4,81	0,213	4,70	1,02	0,978	78	1,3614
0,2269	13	0,225	4,45	0,231	4,33	1,03	0,974	77	1,3439
0,2443	14	0,242	4,13	0,249	4,01	1,03	0,970	76	1,3265
0,2618	15	0,259	3,86	0,268	3,73	1,04	0,966	75	1,3090
0,2793	16	0,276	3,63	0,287	3,49	1,04	0,961	74	1,2915
0,2967	17	0,292	3,42	0,306	3,27	1,05	0,956	73	1,2741
0,3142	18	0,309	3,24	0,325	3,08	1,05	0,951	72	1,2566
0,3316	19	0,326	3,07	0,344	2,90	1,06	0,946	71	1,2392
0,3491	20	0,342	2,92	0,364	2,75	1,06	0,940	70	1,2217
0,3665	21	0,358	2,79	0,384	2,61	1,07	0,934	69	1,2043
0,3840	22	0,375	2,67	0,404	2,48	1,08	0,927	68	1,1868
0,4014	23	0,391	2,56	0,424	2,36	1,09	0,921	67	1,1694
0,4189	24	0,407	2,46	0,445	2,25	1,09	0,914	66	1,1519
0,4363	25	0,423	2,37	0,466	2,14	1,10	0,906	65	1,1345
0,4538	26	0,438	2,28	0,488	2,05	1,11	0,899	64	1,1170
0,4712	27	0,454	2,20	0,510	1,96	1,12	0,891	63	1,0996
0,4887	28	0,469	2,13	0,532	1,88	1,13	0,883	62	1,0821
0,5061	29	0,485	2,06	0,554	1,80	1,14	0,875	61	1,0647
0,5236	30	0,500	2,00	0,577	1,73	1,15	0,866	60	1,0472
0,5411	31	0,515	1,94	0,601	1,66	1,17	0,857	59	1,0297
0,5585	32	0,530	1,89	0,625	1,60	1,18	0,848	58	1,0123
0,5760	33	0,545	1,84	0,649	1,54	1,19	0,839	57	0,9948
0,5934	34	0,559	1,79	0,675	1,48	1,21	0,829	56	0,9774
0,6109	35	0,574	1,74	0,700	1,43	1,22	0,819	55	0,9599
0,6283	36	0,588	1,70	0,727	1,38	1,24	0,808	54	0,9425
0,6458	37	0,602	1,66	0,754	1,33	1,25	0,799	53	0,9250
0,6632	38	0,616	1,62	0,781	1,28	1,27	0,788	52	0,9076
0,6807	39	0,629	1,59	0,810	1,23	1,29	0,777	51	0,8901
0,6981	40	0,643	1,56	0,839	1,19	1,31	0,766	50	0,8727
0,7156	41	0,656	1,52	0,869	1,15	1,33	0,755	49	0,8552
0,7330	42	0,669	1,49	0,900	1,11	1,35	0,743	48	0,8378
0,7505	43	0,682	1,47	0,933	1,07	1,37	0,731	47	0,8203
0,7679	44	0,695	1,44	0,966	1,04	1,39	0,719	46	0,8029
0,7854	45	0,707	1,41	1,000	1,00	1,41	0,707	45	0,7854

Таблица поправок угла падения при пересечениях, не перпендикулярных к простиранию пластов

Истин- ный угол паде- ния	Угол между простиранием и линией пересечения													
	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	30°	25°	20°	15°
10°	9°51'	9°40'	9°24'	9°5'	8°41'	8°13'	7°41'	7°6'	6°28'	5°46'	5°2'	4°15'	3°27'	2°37'
15°	14°27'	14°31'	14°8'	13°39'	13°34'	12°28'	11°36'	10°4'	9°46'	8°44'	7°38'	6°28'	5°14'	3°33'
20°	19°43'	19°23'	18°53'	18°15'	17°30'	16°36'	15°35'	14°25'	13°10'	11°48'	10°19'	8°45'	7°6'	5°23'
25°	24°48'	24°15'	23°39'	22°55'	22°0'	20°54'	19°39'	18°15'	16°41'	14°58'	13°7'	11°9'	9°3'	6°53'
30°	29°37'	26°9'	28°29'	27°37'	26°34'	25°18'	23°51'	22°12'	20°21'	18°19'	16°6'	13°48'	11°10'	8°30'
35°	34°36'	34°4'	33°21'	32°24'	31°13'	29°50'	28°12'	26°20'	24°14'	21°53'	19°18'	16°29'	13°48'	10°16'
40°	39°34'	39°2'	38°15'	37°15'	36°0'	34°30'	32°44'	30°41'	28°20'	25°42'	22°45'	19°31'	16°0'	12°15'
45°	44°34'	44°1'	43°13'	42°11'	40°54'	39°19'	37°27'	35°16'	32°44'	29°50'	26°33'	22°55'	18°53'	14°30'
50°	49°34'	49°1'	48°14'	47°12'	45°54'	44°17'	42°23'	40°7'	37°27'	34°21'	30°47'	26°44'	22°11'	17°9'
55°	54°35'	54°4'	53°19'	52°18'	51°3'	49°29'	47°35'	45°17'	42°33'	39°20'	30°32'	31°7'	26°2'	20°17'
60°	59°37'	59°8'	58°26'	57°30'	56°19'	54°49'	53°0'	50°46'	48°4'	44°47'	40°54'	36°14'	30°29'	24°8'
65°	64°40'	64°14'	63°36'	62°46'	61°42'	60°21'	58°40'	56°36'	54°2'	50°53'	46°59'	42°11'	36°15'	29°2'
70°	69°43'	69°21'	68°49'	68°7'	67°12'	66°8'	64°35'	62°46'	60°29'	57°36'	53°57'	49°16'	43°13'	35°25'
75°	74°47'	74°30'	74°5'	73°32'	72°48'	71°53'	70°43'	69°14'	67°22'	64°58'	61°49'	57°37'	51°55'	44°1'
80°	79°51'	79°39'	79°22'	78°59'	78°29'	77°51'	77°2'	76°0'	74°40'	72°75'	70°34'	67°21'	62°43'	55°44'
85°	84°56'	84°50'	84°41'	84°29'	84°14'	83°54'	83°29'	82°57'	82°15'	81°20'	80°5'	78°19'	75°39'	71°20'
89°	88°59'	88°58'	88°56'	88°54'	88°51'	88°47'	88°42'	88°35'	88°27'	88°15'	88°0'	87°38'	87°5'	86°9'

Пример. Пересекаем обнажение по линии, образующей угол 40° с направлением простирания свиты; видимый угол падения пластов 35°. В вертикальном столбе для 40° находим 32°44' и 37°27', соответствующие истинным углам падения в 45° и 50°; истинное падение пластов будет около 47° (точнее 47°30').

**Коэффициенты крепости пород
(по М. М. Протодяконову)**

Категория	Степень крепости	Порода	f
I	В высшей степени крепкие породы	Наиболее крепкие, плотные, вязкие кварциты и базальты и другие породы	20
II	Очень крепкие породы	Кварцевые порфиры, очень крепкий гранит, кремнистый сланец, некоторые виды кварцитов, самые крепкие песчаники и известняки	
III	Крепкие породы	Гранит, очень крепкие песчаники и известняки, кварцевые рудные жилы, крепкий конгломерат, очень крепкие железные руды	10
III-a	То же	Известняки крепкие, некрепкий гранит, крепкие песчаники, крепкий мрамор, доломит, колчедан	8
IV	Довольно крепкие породы	Обыкновенный песчаник, железные руды	6
IV-a	То же	Песчаные сланцы, сланцевые песчаники	5
V	Средние породы	Крепкий глинистый сланец, некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4
V-a	То же	Разнообразные сланцы (некрепкие), плотный мергель	3
VI	Довольно мягкие породы	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс, мерзлый грунт, антрацит, обыкновенный мергель, разрушенный песчаник, сцементированная галька, хрящ, каменный грунт	2
VI-a	То же	Щебнистый грунт, разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень, крепкий уголь, отвердевшая глина	1,5
VII	Мягкие породы	Глина (плотная), мягкий каменный уголь, глинистый грунт	1,0
VII-a	То же	Легкая песчаная глина, лесс, гравий	0,8
VIII	Землистые породы	Торф, легкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	Сыпучие породы	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	Плывучие породы	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты	0,3

Величины коэффициентов сопротивления волновому размыву
(по Г. С. Золотареву, 1959)

Порода	Геологический индекс	Естественная влажность, %	Размокание в воде при естественной влажности и сложенной	Категория размываемости	Коэффициент сопротивления волновому размыву $K_p, \text{т/м}^2$	Примечание
Пески аллювиальные мелко- и тонкозернистые, иногда глинистые, слоистые	al Q ₃ al Q ₂	5—10%	быстрое	II	80—120	Натурные наблюдения
Пески аллювиальные, разнозернистые, с гравием и галькой (руслонные фации)	al Q	—	—	III	250—300	То же
Суглинки и супеси желто-бурые, пылеватые, однородные, средней плотности; делювиальные и аллювиальные (малых рек)	d Q ₃ al Q ₃ и более древние	15—20%	в течение нескольких минут, иногда десятков минут	II	150—300 в зависимости от плотности и обледененности	»
Суглинки серые, глинистые, ожелезненные, вязкие (озерные и старинные фации)	al Q	20—30%	медленное	III	500—800	»
Суглинки валуновые, красно-бурые, моренные, плотные	gl Q ₃	18—22%	медленное	III	800—1200	»
Глины и суглинки серые, слоистые, с песчаными прослойками, мало уплотненные	N ₂	25—35%	медленное	III	500—100	По поледовому опыту в лотках
Глины и суглинки кинельские и акчагыльские, сползающие и перемываемые	dp Q ₄ /N ₂	30—60%	быстрое	II	100—150	То же

Породы	Геологический индекс
Мергели известковистые и кремнистые: слабые мелоподобные известняки и песчаный мел, трещиноватые, выветрелые по трещинам	C _{г2}
Те же породы, но выветрелые до состояния щебня и глыб плотного сложения	el Q/C _{г2}
Глины черные и темно-серые, пластичные, плотные, слонстые, с песчаными прослойками, склонные к выветриванию	C _{г1}
Нижнемеловые и верхнеюрские глины, выветрелые	el Q/C _{г1}
Глины серые, известковистые, очень плотные, трещиноватые, склонные к выветриванию	J ₃ ox + km
Оползневые накопления древние и современные:	
а) раздробленные пачки и глыбы верхнемеловых карбонатных пород с гнездами мучнистого материала;	dp Q ₃

Продолжение табл. 8-16

Естественная влажность, %	Размокание в воде при естественной влажности и сложении	Категория размываемости	Коэффициент сопротивления волновому размыву K_p , m/m^2	Примечание
—	не размокают	V	30 000—80 000	То же
—	размокание различное	IV—III	1500—2500	»
25—32%	не размокают в течение 2—3 мес	III	1000—1500	»
20—25%	размокание различное	III	500—1000	Натурные наблюдения
28—30%	не размокают в течение 2—3 мес	IV	1500—1800	То же
	быстрое для сухого мушкетистского заподителя	II	1500—2000	»

Породы	Геологический индекс
б) глинистые массы действующих оползней, сильно увлажненные, рыхлые, сползшие и разрушенные юрские и меловые глины;	dp Q ₄
в) перемятые нижнемеловые глины с глыбами разрушенных карбонатных пород	dp Q ₃
Осыпные накопления, мелкая щебенка и глинистые массы из меловых и юрских глин, делювиальных суглинков и аллювиальных песков	gr Q ₄
Глины пестроцветные, очень плотные, обычно карбонатные; мергели глинистые; переслаивающаяся толща, трещиноватая	P ₂ tt P ₂ blb
Те же породы, но частично выветрелые (подзоны «Б» и «В»)	

Продолжение табл. 8-16

Естественная влажность, %	Размокание в воде при естественной влажности и слоении	Категория размокаемости	Коэффициент сопротивления волновому размыву K_R , т/м ²	Примечание
от 15 до 55%	относительно быстрое размокание	II	300—400	То же
15—40%	то же	II—III	600—900	»
различная	мгновенное	I	до 50	»
15—25%	размокают в подсушенном состоянии	V	10 000—20 000	»
			2000—6000	»

Породы	Геологический индекс
Песчаники полимиктовые, рыхло и прочно сцементированные; алевролиты плотные, трещиноватые с прослойками глин	P ₂ tt P ₂ blb P ₂ uf
Оползневые накопления:	
а) оползни-блоки верхнепермских пород, частично раздробленных с зоной скольжения и выветрелые с поверхности;	dp Q ₃ /p ₂
б) пачки и глыбы пестроцветных мергелей и песчано-глинистых пород, перемятых, с гнездами глинистых масс	
в) щебнисто - глинистые массы из разрушенных верхнепермских пород	
Осыпь щебнисто-глинистая из пестроцветных пород	gr Q ₄
Известняки и доломиты, трещиноватые, закарстованные	P ₂ kz C ₃
Осыпь щебнистая, известняковая и доломитовая, с глыбами и карбонатным суглинками заполнителем	gr Q ₄

Продолжение табл. 8-16

Естественная влажность, %	Размокание в воде при естественной влажности и сложении	Категория размываемости	Коэффициент сопротивления волновому размыву $K_p, \text{ т/м}^2$	Примечание
10—15%	не размокают	V	10 000—120 000	По полевому опыту в лотках
15—20%	трудно размокают	IV	12 000—15 000	Натурные наблюдения и опыты в лотках
20—15%	медленное	III	1200—1500	По полевым опытам в лотках
до 35%	быстрое	II	500—800	То же
сухая	быстрое	II	200—500	Натурные наблюдения
—	не размокают	VI	практически не размываются	То же
—	—	III	400—700	»

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Основные вопросы инженерной геологии	
§ 1. Содержание, задачи и методы инженерной геологии	5
§ 2. Инженерно-геологическое классифицирование пород, процессов и явлений	11
§ 3. Задачи и содержание инженерно-геологических съемок, карты и разрезы	17
Глава 2. Инженерно-геологическое изучение трещиноватости и выветрелости пород	
§ 1. Инженерно-геологическое изучение трещиноватости массива пород	24
§ 2. Инженерно-геологическое изучение пород коры выветривания	32
Задача № 1. Оценка трещиноватости метаморфических пород	38
Задача № 2. Оценка трещиноватости мраморизованных известняков	46
Задача № 3. Оценка трещиноватости массива базальтов	49
Задача № 4. Оценка трещиноватости массива известняков	52
Глава 3. Изучение оползней, обвалов и оценка устойчивости склонов и бортов глубоких карьеров	
§ 1. Общие положения	56
§ 2. Оползни	59
§ 3. Обвалы	63
§ 4. О методах оценки устойчивости склонов; прогноз обвалов и оползней	66
§ 5. Прогноз переработки берегов водохранилищ	70
§ 6. Устойчивость откосов глубоких выемок и бортов карьеров	74
Задача № 5. Обработка инженерно-геологических материалов по оползневому склону р. Волги	76
Задача № 6. Обработка материалов предварительного инженерно-геологического изучения оползневого участка в Поволжье	80
Задача № 7. Обработка материалов предварительного инженерно-геологического изучения оползневого участка на правом берегу р. Волги	84
Задача № 8. Составление инженерно-геологического заключения по оползневому склону р. Москвы	89
Задача № 9. Составление инженерно-геологического заключения об устойчивости оползневого берега	95
Задача № 10. Составление инженерно-геологического заключения об устойчивости оползневого склона на морском побережье	99
Задача № 11. Составление инженерно-геологического заключения об условиях разработки месторождения полезных ископаемых открытым способом	109
Задача № 12. Составление инженерно-геологического заключения об условиях разработки открытым способом месторождения серы в Прикарпатье	118
Задача № 13. Составление инженерно-геологического заключения об условиях разработки железорудного месторождения открытым способом	129
Глава 4. Инженерно-геологическое изучение речных долин в районах расположения плотин, ГЭС, водохранилищ и каналов	
§ 1. Инженерно-геологическое обоснование проекта	137
§ 2. Задачи инженерно-геологических исследований в районах водохранилищ	139

Задача № 14. Обработка материалов и составление заключения об инженерно-геологических условиях района проектируемой плотины на р. Каме (выбор створа)	141
Задача № 15. Обработка материалов и составление инженерно-геологического заключения по участку плотины и здания ГЭС на р. Уфе	158
Задача № 16. Обработка материалов и составление инженерно-геологического заключения об условиях строительства плотины на притоке р. Москвы	162
Задача № 17. Обработка материалов и составление инженерно-геологического заключения по створу плотины на р. Енисее	166
Задача № 18. Обработка материалов инженерно-геологических изысканий в районе проектируемой плотины на р. Енисее и составление заключения о выборе створа	173
Задача № 19. Инженерно-геологическая характеристика участка проектируемой плотины на растворимых породах	187
Задача № 20. Инженерно-геологическая оценка трассы ирригационного канала	193

Глава 5. Инженерно-геологическая характеристика участков строительства городских, дорожных и подземных сооружений

§ 1. Инженерная геология оснований сооружений	201
§ 2. Инженерно-геологические исследования для обоснования проекта и строительства тоннелей и других подземных сооружений	201
Задача № 21. Составление заключения об инженерно-геологических условиях участка строительства городского здания	206
Задача № 22. Оценка инженерно-геологических условий трассы мостового перехода	211
Задача № 23. Составление заключения об инженерно-геологических условиях участка трассы железнодорожного тоннеля и сравнительная характеристика вариантов наземного пути	220
Задача № 24. Составление заключения об инженерно-геологических условиях трассы деривационных тоннелей	224

Глава 6. Обработка данных инженерно-геологической съемки, разведки и опытных работ

§ 1. Характеристика пород по опорным разрезам	231
§ 2. Изучение трещиноватости, водопроницаемости и размываемости пород при помощи опытно-фильтрационных работ	231
§ 3. Изучение прочностных и деформационных свойств и напряженного состояния пород в условиях естественного залегания	233
Задача № 25. Составление инженерно-геологической колонки верхнепермских пестроцветных отложений Поволжья	246
Задача № 26. Составление инженерно-геологической колонки нижнемеловых глинистых отложений Саратовского Поволжья	251
Задача № 27. Составление инженерно-геологической колонки нижнемеловых карбонатных отложений района Ингури ГЭС	256
Задача № 28. Обработка данных опытных нагнетаний в скважину, пройденную в известняках	261
Задача № 29. Обработка результатов опытных нагнетаний в скважину, пройденную в метаморфических породах	269
Задача № 30. Обработка данных опытной кустовой откачки из скважины, пройденных в аллювии	273
Задача № 31. Обработка данных опытной кустовой откачки из закарстованных известняков	282
Задача № 32. Определение суффозионной устойчивости трещиноватых алевролитов и песчаников методом одновременной откачки и нагнетания воды в скважины	287
Задача № 33. Определение модуля деформации глинистых песчаников методом штампов	290
Задача № 34. Определение естественного напряженного состояния метаморфических пород высокого склона методом разгрузки	292

Глава 7. Темы докладов по основным вопросам инженерной геологии (на семинарских занятиях, научных кружках)

Глава 8. Методические указания и приложения

Приложение 1. Условные знаки к специальным инженерно-геологическим картам и разрезам, геологические индексы для обозначения плиоценовых и четвертичных континентальных отложений	311
--	-----