

ВЕДОМСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Дата введения 1989-01-01

РАЗРАБОТАНЫ институтом "Гидропроект" имени С.Я. Жука Министерства энергетики и электрификации СССР

Руководитель темы: д.г.-м.н. Молоков Л.А.

Исполнители: Алипова Г.С., к.т.н. Арипов Н.Ф., к.г.-м.н. Калмыкова Н.И., к.г.-м.н. Карпышев Е.С., к.г.-м.н. Каякин В.В., Кондратьев Н.Н., к.ф.-м.н. Кругляков М.И., к.ф.-м.н. Лаврова Л.Д., Мирошникова Л.С., Михайлов А.Д., к.г.-м.н. Парабучев И.А., к.г.-м.н. Разумов В.К., д.ф.-м.н. Савич А.И., к.г.-м.н. Скиба С.И., Скибина А.Н., к.ф.-м.н. Сувилова А.В., Третьяков К.В., Туткевич В.А., к.т.н. Фишман Ю.А., Хакимова Г.Х.

ВНЕСЕНЫ институтом "Гидропроект" им. С.Я. Жука Минэнерго СССР

ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ Государственным проектно-исследовательским объединением "Энергопроект" Минэнерго СССР

СОГЛАСОВАНЫ Госстроем СССР 27 октября 1988 г., № АЧ-3838-23

УТВЕРЖДЕНЫ приказом Министерства энергетики и электрификации СССР 14 декабря 1988 г. № 419а

С введением в действие ВСН 34.2-88 "Инженерно-геологические изыскания для гидроэнергетических сооружений" утрачивают силу "Рекомендации по определению состава и видов инженерно-геологических изысканий для гидроэнергетического строительства (П-822-84)".

ВВОДЯТСЯ В ПЕРВЫЕ

Настоящие ведомственные нормы распространяются на инженерно-геологические изыскания для проектирования и строительства гидроэнергетических сооружений (приплотинных и деривационных гидроэлектростанций, равнинных гидроаккумулирующих станций, каналов, туннелей, подземных машинных залов ГЭС и ГАЭС, водохранилищ) и устанавливают требования к составу и объему инженерно-геологических работ и отчетным материалам для разработки схемы комплексного использования реки, технико-экономического обоснования (ТЭО) или технико-экономического расчета (ТЭР), проекта и рабочей документации гидроузлов.

Настоящие нормы обязательны для всех организаций, учреждений и предприятий Минэнерго СССР.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Инженерно-геологические изыскания для проектирования и строительства гидроэнергетических сооружений следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП 1.02.07-87 "Инженерные изыскания для строительства" и настоящих норм.

Изыскания для проектирования вспомогательных и подсобных сооружений гидроузлов, включая жилищно-гражданские и промышленные здания и сооружения, транспортные и иные коммуникации, линии электропередачи, следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП 1.02.07-87.

Инженерно-геологические изыскания в районах распространения специфических грунтов (просадочных, набухающих, засоленных, слабых, элювиальных и искусственных), а также в районах развития опасных геологических процессов (карста, склоновых процессов, селей, переработки берегов водохранилищ, озер и рек, сейсмических проявлений и др.) должны выполняться в соответствии со СНиП 1.02.07-87 и с учетом специфики изысканий для гидроэнергетического строительства.

При проведении изысканий в районах распространения вечномерзлых грунтов следует руководствоваться действующими ведомственными строительными нормами - ВСН 30-83 Минэнерго СССР "Инструкция по проектированию гидротехнических сооружений в районах распространения вечномерзлых грунтов" (глава 3 "Инженерно-геологические, геокриологические и гидрогеологические изыскания"), а также требованиями СНиП 1.02.07-87.

1.2. Инженерно-геологические изыскания для строительства гидроэнергетических сооружений проводятся по техзаданию главных инженеров проекта, которые утверждаются главным инженером института (отделения или филиала). Примерный состав техзаданий на разных этапах проектирования указан в приложении 1. Выполнение изысканий без оформленного технического задания запрещается.

В случае применения конкурсного проектирования на стадии проекта всего объекта в целом или его отдельных сооружений, должно выдаваться сводное техническое задание, охватывающее всю территорию, на которой ведется проектирование. Ответственной программой изысканий должна быть учтена необходимость в дополнительных видах объемов инженерно-геологических работ для освещения условий строительства конкурирующих вариантов гидроузлов или сооружений.

1.3. Изыскания должны обеспечивать получение необходимых данных для последовательного решения следующих задач:

выбор района строительства первоочередного гидроузла в результате составления схемы комплексного использования реки;

выбор участка строительства объекта и основных параметров, определяющих его технико-экономические показатели и стоимость на основании составления технико-экономического расчета (ТЭР) или обоснования (ТЭО);

выбор створа подпорных сооружений и нормального подпорного уровня (НПУ) и разработка всех проектных решений при составлении проекта;

определение наиболее рациональных способов строительных работ;

выбор технических решений по охране окружающей среды в периоды изысканий, строительства и эксплуатации гидроузла;

детализация проектных решений в процессе строительства по данным инженерно-геологической документации и наблюдений при строительстве;

выработка рекомендаций по составу и объему наблюдений за состоянием сооружений и сохранностью окружающей геологической среды в период эксплуатации гидроузла.

Кроме того, проектно-изыскательской организацией, как правило, выполняются не относящиеся к изысканиям работы: инженерно-геологическая документация и наблюдения в строительных выемках.

Состав и объемы изысканий следует определять с учетом вероятных границ области взаимодействия сооружений с окружающей геологической средой, а также характера развивающихся вне их инженерно-геологических процессов. Наиболее подробно необходимо изучать состав и состояние слабых пород, залегающих в пределах активной зоны влияния определяющих прочность и устойчивость гидроэнергетических сооружений.

Для обеспечения нормального хода строительства и эксплуатации сооружений и предотвращения опасных для них и для окружающей среды процессов в материалах изысканий должны быть рекомендованы рациональные способы выполнения строительных работ и оптимальные подземные контуры самого сооружения и укрепительных, дренажных и противofильтрационных устройств, соответствующих данным природным условиям.

Все рекомендации должны быть основаны на анализе и прогнозе развития инженерно-геологических процессов, возникающих в процессе строительства и эксплуатации сооружений, а также с учетом необходимости охраны окружающей среды.

1.4. Инженерно-геологические изыскания выполняются на основании программы и сметы, составленных для каждой стадии проектирования. Для крупных объектов (при стоимости изысканий свыше 100 тыс. руб.), кроме того, разрабатывают проект производства изыскательских работ.

Программа изысканий составляется в соответствии с п. 1.21 СНиП 1.02.07-87 и должна содержать: техническое задание, сведения о геолого-геофизической изученности, наличии аэро- и космоснимков; краткое описание сейсмических и инженерно-геологических условий, составленное на основании сбора и обобщения материалов изысканий прежних лет и обследования местности; состав и объемы изыскательских исследовательских работ с обоснованием их необходимости; категории пород местности, необходимые для составления сметы; мероприятия по рекультивации участков, нарушенных в процессе изысканий; состав и сроки предоставления предварительных и окончательных данных изысканий; список использованных литературных и фондовых источников.

К программе прилагаются графические материалы, характеризующие общее геологическое строение и изученность района, схематический план проектируемых сооружений и расположения контуров намечаемых инженерно-геологических съемок и разведочных выработок.

В программе работ должны быть указаны принятые категории сложности инженерно-геологических и геолого-геофизических условий (приложения 4, 5, 7 и 14 настоящих ВСН) и категории горных пород по буримости по "Сборнику цен на изыскательские работы для капитального строительства".

1.5. В проекте производства изыскательских работ должны быть приведены сведения о наличии на месте жилых и производственных помещений; средств транспорта и связи; описание условий обеспечения изысканий горючим, лесоматериалами и электроэнергией; указаны объемы, последовательность и календарный график выполнения отдельных видов работ; приведена потребность в оборудовании, снаряжении и материалах; дан расчет необходимого персонала; составлены проекты проходки крупных разведочных выработок. На основании сопоставления имеющихся на месте условий потребностями намечают необходимые мероприятия по материально-техническому обеспечению изыскательских работ.

1.6. Главным условием обеспечения максимальной эффективности инженерно-геологических изысканий и рационального использования их результатов в проектах должно являться тесное и творческое сотрудничество изыскателей и проектировщиков на всех этапах проектно-изыскательских работ и в период строительства. Это сотрудничество должно основываться на принципах "активного проектирования", суть которых сводится к следующему.

На предпроектных стадиях на основании имеющихся данных о геологическом строении, гидрогеологических условиях, характере геофизических полей и других элементов природной обстановки с помощью поисково-информационных систем необходимо производить подбор аналогов и решить основные прогнозно-диагностические задачи. Это позволит предварительно оценить инженерно-геологические факторы, которые будут влиять на условия строительства и эксплуатации сооружений. Одновременно следует провести предварительные проектные проработки для подбора наиболее рациональных в данных условиях конструкций и компоновок сооружений и оценки степени влияния природных факторов на выбор проектных решений. При этом должен быть установлен порог "чувствительности" проектируемых сооружений к изменениям геологической среды. В результате выполненной совместно изыскателями и проектировщиками работы должны быть решены следующие задачи:

выявлен комплекс инженерно-геологических вопросов, от решения которых будет зависеть подход к выбору проектных решений, установлены характер и степень влияния свойств грунтов основания или среды на конструкцию и эксплуатационные характеристики сооружений, определена необходимая и достаточная точность инженерно-геологических характеристик;

подобраны наиболее рациональные типы, конструкции и компоновки сооружений, разработаны "гибкие" проектные решения, учитывающие возможность изменения состояния и свойств основания или среды.

Использование в инженерных изысканиях принципов "активного проектирования" требует дифференцированного подхода к детальности исследований различных элементов инженерно-геологических условий с концентрацией внимания на тех из них, которые в наибольшей степени определяют выбор проектных решений. При этом степень достоверности и обоснованности получаемых исходных данных должна обеспечивать сведение к минимуму как недооценки неблагоприятных природных факторов, приводящей к удорожанию строительства, так и неоправданному завышению запасов прочности проектируемых сооружений.

1.7. Наиболее конкретным выражением результатов изысканий являются следующие текстовые и графические материалы:

карты инженерно-геологического и сейсмического районирования изученных территорий и участков строительства;

инженерно-геологические (геофильтрационные, геофизические, геомеханические и др.) модели массивов пород в пределах области взаимодействия сооружений с геологической средой;

расчетные показатели физико-механических и фильтрационных свойств пород, служащих основанием, материалом или средой для сооружений;

прогнозы развития неблагоприятных геологических процессов в периоды строительства и эксплуатации сооружений.

1.8. При составлении инженерно-геологических моделей массива горных пород для обоснования проектов гидротехнических сооружений на всех стадиях необходимо выделить определяющие инженерно-геологические элементы, под которыми понимаются те элементы массива пород, которые в системе "массив-сооружение" при анализе ее работы оказывают наибольшее влияние на выбор типа и конструктивных особенностей сооружений, технологии возведения и режима эксплуатации сооружений, а также на разработку инженерных мероприятий по улучшению свойств массива пород. Определяющие элементы должны исследоваться более подробно.

1.9. Изыскательские работы следует выполнять комплексно, различными методами, обеспечивая этим контроль и взаимодополнение их результатов. В процессе изысканий необходимо использовать имеющийся опыт строительства в подобных условиях и аналоги, применять метод прогнозирования неблагоприятных инженерно-геологических явлений. Использование всех этих методов позволяет оптимизировать состав и объем изыскательских работ. В процессе изысканий программа работ должна уточняться в соответствии с выявляемыми особенностями геологической среды без увеличения общей стоимости работ.

В целях обеспечения необходимого качества инженерно-геологических изысканий следует организовывать поэтапную и текущую (ежеквартальную) приемку материалов полевых изыскательских подразделений.

1.10. В процессе инженерно-геологических изысканий должны соблюдаться меры по предотвращению ущерба окружающей среде:

подрезка склонов временными дорогами и площадками для установки буровых станков должна выполняться в минимальных объемах; по завершении работ выемки следует засыпать утрамбованным грунтом и выполнять мероприятия по предотвращению размыва склонов мест подрезки склонов выемками;

все шурфы и шахты по окончании работ следует засыпать грунтом с утрамбовкой;

скважины по завершении работ должны тампонироваться глиной с утрамбовкой; тампонирующее вещество скважин или скважин, соединяющих разные водоносные горизонты, следует выполнять особенно тщательно (с применением цемента);

при нагнетании воды в водоносные пласты, используемые или пригодные для питьевого водоснабжения, необходимо исключать возможность их биологического или химического загрязнения.

## А. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТОВ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

### 2. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СХЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКИ

2.1. Инженерно-геологические изыскания должны обосновать технический замысел комплексного использования реки и выбор первоочередного объекта строительства. Изучению подлежит вся намеченная к использованию часть долины реки. Наиболее подробно должны быть освещены районы проектируемых гидроузлов и неблагоприятные участки на

водохранилищах.

Перед началом инженерно-геологических изысканий проводят сбор, изучение и обобщение имеющихся по району исследований аэро- и космоснимков, общих геологических, сейсмологических и инженерно-геологических материалов, опубликованных, хранящихся в геологических фондах и в архивах различных учреждений в соответствии со СНиП 1.02.07-87.

После сбора и обобщения литературных и фондовых материалов следует провести рекогносцировку всего района работ. В ней должны участвовать: главный инженер проекта, ведущий геолог, топограф, начальник изыскательской экспедиции и специалисты по отдельным вопросам, возникающим при составлении схемы. В процессе рекогносцировки необходимо дополнить данными наблюдений сведения, полученные при проработке литературных и фондовых материалов, наметить в натуре участки возможного расположения гидроузлов и водохранилищ с учетом минимального ущерба для окружающей среды, выяснить условия производства изыскательских работ.

2.2. Данные систематизации литературных и фондовых материалов и результаты рекогносцировки являются основой для рабочей гипотезы использования реки, составления технического задания на изыскания и программы работ. К программе прикладывают карту геологической изученности, справку о сейсмичности района, схематические геологические карты и разрезы по району работ.

Программу инженерно-геологических изысканий для обоснования схемы составляют в соответствии с техническим заданием. При этом в максимальной степени должны быть использованы материалы Мингео СССР, а также других проектно-изыскательских организаций, выполнявших работы в изучаемом районе.

2.3. Общие инженерно-геологические исследования проводят по всей намеченной к использованию части долины реки для того, чтобы обоснованно наметить районы гидроузлов, оценить инженерно-геологические условия создания водохранилищ, выявить карьеры грунтовых материалов. В программе работ желательно выделить элементы, определяющие взаимодействие системы "сооружение - геологическая среда", которые изучаются более детально.

Основным видом работ на этом этапе является инженерно-геологическая съемка, дополненная геофизическими работами. Исследования должны охватывать всю намеченную к использованию часть долины основной реки и долины ее притоков до выклинивания подпора. Границы съемки должны проходить по обоим берегам несколько выше отметки максимального проектируемого на каждом участке подпора, но не удаляться от подпорной горизонтали более, чем на 2-3 км. Только там, где необходимо изучить какие-либо особые условия (например, устойчивость склона, возможность интенсивной фильтрации в соседнюю долину и пр.), а также при отсутствии по району исследований геологической карты необходимого масштаба, границы съемки могут проходить на большем расстоянии от горизонтали подпора. Масштаб инженерно-геологической съемки, в зависимости от сложности геологического строения, рельефа и наличия защищаемых объектов в зоне влияния водохранилища может быть от 1:50000 до 1:100000.

2.4. Для определения сейсмической опасности на намечаемых участках строительства (расчетной балльности землетрясений) следует пользоваться нормативными документами, выполнять анализ фондовых и литературных материалов и, в случае необходимости, специальных сейсмологических, сеймотектонических и региональных геолого-геофизических работ в масштабах от 1:2500000 до 1:200000. Выполняется также маршрутное сеймотектоническое обследование местности, дешифрирование дистанционных снимков. Минимальные сроки выполнения работ по п.2.4 от 0,5 до 1 года, в зависимости от степени изученности района и сложности тектонического строения.

2.5. Условия создания водохранилищ оценивают по данным мелкомасштабной инженерно-геологической съемки, и только там, где съемкой будут выявлены неблагоприятные условия для создания водохранилища и для окружающей среды, которые могут повлиять на забивку реки на ступени, следует проводить более детальные дополнительные геологические съемки, разведочные, геофизические и гидрогеологические работы в объеме, необходимом для оценки этих условий. Работы следует выполнять на ключевых (типичных) участках.

Если по общим гидрогеологическим условиям района можно ожидать существенные фильтрационные потери из водохранилища или подтопление территорий, то при отсутствии данных для ориентировочных гидрогеологических расчетов необходимо заложить гидрогеологические поперечники и провести на них в минимальном объеме опытно-фильтрационные работы и гидрогеологические наблюдения. Объем работ определяется программой в зависимости от сложности гидрогеологических условий.

Для оценки возможности нарушения устойчивости бортов горных водохранилищ и образования крупных оползней и обвалов необходимо выполнять специальные обследования потенциально неустойчивых склонов и дать соответствующий прогноз.

2.6. В районах возможного расположения гидроузлов проводят в ограниченном объеме изыскания, в состав которых входят: дешифрирование материалов космо- и аэросъемки, маршрутное обследование местности, инженерно-геологические съемки, разведка и опытно-фильтрационные работы, геофизические исследования. Эти работы сопровождаются изучением физико-механических свойств пород и химического состава подземных вод. Съемкой необходимо охватить весь отрезок долины, в пределах которого возможно расположение гидроузла. Масштаб съемки, в зависимости от сложности инженерно-геологических условий, может быть принят от 1:5000 до 1:50000.

Наиболее крупные масштабы съемок применяются в узких горных долинах, в пределах которых намечается строительство высоких плотин. В этом случае необходимо применять фототеодолитную съемку.

2.7. Разведочные работы проводятся для всех гидроузлов, но в более полном объеме для тех, которые рассматриваются как объекты первоочередного строительства. На участках проектируемых плотин выработки располагаются по поперечникам через долину - створам, которые выявляют в процессе рекогносцировки и инженерно-геологической съемки. Для деривационных гидроузлов может быть пройдено также некоторое количество выработок по предполагаемым трассам деривации и на участке напорно-станционного узла. Для наиболее перспективных и сложных объектов должно быть разведано 2-3 поперечника через долину или профиля по трассе деривации, для остальных не более одного.

Скважины должны быть расположены на всех основных геоморфологических элементах долины (русло, террасы, коренные склоны и др.). Расстояние между скважинами в пределах каждого геоморфологического элемента, в зависимости от сложности инженерно-геологических условий, для долин равнинных рек следует принимать 200-500 м, для очень узких горных долин - 50-100 м. В долинах равнинных рек проходят скважины, а в узких горных ущельях, склоны которых не имеют мощного покрова рыхлых отложений, исследования ведутся скважинами, штольнями, шурфами и канавами.

Глубина скважин и горных выработок, проходимых на створах плотин, должна быть такой, чтобы можно было установить очертания коренного ложа долины; состав и структуру пород коренной основы и рыхлого четвертичного покрова; глубину зоны выветривания скальных пород; положение уровня подземных вод и водопроницаемость пород. Для составления программы изысканий при отсутствии данных о строении долины можно принять, что для плотины высотой до 20 м средняя глубина разведочных скважин может быть в два раза больше напора на плотине. При дальнейшем увеличении высоты плотин

это соотношение уменьшается и для плотин высотой 100 м средняя глубина скважин равна высоте напора. Для более высоких плотин среднюю глубину скважин принимают меньше высоты напора. Глубину специальных скважин (структурных др.) принимают исходя из их назначения.

2.8. Геофизические исследования на стадии схемы необходимо выполнять в комплексе с геологической съемкой масштаба 1:50000-1:100000 и бурением и проводить по отдельным профилям, расположенным вдоль и вкост долины реки. Следует изучить участки возможного расположения створов, трасс деривации, участков водохранилищ, месторождений строительных материалов. Должен применяться, в основном, комплекс электроразведочных методов (ВЭЗ, электропрофилеирование), каротаж скважин, магниторазведка. В сложных инженерно-геологических условиях (наличие мерзлоты, нарушение устойчивости бортов долин, локальных переуглублений и пр.) для решения общегеологических задач на этой стадии возможно применение сейсморазведки.

2.9. Гидрогеологические исследования проводят в районах всех гидроузлов, но их детальность зависит от значения гидрогеологических условий для проектируемого сооружения и очередности объекта. В состав этих исследований входят гидрогеологические наблюдения в процессе инженерно-геологической съемки и разведочных работ, а также опытно-фильтрационные работы (откачки, нагнетания, наливов) и в отдельных случаях режимные гидрогеологические наблюдения. Объем опытно-фильтрационных работ определяют исходя из необходимости выявить водопроницаемость тех слоев, которые после создания подпора могут стать путями фильтрации, существенной для водного баланса сооружения, или могущей вызывать деформации основания.

2.10. Исследования физико-механических свойств грунтов (в основном физических показателей), их петрографического и химического состава проводят на пробах, отобранных из скважин, на всех объектах в объеме, необходимом для классификации грунтов, общей оценки их состояния и подбора аналогов (от 7 до 10 проб из каждой литологической разности). Исследования для определения прочности и сжимаемости основных разностей скальных пород проводят лабораторными методами и в ограниченном объеме лишь для первоочередных гидроузлов, а для остальных эти показатели принимают по аналогам. Грунты считаются аналогичными, если присходных литологии и генезисе показатели их состава и физических свойств отличаются не более чем на 30%, а основные параметры и технология строительства проектируемого сооружения и сооружения-аналога близки. Для скальных пород определяют временное сопротивление сжатию, а показатели прочности и сжимаемости принимают по методу аналогий и с помощью сейсмоакустических методов. На этом этапе следует получить предварительное представление о мощности естественных зон разуплотнения и выветривания, типе кор выветривания (физический или химический), наличии тектонических нарушений, степени трещиноватости пород в массиве на глубину области взаимодействия сооружений с геологической средой.

2.11. Характеристику условий строительства подземных гидротехнических сооружений обычно дают по данным инженерно-геологической съемки и геофизических исследований и лишь в исключительных случаях для этих целей проходят скважины.

Для составления схемы инженерно-геологического строения массива горных пород (предварительной модели) изучаются также все литературные и фондовые материалы по району, дешифрируются аэро- и космические снимки, используется опыт проходки подземных выработок в аналогичных условиях. Опробование пород выполняется в единичных выработках и изобнажениях. По этим же материалам выполняется прогноз возможности интенсивного водопритока в выработки, газопроявлений, температурного режима.

Результатом выполненных работ должны быть рекомендации по выбору трасс туннелей и мест расположения других подземных сооружений, исходя из геолого-структурных, инженерно-геологических и сейсмологических условий.

2.12. На этом этапе должны быть выявлены естественные неблагоприятные для проектируемых сооружений геологические процессы и дан предварительный прогноз возможности развития в периоды строительства и эксплуатации сооружений инженерно-геологических процессов, представляющих угрозу сооружениям или окружающей геологической среде.

2.13. В инженерно-геологическом обосновании схемы комплексного использования реки должны быть даны сведения об обеспеченности строительства проектируемых гидроузлов естественными строительными материалами: указаны участки распространения строительных материалов для всех рассматриваемых в проекте вариантов конструкций сооружений; дана характеристика их качества; приведены ориентировочные объемы (запасы), которые должны превышать потребность в 2-3 раза.

Сведения о строительных материалах дают на основании поисков и поисково-оценочных работ и результатов геофизических работ. Качество строительных материалов определяют в соответствии с детальностью (категорией) разведки.

2.14. Материалы инженерно-геологических изысканий оформляют в виде записки, которая входит в состав проекта и отчета об изысканиях, передаваемого в геологический фонд.

Состав записки: введение, геологическое описание долины, характеристика сейсмических условий, инженерно-геологическое районирование долины, инженерно-геологическое описание районов гидроузлов и водохранилищ, заключение и выводы. Основные графические приложения к записке: обзорная карта, карта инженерно-геологического районирования долины реки, с выделением участков развития неблагоприятных геологических процессов, продольный геологический разрез по долине реки, инженерно-геологические разрезы по створам, обзорные схемы (тектонические, сейсмологические, геоморфологические), разрезы к картам.

В зависимости от сложности инженерно-геологических условий и количества объектов, входящих в схему, записка может содержать от 50 до 100 страниц, а отчет - от 100 до 200 страниц.

Отчет об изысканиях составляется в соответствии с требованиями геологического фонда. Он должен содержать более расширенное описание инженерно-геологических условий и приложения фактического материала.

По завершении каждого этапа изысканий информационный массив данных полевых и лабораторных исследований должен вводиться в систему автоматизированной обработки материалов изысканий "Природные условия" САПР-ГЭС. Информационный массив должен состоять из качественных и количественных данных, полученных в ходе инженерно-геологических изысканий, а также из основных данных проектируемых сооружений (тип и размеры сооружений, возможные нагрузки на основание, технология возведения и пр.).

### 3. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ (ТЭО) ИЛИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА (ТЭР) ГИДРОУЗЛА

3.1. ТЭО (или ТЭР) для изысканий является наиболее ответственным этапом работ, на котором должна быть выбрана площадка для строительства, включая место расположения основных сооружений (плотины, напорно-станционного узла, трасс деривации и пр.), постоянных и временных поселков, производственной базы строительства, карьеров местных строительных материалов, перевалочных баз, трассы внешних коммуникаций, а также решены основные вопросы, связанные с созданием водохранилища (включая выбор отметки НПУ) и охраной окружающей среды. Расчетная стоимость строительства, предусмотренная в утвержденном ТЭО, является лимитом на весь период строительства.

Основными задачами инженерно-геологических изысканий для ТЭО гидроузла являются:

освещение и сопоставление природных условий намеченных в "Схеме" конкурирующих участков расположения сооружений гидроузла для выбора одного из них в качестве первоочередного;

обоснование проектных решений на выбранном участке;

оценка условий создания водохранилища при различных отметках НПУ;

оценка влияния сооружений гидроузла и водохранилища на окружающую среду;

получение данных об обеспеченности строительства местными строительными материалами.

3.2. Изыскания для ТЭО делятся на два этапа. На первом этапе изыскания необходимо проводить на всех конкурирующих участках возможного расположения гидроузлов. Целью работ является определение оптимального по инженерно-геологическим условиям участка.

На втором этапе должны быть более детально освещены инженерно-геологические условия этих участков и даны рекомендации для выбора участка.

На конкурирующих участках проводят инженерно-геологическую съемку, горно-буровые и геофизические разведочные работы, гидрогеологические исследования, изучение физико-механических свойств пород, а в районах, характеризующихся особыми условиями (например, высокой сейсмичностью, распространением вечной мерзлоты и пр.), специальные исследования этих условий. Выполняют поисково-оценочные работы и предпроектные изыскания естественных строительных материалов.

3.3. Инженерно-геологические съемки на конкурирующих участках створов плотин должны проводиться на местности со сложным геологическим строением в масштабе 1:5000, при средней сложности 1:10000, при простом геологическом строении 1:25000.

Границы съемки на каждом участке следует назначать с учетом особенностей геологического строения, вариантов компоновки сооружений и отметки подпорного уровня водохранилища. Границы съемки должны проходить не ближе 200 м от контуров основных сооружений. В районе со сложным геологическим строением помимо мелких выработок, обосновывающих съемку, следует проходить отдельные структурные скважины. В случае необходимости съемку сопровождают специальными исследованиями структуры и трещиноватости скальных массивов, новейшей тектоники и сейсмичности, карста, устойчивости высоких береговых склонов и др.

3.4. Для районов с высокой фоновой сейсмичностью (более 6 баллов) на отрезке долины, в пределах которого выполняется выбор участков створов плотин, организуются сейсмологические исследования. Задачи сейсмологических исследований - детальная оценка сейсмологических и сеймотектонических условий и, в частности:

определение зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ), их основных характеристик и параметров сейсмических воздействий на участке строительства, обусловленных сильнейшими сейсмическими событиями в каждой зоне ВОЗ (I этап ТЭО);

оценка влияния на характеристики сейсмических воздействий локальных природных условий; прогноз возможности и величины тектонических и сейсмодетонаций;

определение расчетных сейсмических воздействий (предварительное) (II этап ТЭО).

Для решения этих задач применяются: детальное сейсмическое районирование (ДСР) и сейсмическое микрорайонирование (СМР), полевые и камеральные работы, сейсмологические, геологические, геофизические и др., дешифрирование дистанционных снимков, обследование палеосейсмодислокаций, математическое моделирование.

Масштабы исследований: ДСР - 1:500000-1:200000, СМР - 1:50000-1:25000.

На I этапе решаются преимущественно задачи детального сейсмического районирования (ДСР), т.е. изучаются региональные тектонические и сейсмологические особенности участка строительства.

На этом этапе начинается регистрация микроземлетрясений, продолжающаяся и на II этапе ТЭО. Продолжительность I этапа ТЭО, в зависимости от категории сложности района строительства - от 1,5 до 2 лет. В конце I этапа ТЭО выдается информационный отчет о результатах I этапа сейсмологических исследований с соответствующими рекомендациями по уточнению участка строительства с учетом расположения основных зон тектонических нарушений и зон ВОЗ.

На II этапе ТЭО:

продолжаются работы по ДСР для уточнения локализации и характеристики зон ВОЗ и выяснения вопроса о сейсмической активности зон выявленных тектонических нарушений на современном этапе;

изучается влияние локальных природных условий на характеристики сейсмических воздействий;

дается прогноз возможности и величины тектонических сейсмодетонаций.

Продолжительность сейсмологических исследований II этапа - 1 год. После завершения II этапа выдаются расчетные характеристики сейсмических воздействий на выбранный участок створа плотины.

3.5. В зависимости от особенностей геологического строения и характера рельефа долины реки разведку можно проводить буровыми скважинами, шурфами, канавами и штольнями (в горных долинах). Разведкой необходимо осветить строение всех основных геоморфологических элементов долины реки.

На выбранном участке расположение поперечников должно отвечать принятой компоновке сооружений. Расстояние между выработками принимают при простых инженерно-геологических условиях 200-300 м, сложных 100-200 м и весьма сложных -

50-100 м. На выбранных створах расстояния между разведочными выработками уменьшаются до 50-100 м. Расстояние между выработками в пределах оснований бетонных сооружений должно быть меньше, чем в пределах земляных.

Глубину скважин принимают исходя из необходимости построить инженерно-геологические разрезы на всю мощность активной зоны влияния сооружения на основание. Поэтому глубину выработок назначают с учетом конкретных геологических условий и типов сооружений. Глубина скважин должна быть достаточной, чтобы можно было: установить глубину залегания коренного ложа долины или водоупорных пород; установить состав рыхлых четвертичных отложений и коренных пород; выявить мощность зоны выветривания и естественного разуплотнения; охарактеризовать структурно-тектонические условия; определить глубину залегания подземных вод, их уровни, химический состав и другие элементы геологического разреза.

Ориентировочно принимается, что средняя глубина скважин для плотин высотой до 20 м может быть два раза больше напора на плотине. При дальнейшем увеличении высоты плотин это соотношение уменьшается и для плотин высотой 100 м средняя глубина скважин равна высоте напора. Для более высоких плотин среднюю глубину скважин принимают меньше высоты плотин. Глубину и расположение специальных скважин (структурных, предназначенных для изучения карста, крупных разломов, прослоев легкорастворимых пород и т.п.) принимают исходя из их назначения.

Длина штолен, которые проходят в бортах горных долин, должна быть достаточной для определения положения кровли коренных пород, мощности зоны их интенсивного выветривания и разуплотнения, глубины развития современных и древних обвально-оползневых процессов. По материалам проходки штолни должны быть охарактеризованы относительно сохраненные породы, залегающие в примыканиях плотины, а также выявлены структурно-тектонические условия участка.

3.6. На стадии ТЭО при изысканиях на участках плотин геофизические исследования необходимо проводить, как правило, на створах, которые представляются наиболее перспективными, а также по окуривающим поперечникам (выше и ниже створов плотин) и по связующим профилям вдоль долины реки. В сложных условиях (при наличии переуглублений над долиной, крупных зон тектонического дробления и т.д.) профили располагаются в других направлениях (под углом к долине, вкострости разломов или породы т.д.). Исследования проводятся в комплексе с инженерно-геологической съемкой, разведочными и гидрогеологическими работами. Используются те же виды исследований, что и на стадии схемы, но большее значение приобретают наблюдения во внутренних частях среды (просвечивание между выработками и между выработками дневной поверхностью, каротаж). Сочетание сейсморазведки, электроразведки, магниторазведки и каротажа позволяет уменьшить неоднозначность интерпретации результатов работ, оценить более достоверно физико-механические свойства пород, устойчивость склонов, скорость движения подземных вод, их минерализацию, водонасыщенность пород, их льдистость и др. Геофизические методы используются при распространении данных лабораторных и точечных полевых испытаний свойств пород на массив горных пород.

3.7. Гидрогеологические исследования на I этапе выполняются в составе и объемах, необходимых для характеристики общих гидрогеологических условий района вариантов створов с целью их сопоставления по условиям фильтрации из водохранилища на участке водоподпорных сооружений при разных отметках НПУ, условиях проходки строительных котлованов (водопритоки, воздействие напорных вод на основание сооружений, развитие других неблагоприятных геологических процессов).

Мощность и условия залегания водоносных горизонтов, их гидравлический характер, положение уровней подземных вод, условия их питания и разгрузки, гидрохимические условия, положение области питания подземных вод относительно НПУ оцениваются в основном по результатам инженерно-геологической съемки, горнобуровых и геофизических работ. При выполнении указанных работ обязательным является: картирование и описание всех естественных выходов подземных вод (характер выхода, дебит, температура и химический состав воды), фиксация появления и восстановления их уровня в выработках и наблюдения за поглощением промышленной жидкости в процессе бурения, за характером, количеством и дебитами водопоявлений при проходке горных выработок, отбор проб воды на химический анализ.

Опытно-фильтрационные работы на вариантах створов выполняются, как правило, для оценки водопроницаемости пород, с которыми могут быть связаны существенные для водного баланса водохранилища утечки воды в нижний бьеф или в соседнюю долину. На каждом варианте створа эти породы должны быть опробованы не менее чем в 3-5 скважинах.

В нескальных обводненных породах выполняются одиночные опытные откачки: на всю мощность водоносного пласта, если она не превышает 20 м и позонные, если мощность водоносного пласта больше 20 м, в обводненных породах - наливывы в шурфы и скважины.

В скальных породах, как правило, выполняется сплошное опробование позонными нагнетаниями и наливывами воды в скважины.

В слабопроницаемых породах оценку их водопроницаемости допускается давать по результатам лабораторных исследований, геофизических работ и по аналогам.

На выбранном варианте створа (II этап) гидрогеологические исследования проводятся в составе и объемах, необходимых и достаточных для построения геофильтрационной модели участка створа и проектирования на ее основе противофильтрационных и дренажных мероприятий, строительного водопонижения и водоотлива, для выбора источников временного водоснабжения, для оценки агрессивных свойств воды.

Геофильтрационная модель - это представленная в обобщенном и схематизированном виде совокупность гидрогеологических и других природных факторов, определяющих на изучаемом участке закономерности распределения величин напоров, скоростей и расходов подземных и фильтрационных вод в естественных и техногенно нарушенных условиях. На модели должны быть выделены квазиоднородные по гидрогеологическим параметрам микрозоны (участки).

Водопроницаемость водоносных и обводненных пород, по которым в строительный и эксплуатационный периоды может происходить фильтрация в основании и в береговых примыканиях водоподпорных сооружений, должна быть охарактеризована по результатам полевых опытно-фильтрационных работ. При распространении результатов опытно-фильтрационных работ на массив должны максимально использоваться данные о трещиноватости и гранулометрическом составе пород. Для увязки фильтрационных характеристик скальных пород, определенных по результатам опытных нагнетаний и откачек, должны выполняться совмещенные опыты в количестве не менее 5 для каждой литолого-стратиграфической разности.

Исследования водопроницаемости береговых примыканий, сложенных слабо водопроницаемыми породами, могут быть ограничены зоной развития рыхлых покровных отложений и выветрелых пород. В породах средне- и сильно водопроницаемых ширина зоны, подлежащей исследованиям, должна составлять не менее 2-3 напоров на плотине (считая от горизонтали подпора вглубь берега).

Каждый элемент геофильтрационной модели, за исключением заведомо водоупорных пород, в зависимости от его инженерно-геологического значения для проектируемых сооружений, размеров, водопроницаемости и степени фильтрационной

неоднородности должен быть опробован 30-70% выработок.

В сложных и очень сложных гидрогеологических условиях в пределах участка створа должно быть предусмотрено выполнение в нескольких разведочных скважинах резистивметрического каротажа с целью предварительного расчленения гидрохимического разреза и уточнения объемов гидрохимического опробования.

Естественный уровень и гидрохимический режим водоносных горизонтов в зоне возможного влияния сооружений должен быть охарактеризован по данным стационарных наблюдений, выполняемых в течение всего периода изысканий, но не менее чем в течение 1 года. Помимо скважин, расположенных по створу, оборудуются наблюдательные скважины в верхнем и нижнем бьефах. На каждом берегу должно быть оборудовано не менее 6-10 скважин. Наблюдательная стационарная сеть должна быть использована для построения карт гидроизогипс (гидроизопьез) на разные моменты времени и выполнения на их основе, с учетом данных опытно-фильтрационных работ, прогноза фильтрационных потерь в основании и в обход сооружений, подпора подземных вод в верхнем и нижнем бьефах, водопритоков в строительные выемки и др. Для характеристики изменчивости химического состава и агрессивности подземных вод в течение года из каждого водоносного горизонта (комплекса) должно быть отобрано не менее 4 проб воды с последующим производством стандартных анализов.

3.8. Исследования физико-механических свойств грунтов при изысканиях для выбора участка гидроузла состоят из определений свойств, необходимых для классификации грунтов и подбора аналогов. Выявленные при этом слабые грунты изучают более подробно.

Исследования прочности и сжимаемости грунтов, залегающих на конкурирующих участках, проводят лабораторными и геофизическими методами, а также используют прессиометрию и зондирование. Их выполняют для тех слоев, которые определяют устойчивость проектируемых сооружений и свойств, существенно влияющих на выбор участка створа.

При сравнении вариантов створов высоких бетонных плотин и на выбранном участке в необходимых случаях допускается выполнение полевых исследований сопротивления сдвигу и сжимаемости пород штампами (приложение 2). При необходимости на данном этапе изысканий могут быть проведены с участием строительной организации опытно-производственные работы по разработке и исследованию карьеров некондиционных горных пород, которые предполагается использовать как материал грунтовых сооружений.

3.9. При инженерно-геологических изысканиях для проектирования деривационных каналов необходимо выявить: условия создания выемок и насыпей для канала; устойчивость склонов и откосов канала, состав грунтов по трассе, их физико-механические и фильтрационные свойства. По трассам каналов выполняют комплекс изыскательских работ в два этапа: для выбора варианта и на выбранном варианте. Варианты трассы канала должны быть предварительно намечены на топографической карте и уточнены рекогносцировкой, выполняемой инженером-геологом вместе с проектировщиком.

Затем в пределах полосы шириной для каждого варианта 0,5-1 км проводят инженерно-геологическую съемку, масштаб которой может быть от 1:5000 до 1:25000. Все варианты трассы должны размещаться в пределах одного контура съемки. В случае наличия неблагоприятных геологических явлений (оползни и др.) по выбранной трассе выполняются дополнительные съемки в более крупном масштабе и проводится их изучение.

3.10. Разведочные работы выполняют по всем вариантам трассы канала. Скважины, шурфы проходят по осевому каналу и характерным поперечникам длиной 100-200 м. При этом выработки должны быть расположены на всех основных элементах рельефа и геологической структуры участка. Среднее расстояние между выработками в зависимости от строения при выборе варианта может составлять по трассе 200-400, на поперечниках - 50-100 м. На выбранном варианте трассы среднее расстояние между выработками принимают по нижнему пределу интервалов. Наиболее подробно разведывают места расположения бетонных сооружений: насосных станций, акведуков, дюкеров и др.

3.11. При изучении трасс деривационных каналов геофизические работы проводятся в дополнение к геологической съемке для определения мощности и состава рыхлых отложений, выявления трещиноватости и закарстованности пород и зоны выветривания и уплотнения. Используется комплекс геофизических методов, состоящий из электромагнито- и сейсморазведки и каротажа. В благоприятных геологических условиях можно использовать только электроразведку. Профили располагаются как вдоль трасс каналов, так и на поперечниках; их расположение зависит от наличия вариантов трасс деривации и инженерно-геологического строения.

3.12. Гидрогеологические исследования при изысканиях для выбора трассы канала должны обеспечить изучение гидрогеологических условий в объеме, необходимом для сопоставительной оценки конкурирующих вариантов по условиям производства земляных работ и фильтрации из канала. По всем вариантам трассы должно быть установлено положение уровней подземных вод и охарактеризована водопроницаемость пород, в которых будет проходить канал. Для решения указанных задач в процессе инженерно-геологической съемки и проходки разведочных выработок проводятся гидрогеологические наблюдения, состав которых регламентирован в п.3.7.

Полевые опытно-фильтрационные работы (наливы воды в шурфы и скважины, одиночные откачки из скважины) проводятся только на участках, где вопросы фильтрации (водопритоков) имеют существенное значение и могут влиять на выбор трассы. Для характеристики водопроницаемости пород на остальных участках выполняются лабораторные определения коэффициентов фильтрации, используются косвенные признаки и аналоги.

Гидрогеологические исследования при изысканиях по выбранной трассе должны обеспечить получение данных, необходимых для районирования трассы по условиям фильтрации из канала, определения ее размеров, прогноза подпора подземных вод на прилегающей территории, оценки устойчивости склонов на оползневых и косогорных участках и оценки агрессивности подземных вод. Расчетные показатели водопроницаемости всех характерных разновидностей водопроницаемых пород, развитых по трассе канала, должны быть обоснованы результатами опытно-фильтрационных работ.

Для изучения условий подпора подземных вод на характерных участках трассы должны быть выполнены стационарные наблюдения за уровнем и гидрохимическим режимом подземных вод в специально оборудованных скважинах и по существующим вблизи трассы колодцам и источникам. Стационарные режимные наблюдения за подземными водами выполняются также на оползневых и косогорных участках, на которых дополнительное увлажнение пород за счет фильтрации из канала может привести к нарушению их устойчивости. Наблюдения за режимом подземных вод должны проводиться в течение всего периода изысканий, но не менее одного года.

3.13. Изучение физико-механических свойств грунтов, залегающих по трассе канала, при выборе варианта проводят в ограниченном объеме, достаточном для классификации грунтов, общей характеристики их основных показателей и подбора аналогов. Количество проб по каждому выделенному в разрезе инженерно-геологическому элементу может составлять от 6 до 10. По выбранному варианту проводят более полные исследования физико-механических свойств грунтов с определением показателей их прочности и сжимаемости.



3.14. Основными инженерно-геологическими факторами, определяющими условия строительства и эксплуатации туннелей и других подземных гидротехнических сооружений, являются: устойчивость горных пород в сводах и стенках выемки, а также на участках порталов; прочностные, деформационные и другие физико-механические свойства пород (в том числе размокаемость, выветрелость и др.); их напряженное состояние, горное давление и пучение; водопроницаемость пород, химический состав и агрессивность подземных вод; газоносность горных пород и геотермические условия. На этом этапе изысканий следует дать предварительную характеристику перечисленных факторов, основанную на материалах инженерно-геологической съемки, отдельных выработок и геофизических работ и использования аналогов. В частности, по результатам выполненных работ должны быть представлены:

модель трещиноватости скального массива;

модель геомеханических и физико-механических свойств;

характеристика напряженного состояния массива пород;

ориентировочные данные по водопроницаемости пород, температуре, химизму и режиму подземных вод;

оценка сейсмологических характеристик;

прогноз развития неблагоприятных геологических процессов в период строительства и эксплуатации сооружения.

В состав изысканий для выбора трассы туннеля входят: инженерно-геологические съемки, горно-буровые и геофизические работы, гидрогеологические исследования; изучение физико-механических свойств горных пород.

Инженерно-геологическую съемку участка расположения конкурирующих трасс туннеля проводят так, чтобы контур ее охватывал все варианты трассы и простирался в стороны настолько, чтобы можно было получить необходимое представление о геологическом строении участка на глубине заложения туннеля. При съемке особое внимание должно быть обращено на выявление тектонического строения изучаемого участка. Масштаб съемки, в зависимости от сложности геологического строения, может изменяться от 1:10000 до 1:25000.

3.15. Горно-буровые и геофизические работы проводят по всем вариантам трассы туннеля, но наиболее подробно - по выбранной трассе. В районе с простым геологическим строением геологический разрез по трассе может быть составлен на основании геологической съемки, небольшого количества неглубоких разведочных выработок, углубленных в коренные породы на несколько метров, и данных геофизической разведки. В среднем на 1 км трассы в этих условиях должно быть пройдено 1-2 выработки. В районах со сложным геологическим строением и при отсутствии обнажений пород помимо этого проходят более глубокие буровые скважины, которые должны дойти до тех пород, в которых будет пройден туннель. Скважины закладывают главным образом на малоблагоприятных по геологическим условиям участках. В среднем при выборе трассы на 1 км надо предусматривать одну глубокую разведочную скважину, а на выбранной трассе - две. Необходимость и возможность бурения скважин в каждом случае должна быть строго обоснована.

Скважины проходят до глубины заложения туннеля, если она не превышает 300 м. При большей глубине геологический разрез по трассе составляют на основании геологической съемки, геофизической разведки и неглубоких разведочных выработок. Геофизическая разведка должна всегда сопровождать остальные виды изыскательских работ по трассе туннеля.

На порталных участках туннеля разведочные выработки проходят с целью установить мощность рыхлого четвертичного покрова на склонах и выявить сохранность пород коренной основы. Расстояние между выработками может быть от 25 до 100 м, глубина их зависит от мощности покровных отложений и зоны выветривания. При малой их мощности (до 2 м) разведку ведут шурфами и канавами, при большей мощности - скважинами, которые необходимо доводить до сохраненных коренных пород. Наиболее подробно разведывают трассу туннеля и порталы на выбранном варианте.

3.16. Гидрогеологические исследования проводят с целью выявления притока воды в подземные выемки в период строительства или утечки в период эксплуатации сооружения, определения гидростатического давления на свод выемки и агрессивных свойств воды по отношению к бетону и металлу.

В процессе инженерно-геологической съемки и разведочных работ проводят необходимые гидрогеологические наблюдения на естественных выходах воды и в разведочных выработках. При выборе трассы водопроницаемость пород характеризуют по косвенным показателям (трещиноватости, закарстованности и др.), на выбранной трассе в скважинах ведутся наблюдения за изменениями уровня воды в выработке и потерей промывочной жидкости и могут проводиться откачки и нагнетания воды. Количество полевых опытов должно быть достаточным для характеристики водопроницаемости пород, в которых пройдет туннель. Каждая глубокая скважина должна быть опробована опытными нагнетаниями и при необходимости откачками.

3.17. Изучение физико-механических свойств пород на первом этапе изысканий проводят только в лабораторных условиях. В состав их входят определение классификационных характеристик всех горных пород, включая значения коэффициента крепости, которые могут быть встречены при проходке подземных выемок, и временного сопротивления сжатию основных разновидностей скальных пород.

Значения коэффициента отпора, модуля деформации и горного давления принимают с учетом этих данных на основании результатов геофизических исследований и использования аналогов.

Для выбранного варианта физико-механические свойства пород изучают более подробно, включая при необходимости полевые методы исследований.

Газоносность пород и геотермические условия на первом этапе работ устанавливают по общим геологическим данным, а на втором этапе для этих целей могут проводиться специальные исследования.

3.18. При изысканиях для проектирования напорно-станционных узлов (НСУ) должны быть освещены следующие инженерно-геологические вопросы: устойчивость участка расположения напорного бассейна, уравнильных сооружений и напорных трубопроводов; возможность фильтрации из напорного бассейна и ее влияние на устойчивость сооружений; характеристика водоносных пород; условия проходки котлована здания ГЭС, выемки под трубопроводы.

На первом этапе работ проводят инженерно-геологическую съемку всего участка расположения вариантов НСУ, масштаб ее в зависимости от сложности инженерно-геологических условий может изменяться от 1:5000 до 1:25000. На втором этапе по выбранному варианту в случае необходимости могут быть проведены дополнительные съемочные работы. Если устойчивость склона внушает опасения, то на нем проводятся специальные исследования.

3.19. Горно-буровые работы проводят для всех вариантов напорно-станционного узла, но наиболее подробно - для

выбранного. Выработки располагают по линиям, проходящим посклону от напорного бассейна до подножья склона, где проектируется здание ГЭС.

На площадке напорного бассейна необходимо пройти одну-две скважины, глубина которых в рыхлых породах должна в 2-3 раза превышать его глубину, в скальных породах скважины надобурить до сохранный скалы и углублять в нее на 3-5 м. Для изучения условий фильтрации из напорного бассейна, выявления просадочности пород и др. проходятся шурфы необходимой глубины.

По трассе напорных водоводов выработки (скважины, шурфы) проходят на всех характерных участках. Выработки должны вскрыть породы коренной основы, не затронутые выветриванием и разуплотнением, и углубиться в них на 5-7 м. Расстояния между разведочными выработками по вариантам трассы могут составлять от 50 до 100 м.

На участке здания ГЭС, если его основание сложено скальными породами, разведочные скважины проходят на 10-15 м ниже отметки заложения фундамента. По трассам возможного расположения отводящего канала и холостого водосброса проходят 2-3 выработки на 5-7 м глубже отметки заложения сооружений.

3.20. Гидрогеологические исследования при изысканиях для выбора участка напорно-станционного узла проводят с целью оценить: возможность фильтрации из бассейна и каналов, влияние фильтрации на устойчивость склона, приток воды в строительные выемки. Для решения задач должны быть пройдены разведочные выработки и в них проведены опытно-фильтрационные работы (откачки, наливки в шурфы). Каждый водоносный горизонт должен быть охарактеризован коэффициентом фильтрации.

3.21. Исследования физико-механических свойств грунтов на первом этапе изысканий проводят по всем вариантам возможного расположения НСУ в объеме, позволяющем дать общую инженерно-геологическую характеристику грунтов и оценку их свойств как естественных оснований. На втором этапе изысканий проводят дополнительные исследования физико-механических свойств грунтов, необходимые для обоснованного выполнения проектных расчетов.

3.22. Изыскания по водохранилищу на первом этапе должны осветить инженерно-геологические условия создания водохранилища при различных вариантах расположения створа гидроузла и отметок НПУ, прорабатываемых в ТЭО. Для рассматриваемых вариантов, на основе изучения геоморфологии долины реки и общих геолого-гидрогеологических особенностей территории проектируемого водохранилища, должны быть оценены:

возможность существенных для водного баланса водохранилища фильтрационных потерь;

экологические последствия создания водохранилища;

влияние водохранилища на населенные пункты, народнохозяйственные объекты, месторождения полезных ископаемых, ценные сельскохозяйственные угодья (подтопление и переработка берегов);

возможность активизации старых и возникновения новых оползней, которые могут нанести ущерб народнохозяйственным объектам на берегу или привести к местному или общему заполнению водоема наносами;

возможность возникновения для горных водохранилищ крупных оползней или обвалов, которые могут перегородить водоем или уменьшить его емкость.

Для решения задач первого этапа выполняется сбор литературных и фондовых материалов по району проектируемого водохранилища, а также используются карты государственной геологической съемки масштабов от 1:200000 до 1:50000. Собранные материалы дополняются рекогносцировочным обследованием, которым должны быть покрыты вся чаша водохранилища и прилегающие территории в зоне возможного влияния водохранилища, включая участки междуречий, потенциально опасные в отношении фильтрации значительных размеров в соседние долины. При назначении границ рекогносцировки следует исходить из максимальной отметки подпора и самогония по течению реки расположения створа плотины.

Для оценки опасных явлений в береговой зоне горных водохранилищ на первом и втором этапах следует произвести инженерно-геологическую съемку территории, прилегающей к урезу воды водохранилища. Границей съемки должна быть зона возможного влияния водохранилища на берега, а в необходимых случаях - водоразделы с соседними долинами.

Масштабы съемок должны быть от 1:200000 до 1:25000. В случае особо сложных инженерно-геологических условий могут быть приняты более крупные масштабы. Отдельные типовые участки могут сниматься в масштабе 1:5000 - 1:10000.

Для равнинных водохранилищ необходимость сплошной съемки по периметру водохранилища должна определяться программой работ в зависимости от освоенности береговой зоны и требований охраны окружающей среды.

При проведении инженерно-геологических съемок территории водохранилищ обязательным является использование аэро- и космоснимков. В число точек обоснования инженерно-геологической съемки должны обязательно входить горные выработки (шурфы, расчистки, канавы) и скважины, процент которых от общего числа точек наблюдений принимается в соответствии со Сборником цен на изыскательские работы. При хорошей обнаженности участка допускается проходку горных выработок частично заменять описанием обнажений.

На участках междуречий, опасных в отношении возможности значительных фильтрационных утечек из водохранилища в соседние долины, для выяснения условий и размеров фильтрации при разных отметках подпорного уровня должны выполняться разведочные работы: геофизические и бурение разведочных скважин с проведением в них опытно-фильтрационных работ и организацией режимных наблюдений.

Разведку в случае необходимости следует проводить на участках развития инженерно-геологических процессов, опасных для сооружений и водохранилища: оползней, обвалов, селей и др.

Разведочные работы (при соответствующем обосновании в программе изысканий) должны также выполняться для сопоставительной оценки влияния водохранилища при разных отметках НПУ на народнохозяйственные объекты, расположенные в береговой зоне по всему контуру водоема. В общем случае такая оценка должна основываться на материалах инженерно-геологической съемки и на аналогах.

3.23. На втором этапе инженерно-геологические изыскания по водохранилищу выполняются применительно к выбранному створу плотины и НПУ. Они должны дать необходимый и достаточный материал для количественной оценки временных и постоянных фильтрационных потерь из водохранилища; для прогноза подпора подземных вод и переформирования берегов по всему периметру водохранилища и оценки устойчивости оползневых и обвальных склонов; для оценки возможности изменений водопритоков на участках эксплуатируемых и намеченных к разработке месторождений полезных ископаемых; для

прогноза всплывания торфяников, изменения условий питания и разгрузки водоносных горизонтов и эксплуатационных расходов подземных вод, возможных изменений сейсмической активности территории и для обоснования схемы инженерной защиты объектов от воздействия водохранилища.

В состав инженерно-геологических работ по выбранному варианту должны входить: инженерно-геологические съемки с разведочными работами и лабораторными исследованиями грунтов и воды (геофизическими, горно-буровыми, опытно-фильтрационными); составление инженерно-геологического районирования побережий водохранилищ по условиям подпора подземных вод и перестроения берегов; установка режимных створов для наблюдений за режимом подземных вод на типовых участках в пределах выделенных инженерно-геологических районов и подрайонов, на участках народнохозяйственных объектов, попадающих в зону влияния водохранилища и на участках возможных утечек в соседние долины; геофизические и буровые работы на участках развития торфяников; рекогносцировочное обследование опасных участков; поиск месторождений естественных строительных материалов для строительства защитных сооружений.

3.24. При проведении инженерно-геологического районирования побережий водохранилища выделение инженерно-геологических районов и подрайонов следует проводить по геоморфологическим, гидрогеологическим и геодинамическим особенностям побережий, с учетом развития стратиграфо-литологических комплексов пород, имеющих примерно одинаковую степень литификации и сравнительно близкие физико-механические свойства (включая размываемость и размокаемость пород).

При назначении масштаба инженерно-геологических съемок на типовых участках и на участках народнохозяйственных объектов следует исходить из характера прогнозируемых процессов (подтопление, переработка берегов) и сложности геолого-гидрогеологических условий изучаемого участка. Для прогноза подпора подземных вод, подтопления и переработки берегов инженерно-геологические съемки выполняются в масштабе от 1:10000 до 1:2000 с обязательной нивелировкой берегового склона по характерным (по условиям рельефа) поперечникам для построения топографических профилей.

3.25. Разведочные выработки в пределах изучаемых участков следует задавать по поперечникам, направленным, в основном, перпендикулярно берегу водохранилища. Расстояния между поперечниками для прогноза подпора подземных вод и подтопления следует принимать на территориях городов, на площадках промышленных объектов 300-500 м, в сельских населенных пунктах 500-700 м, в ценных сельскохозяйственных и лесных угодьях 1000-5000 м; для прогноза переработки берегов - с учетом рельефа берегового склона, но не менее одного поперечника на каждый инженерно-геологический район и на каждый геоморфологический элемент. Расположение выработок на поперечниках должно обеспечить построение детального геологического разреза в масштабах: горизонтальном 1:2000 - 1:1000 и вертикальном 1:200. Число скважин на поперечниках для прогноза подпора подземных вод и подтопления берегов должно быть не менее трех. Ближайшая к водохранилищу скважина должна задаваться на отметке НПУ, отдельные скважины должны быть доведены до водоупора, если последний залегает на глубине не более двойной-тройной глубины подпора в водохранилище. Остальные скважины должны проходить на 7-10 м ниже бытового уровня подземных вод. Не менее 3 скважин на типовом гидрогеологическом поперечнике оборудуются для наблюдений за режимом подземных вод. Наблюдения должны проводиться в течение всего периода проектирования и строительства гидроузла и наполнения водохранилища.

3.26. Водопроницаемость пород, определяющих условия развития подпора подземных вод на изучаемых участках, оценивается по данным опытно-фильтрационных работ с использованием результатов лабораторных исследований рыхлых и связанных пород и изучения трещиноватости для скальных пород и по аналогам.

Прогнозы стационарного и неустойчивого подпора подземных вод и оценки фильтрационных потерь из водохранилища создаются на основе результатов опытно-фильтрационных работ или по данным режимных наблюдений.

Для прогноза перестроения берегов должны быть изучены в лаборатории физико-механические свойства грунтов, слагающих береговой склон: гранулометрический состав для рыхлых грунтов; естественная влажность, объемный вес, пределы пластичности и размокаемости для связанных грунтов; размокающие и размываемость для полускальных пород. Для торфяников в ложе водохранилища следует изучать мощность, степень разложения и объемный вес. При создании водохранилищ в сейсмоактивных районах должны быть выполнены работы по оценке устойчивости склонов при сейсмическом воздействии с учетом возможного разжижения рыхлых грунтов.

Инженерно-геологическим материалам по водохранилищу должна быть приложена справка от территориального управления Мингео о наличии, запасах и степени разведанности месторождений полезных ископаемых в зоне затопления.

3.27. Выбор карьеров естественных строительных материалов проводят в процессе инженерно-геологической съемки на конкурирующих участках. По наиболее перспективным карьерам проводят предпроектную разведку с определением объемов (запасов) по категории С<sub>1</sub>. По выбранному варианту проводят проектную разведку с определением объемов (запасов) по категориям В+С<sub>1</sub> с учетом коэффициента обеспеченности 2, в том числе по категории В 50-60% потребности. При разведке большое внимание должно быть уделено определению возможности использования в качестве естественных строительных материалов грунтов из строительных выемок. Если этой возможности нет или запасов недостаточно, то в первую очередь изучаются карьеры, находящиеся в ложе водохранилища. Разведка карьеров вне контуров строительных выемок или зоны затопления должна быть специально оговорена в техническом задании главного инженера проекта. При разведке карьеров в зоне затопления следует обращать внимание на возможность влияния выемок карьеров на устойчивость склонов и перестроение берегов водохранилищ.

3.28. Записка об инженерно-геологических изысканиях для обоснования ТЭО гидроузла, входящая в состав проекта, должна содержать следующие разделы: введение; краткая характеристика геологического строения долины; описание и сопоставление инженерно-геологических и сейсмологических условий конкурирующих участков; инженерно-геологические условия на выбранном участке; инженерно-геологические условия создания водохранилища; строительные материалы; заключение. В записке должно быть приведено инженерно-геологическое районирование изученной территории; выделены определяющие элементы в системе сооружение-массив горных пород, выполнен анализ взаимодействия сооружения с основанием в периоды строительства и эксплуатации, даны рекомендации по выбору типов сооружений и их конструкций, обоснованы инженерные мероприятия по предотвращению неблагоприятных геологических процессов, подтверждена принятая технология строительных работ. Расчетные показатели должны быть обоснованы фактическими данными и аналогами, также должны быть приведены сведения о строящихся и эксплуатируемых гидроузлах в сходных природных условиях. Объем записки - до 100 страниц.

Основные графические приложения к записке: обзорная инженерно-геологическая карта района створов; инженерно-геологические карты вариантных участков; инженерно-геологические разрезы по району работ; инженерно-геологические разрезы по конкурирующим створам и более детальные по выбранному створу; материалы режимных гидрогеологических наблюдений и сводные данные лабораторных исследований; уточненные общие и предварительные специализированные инженерно-геологические и гидрогеологические модели; предварительная классификация общей тектонической нарушенности и групп сохранности (предварительная шкала сохранности) - в табличной форме; инженерно-геологическая карта и разрезы по водохранилищу; графические приложения по карьерам строительных материалов.

По завершении первого этапа ТЭО и вводу полученной информации в автоматизированную систему "Природные условия" САПР-ГЭС проводится обработка всех имеющихся материалов инженерно-геологических изысканий с привлечением аналогов банка данных. На основе автоматизированной обработки данных изысканий (расчленение, корреляция, построение графиков и разрезов и пр.) должны быть получены инженерно-геологические модели по каждому конкурирующему участку, а также проведена оценка инженерно-геологических характеристик участков строительства. Для выбора участка могут быть проведены оценочные (прямые и обратные) расчеты взаимодействия основания с сооружением, проверена устойчивость откосов склонов.

#### 4. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА ГИДРОУЗЛА

4.1. Задачей инженерно-геологических изысканий для проекта гидроузла является обоснование выбора типов сооружений их компоновки и проектных решений по принятой компоновке.

4.2. Инженерно-геологические съемки выполняются только в случае необходимости корректирования имеющихся инженерно-геологических карт. В этом случае, как правило, по специальной программе выполняются структурно-тектонические, тектонические, неотектонические, сейсмологические и другие исследования.

4.3. Задача сейсмологических исследований на этой стадии - получение исходных данных, обеспечивающих надежное определение расчетных сейсмических воздействий с учетом конкретных особенностей проектируемого сооружения и устанавливаемого оборудования, природных (геоморфологических, инженерно-геологических, сейсмологических и др.) условий участка строительства и повторяемости землетрясений; уточнение глубинного строения зоны водохранилища; уточнение расчетных акселерограмм для конкретных площадок; уточнение оценок интенсивности возможных тектонических подвижек и сейсмодетонаций. Для решения этих задач выполняются специальные глубинные виды сейсморазведочных работ и натурные наблюдения. Минимальный срок исследований, в зависимости от сложности объекта, - от 1 до 1,5 лет (приложение 5).

4.4. Выработки для обоснования проекта располагают по осям подпорных и других сооружений и полиниям, параллельным и перпендикулярным их осям. Расстояния на линиях, в зависимости от типа и размеров сооружений, а также от сложности инженерно-геологических условий могут составлять от 50 до 100 м. Крайние выработки располагают за пределами основания сооружений, по периметру строительного котлована. Более детально разведывают основание и примыкания высоких арочных и контрфорсных плотин, менее подробно - плотин из местных строительных материалов. Горно-буровые работы сопровождаются геофизической разведкой (приложение 9).

При определении мест расположения выработок и их глубины необходимо учитывать границы области взаимодействия подпорного сооружения с основанием, которые к началу составления проекта могут быть установлены с достаточной точностью. При этом должны быть учтены возможные изменения инженерно-геологических условий в процессе строительства и в период эксплуатации сооружений: разуплотнение и выветривание горных пород, повышенная фильтрация, механическая и химическая суффозия пород, взвешивающее давление напорных вод, приток агрессивных вод и т.д. для того, чтобы можно было рекомендовать необходимые защитные мероприятия (укрепление и углубление основания, противодиффузионные завесы, дренажи, мелиорация грунтов и пр.). Глубину скважин для изучения геологической структуры, многолетней мерзлоты и других вопросов определяют по специальной методике в отдельной программе.

В пределах контуров оснований бетонных плотин должны быть пройдены горные выработки: шурфы, шахты, штольни, смотровые скважины. Количество их определяется особенностями геологического строения и конструкцией сооружения. Каждый характерный участок основания или примыкания плотин должен быть освещен горной выработкой. В этих выработках подробно изучают геологический разрез и гидрогеологические особенности, выявляют слабые прослои, зоны выветривания и разуплотнения, тектоническую нарушенность и трещиноватость пород и пр.

При изысканиях для строительства высоких каменно-земляных плотин (более 70 м) необходимо разведать открытыми выработками в сочетании с полевыми геофизическими работами зону сопряжения плотины с основанием с тем, чтобы можно было установить необходимую врезку сооружения, глубину закладки зуба и всего подземного контура.

4.5. На этой стадии изысканий выполняется значительный объем комплексных геофизических исследований, включающих наблюдения как на дневной поверхности, так и в разведочных горных выработках и скважинах. Основная задача этих исследований - получение исходных данных для уточнения инженерно-геологического строения участка, а также для характеристики физико-механических свойств и состояния пород в естественном залегании. Рекомендуемые при этом виды и объемы геофизических работ приведены в приложении 9.

4.6. Задачей гидрогеологических исследований является уточнение гидрогеологических условий участка створа и их дифференцированная характеристика применительно к рассматриваемым в проекте сооружениям при различных вариантах их размещения с целью составления прогноза изменений гидрогеологических условий при строительстве и эксплуатации гидроузла и обоснования типов и параметров противодиффузионных дренажных мероприятий, способов производства работ (водопонижение, открытый водоотлив). При определении состава и объемов гидрогеологических исследований необходимо руководствоваться следующими положениями:

а) состав и объем гидрогеологических исследований должен назначаться на основе составленной в ТЭО геофильтрационной модели;

б) расчетные значения водопроницаемости сильно водопроницаемых и фильтрационно-неоднородных пород в основании подпорных сооружений (гравийно-галечные грунты, закарстованные или тектонически раздробленные породы) и гидрогеологических параметров, необходимых для фильтрационных расчетов строительного водопонижения и дренажей (коэффициенты уровня неводности, пьезопроницаемости, водоотдачи, анизотропии, фильтрационного сопротивления русловых отложений), должны быть обоснованы по результатам кустовых откачек и наблюдений за уровнем режимом подземных вод. Количество кустовых откачек и места их проведения должны назначаться с учетом данных опытов в одиночных скважинах;

в) во всех скважинах, проходимых в скальных и полускальных породах на участке напорных сооружений для уточнения контура противодиффузионных мероприятий, намеченных в ТЭО, должно быть выполнено сплошное опробование по зонным нагнетаниям и наливками. В сухих породах допускается опробование нагнетанием воздуха;

г) наблюдения за режимом подземных вод должны проводиться в течение всего периода изысканий. При необходимости заложена в разработках для ТЭО пьезометрическая сеть должна быть расширена;

д) полевые опыты по оценке фильтрационной устойчивости пород, определение естественных скоростей фильтрации проводятся только в том случае, если данные этих опытов нужны для специальных расчетов и прогнозов (скорости выщелачивания легкорастворимых пород в основании сооружений, выявление возможности развития внутреннего размыва и суффозии).

4.7. Физико-механические свойства грунтов, залегающих в пределах области взаимодействия сооружения с основанием, изучают лабораторными и полевыми методами. Исследования выполняются для каждого выделенного слоя (инженерно-геологического элемента), зоны или контакта двух слоев, способных влиять на устойчивость проектируемого сооружения, откоса или естественного склона. В лабораторных условиях определяют показатели физических свойств всех видов пород, а также сопротивление сдвигу и сжимаемость связных пород. Сопротивление сдвигу и деформируемость скальных грунтов в массиве и некоторых видов нескальных грунтов (крупнообломочных, слабых водонасыщенных и др.) следует определять в стендовых приборах и полевыми опытами, в состав которых могут входить испытания штампами и срезом целиков, сейсмоакустические исследования, опробование прессиометрией, крыльчаткой, динамическим зондированием и пр.

4.8. По трассе деривационного канала инженерно-геологическую съемку следует выполнять в масштабе 1:2000-1:10000. В дополнение к съемке могут быть выполнены специальные исследования неблагоприятных геологических процессов, развитых в зоне влияния канала. Данные изысканий должны обосновывать инженерные мероприятия, препятствующие вредному влиянию этих процессов на сооружение и строительные работы.

Разведочные выработки должны располагаться по всей трассе деривации и с меньшими интервалами на участках со сложными инженерно-геологическими условиями. Расстояние между выработками может быть от 25 до 100 м. Разведку проводят скважинами и шурфами, а также геофизическими методами. Скважины должны быть пройдены на 5-7 м ниже дна канала, а отдельные скважины следует доводить до водоупора.

Гидрогеологические исследования должны быть направлены на уточнение условий строительства и гидрогеологических параметров, положенных в обоснование фильтрационных расчетов прогнозов, выполненных при составлении ТЭО и принятых на их основе проектных решений.

4.9. Для обоснования проекта подземных гидротехнических сооружений, входящих в состав гидроузла, в дополнение к ранее выполненным изысканиям проводят необходимые изыскательские и исследовательские работы с целью получения детальной характеристики структурно-геологических, горно-технических и гидрогеологических условий участка строительства; состояния и физико-механических свойств грунтов, в которых пройдут подземные выемки; состав и мощность рыхлых и ослабленных выветриванием разуплотнением пород на участках порталов и в местах неглубокого заложения подземных сооружений. Их состав и объем определяются специальной программой.

Конкретной задачей на этой стадии изысканий является уточнение инженерно-геологической модели, которая должна также учитывать конструкцию выработок, технологию проходки и крепления (геолого-технологическая модель).

Изучение массивов вмещающих пород осуществляется преимущественно с помощью прямого опробования пород в горных выработках с применением комплекса геофизических исследований. На этой стадии решаются следующие основные вопросы:

уточнение геологического строения и гидрогеологических условий участка (трассы) размещения подземных сооружений с подробным изучением разрывных нарушений, трещиноватости и составлением геолого-структурной модели массива пород;

изучение техногенного процесса разуплотнения вокруг горных выработок и динамики его развития, прогнозная оценка горного давления на обделку подземных выработок;

инженерно-геологическое обоснование способов проходки и крепления подземных выработок с учетом конкретных геологических условий, оптимальных конструкций анкерных креплений;

обоснование инженерно-геологических рекомендаций по установке контрольно-измерительной аппаратуры, проведению и интерпретации результатов натурных исследований.

4.10. Инженерно-геологическая съемка по трассам туннелей выполняется в масштабах 1:2000-1:10000 и сопровождается картировочным бурением, проходкой шурфов, расчисток, разведочных штолен. По трассам туннелей разведку следует производить скважинами глубиной на 10-15 м ниже отметок их заложения, но, как правило, не глубже 300 м. На порталных участках туннелей следует закладывать разведочные скважины и горные выработки, в том числе штольни до сохраненных коренных пород. В местах расположения шахт, подземных машинных залов ГЭС и других подземных сооружений должны быть пробурены 1-3 скважины до глубины на 15-20 м ниже подошвы сооружений.

Расстояния между выработками по трассе туннелей принимают 200-1000 м, на участках порталов 20-50 м. При документации разведочных выработок необходимо обращать особое внимание на выявление и подробное описание тектонических нарушений и трещиноватости, определение литологического состава пород и границ слоев и отбор образцов для лабораторных исследований.

4.11. Гидрогеологические исследования - откачки, нагнетания, наливов, наблюдения за режимом подземных вод проводят в составе и объеме, необходимых для определения притока воды в подземные выемки и утечки из них, гидростатического давления на свод выемки и агрессивности подземных вод. Откачками и нагнетаниями опробуют все слои, которые могут служить путями интенсивной фильтрации. В материалах изысканий по данным прямым определений (там, где это возможно) и по аналогам должны быть характеризованы газоносность пород и геотермические условия.

4.12. Исследования физико-механических свойств пород - среды подземных сооружений - проводят лабораторными и полевыми методами. В лабораторных условиях определяют физические свойства и временное сопротивление сжатию скальных грунтов. В полевых условиях определяют прочностные и деформационные свойства грунтов, коэффициент упругого отпора, напряженное состояние пород в массиве. При полевых исследованиях грунтов, как правило, применяют геофизические методы исследований, сочетая их с детальными инженерно-геологическими работами. Программа исследований скальных грунтов может включать:

определение параметров прочности при сдвиге ( $\tau_{г\text{и}} C$ ) скальных целиков либо обрушении уступов, а также проведение опытов в условиях трехосных испытаний;

определение прочности на сжатие и растяжение скальных грунтов в целиках;

определение модуля деформации, коэффициента упругого отпора пород и уровня естественных напряжений, действующих в скальном массиве, методом компенсации (плоские домкраты);

определение естественных напряжений в скальном массиве методом частичной разгрузки в процессе проходки выработок на большой базе измерений;

определение несущей способности анкеров;

прессиометрические испытания в скважинах для определения модуля деформации и расчленения массива по деформационным показателям.

Полевые исследования скальных грунтов должны сопровождаться инженерно-геологической документацией, лабораторными испытаниями образцов и геофизическими исследованиями.

4.13. Геофизические изыскания и исследования для подземных гидроэнергетических сооружений должны назначаться в сочетании с другими видами работ для решения следующих задач:

выделение и прослеживание в массиве пород зон тектонического дробления;

уточнение геологического строения массива горных пород между выработками на участке расположения сооружений;

разделение пород по степени трещиноватости, пористости, глинистости и водонасыщенности;

определение естественного напряженного состояния массива;

определение параметров зон разуплотнения вокруг выработок и контроль за их изменением во времени;

оценка величины коэффициента удельного отпора для расчета облицовок туннелей и камер;

изучение свойств пород на участках проведения геомеханических опытов и уточнение экспериментальных зависимостей между прочностными и деформационными показателями с целью построения деформационной модели;

определение неоднородности и анизотропии упругих, деформационных и прочностных свойств пород в естественном залегании.

Перечисленные задачи следует решать комплексом геофизических методов, включающих:

сейсморазведочные работы методами профилирования и прозвучивания;

ультразвуковые исследования на образцах, в шпурах и в скважинах;

магниторазведочные работы;

электропрофилирование и ВЭЗ;

каротаж;

акустико-эмиссионные исследования.

4.14. Для обоснования проекта напорно-станционного узла проводятся дополнительные к выполненным в ТЭО изыскательские работы. Инженерно-геологическую съемку проводят только в сложных инженерно-геологических условиях, когда необходимо иметь карту более крупного масштаба или расширить границы существующей карты. В дополнение к съемке по специальной программе могут быть проведены исследования для оценки устойчивости склона. По всем сооружениям НСУ проводят горно-буровые и геофизические разведочные работы. Расстояния между разведочными выработками могут изменяться от 20 до 50 м, а глубина их принимается на 10-15 м ниже основания сооружений. Расположение выработок должно соответствовать принятой компоновке. В местах заложения опор трубопроводов и других наиболее ответственных сооружений необходимо проходить шурфы или скважины большого диаметра.

4.15. На стадии проекта инженерно-геологические изыскания должны уточнить геолого-гидрогеологические условия чаши проектируемого водохранилища, влияние водохранилища на окружающую среду, а также обосновать проект сооружений инженерной защиты. Для уточнения составленного в ТЭО прогноза подпора подземных вод, подтопления и переработки берегов для всего периметра водохранилища программой работ должно быть предусмотрено проведение инженерно-геологических изысканий на конкретных участках побережий, подлежащих защите. При назначении состава и объемов инженерно-геологических работ для обоснования проекта защитных сооружений следует руководствоваться следующими соображениями:

состав и объем изысканий должен определяться типом и классом защитных сооружений, особенностями инженерно-геологических условий участка и степенью его изученности в ТЭО;

на участках ограждающих дамб разведочные выработки необходимо размещать по осям дамб через 100-200 м в зависимости от сложности инженерно-геологических условий. В сложных условиях и при высоте дамб более 12 м через 200-300 м должны быть заложены поперечники не менее чем из 3 скважин: по оси дамбы и вблизи обоих контуров подошвы дамбы. Глубина выработок принимается не менее полуторной высоты дамбы;

на участках дренажных сооружений разведочные скважины должны проходить по трассе дренажа с шагом 200-300 м; 50% скважин должно быть пройдено до водоупора, а в случае его глубокого залегания - ниже первого от поверхности уровня подземных вод на двух-, трехкратную величину подпора. Гидрогеологические параметры дренируемых водоносных горизонтов следует обосновывать опытно-фильтрационными работами: одиночными откачками из 30-50% разведочных скважин и длительными кустовыми откачками на типовых участках трассы;

расчетные показатели физико-механических свойств грунтов, являющихся основанием защитных сооружений, должны быть обеспечены результатами лабораторных испытаний. Для сооружений III и IV классов прочностные и деформационные свойства грунтов допускается принимать по СНиП 2.02.01-83;

месторождения строительных материалов для возведения защитных сооружений должны быть разведаны в соответствии с указаниями п.3.27.

4.16. При изысканиях для обоснования проекта проводят проектную разведку намеченных в ТЭО к эксплуатации карьеров естественных строительных материалов. Разведка должна обеспечить подсчет запасов по различным категориям в следующем соотношении к потребности:  $A + B = 100\%$  и  $C_1 = 25,50\%$  (резерв). При выполнении изысканий для

основных сооружений должна быть выявлена возможность полного использования в качестве строительных материалов грунтов из полезных выемок. В случае необходимости для этих целей проходят дополнительные выработки и отбирают пробы.

При рассмотрении карьеров со специфическими грунтами как основного материала для возведения земляных сооружений на данной стадии по специальной программе должны быть проведены опытно-производственные исследования по разработке и укладке этих грунтов в опытные насыпи.

4.17. На этой стадии должны быть уточнены специализированные инженерно-геологические модели (трещиноватости, геомеханических свойств, водопроницаемости и др.) для различных участков массива горных пород и разработана предварительная шкала сохранности пород (классификация пород массива по группам сохранности) с учетом результатов полевых исследований грунтов и детальных геофизических исследований.

4.18. Записка об инженерно-геологическом обосновании проекта гидроузла (раздел проекта "Инженерно-геологические условия") должна содержать следующие подразделы: введение, краткая геологическая характеристика района строительства, инженерно-геологические и сейсмологические условия участка гидроузла, инженерно-геологическая оценка условий строительства и эксплуатации основных сооружений, инженерно-геологические условия вспомогательных сооружений, местные строительные материалы, инженерно-геологические условия водохранилища, выводы, приложения.

Основные графические приложения к разделу проекта включают: инженерно-геологическую карту района; инженерно-геологические и специализированные карты и разрезы по участкам основных и вспомогательных сооружений, местных строительных материалов, водохранилищу; специализированные инженерно-геологические модели и расчетные схемы; материалы исследования физико-механических и фильтрационных свойств массива пород; карты фактического материала.

Масштабы обзорных карт принимаются по району гидроузла 1:50000-1:200000, а по участкам сооружений и карьеров строительных материалов 1:2000-1:10000. По водохранилищам инженерно-геологическую съемку в масштабе 1:2000-1:10000 следует выполнять на ценных в хозяйственном отношении или на ключевых участках прибрежной зоны для составления проекта защитных мероприятий, для оценки и прогнозирования возможности развития неблагоприятных процессов.

Состав, содержание, объем и оформление раздела проекта "Инженерно-геологические условия" должны соответствовать стандарту предприятия.

Инженерно-геологическая информация, полученная в ходе изысканий на данной стадии, должна быть введена в банк данных системы автоматизированной обработки материалов изысканий и при необходимости должны быть выполнены поверочные расчеты и соответствующие уточнения инженерно-геологической модели.

## 5. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

5.1. Изыскания на стадии рабочей документации необходимо проводить с учетом ранее выполненных работ. Инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать материалами для разработок рабочих чертежей, детализации проекта производства строительных работ, обоснования расчетов конструкции фундаментов и устойчивости сооружений, мероприятий по защите окружающей среды от техногенного воздействия.

На этой стадии по специальной программе, как правило, ведутся наблюдения за всеми неблагоприятными техногенными геологическими процессами, развивающимися в строительных выработках или в непосредственной близости к ним и представляющими угрозу для строящихся сооружений или окружающей геологической среды. В случае необходимости организуются специальные исследования причин возникновения и степени опасности этих процессов, а также получение данных для разработки мероприятий по предотвращению или нейтрализации их.

5.2. Дополнительные горно-буровые работы, как правило, проводят в пределах контуров строительных котлованов, а гидрогеологические наблюдения - в зоне влияния котлована на подземные воды. Расстояния между выработками (с учетом пройденных ранее) в зависимости от категории сложности инженерно-геологических условий могут составлять от 20 до 100 м. Глубина выработок должна быть достаточной, чтобы правильно оценить взаимодействие сооружения с основанием и запроектировать необходимые мероприятия по его улучшению. Глубину воздействия сооружения на основание следует определять по аналогам или по результатам исследований (расчетов, моделирования и др.), выполняющихся по специальным программам.

5.3. Задачи сейсмологических исследований на стадии рабочей документации состоят в уточнении специфики поведения отдельных элементов основания и сооружений при расчетных землетрясениях; разработке программы и проекта натурных сейсмологических и геофизических наблюдений в периоды строительства и эксплуатации; организации и проведении первых циклов наблюдений. Длительность наблюдений должна быть не менее 5 лет (в процессе строительства). Состав и объем работ устанавливаются отдельной программой.

5.4. На этой стадии выполняются комплексные геофизические работы с целью уточнения строения, свойств и состояния пород в различных частях исследуемого массива, а также для определения степени влияния различных техногенных факторов на основные безрасчетные показатели свойств пород, применяемые в проекте.

5.5. Гидрогеологические исследования следует проводить в составе и объемах, необходимых для корректировки проекта водоотлива, строительного водопонижения, параметров конструкции противофильтрационных и дренажных устройств. На участках заложения котлованов, водопонижительных установок и дренажей детально изучают граничные условия и определяют гидрогеологические параметры осушаемых, разгружаемых и дренируемых водоносных горизонтов, также должны быть определены взаимосвязи горизонтов между собой и с поверхностными водами, коррозионные свойства подземных и поверхностных вод и их смесей. Как правило, определяется содержание в подземных водах и водовмещающих породах неустойчивых компонентов, которые при работе дренажей, водопонижительных и разгрузочных скважин вследствие изменения естественного гидродинамического и солевого режимов могут выпадать в осадок и нарушать работу фильтров скважин. В состав изысканий должны быть включены кустовые откачки и режимные наблюдения за уровнем и химическим составом подземных вод.

Стационарная наблюдательная сеть при необходимости должна быть расширена и дополнена с учетом расположения строительных выемок, дренажей и противофильтрационных сооружений. Для уточнения эффективности дренажей и противофильтрационных завес должны выполняться опытно-фильтрационные работы в сочетании с геофизическими работами (расходомерия, резистивиметрия и пр.).

5.6. Исследования физико-механических свойств грунтов, как правило, проводят для подтверждения расчетных значений показателей (например, сопротивления сдвигу и сжимаемости). Кроме того, физические свойства грунтов изучают с целью выявления их изменений в период строительства вследствие выветривания, разуплотнения, набухания или взвешивания напорными водами. Для получения большей достоверности исследования проводят по специальной программе преимущественно полевыми методами, в том числе и геофизическими. Общее количество полевых определений для каждого изучаемого слоя (инженерно-геологического элемента) должно соответствовать требованиям СНиП 1.02.07-87. В процессе строительства подземных сооружений полевыми опытами по отдельной программе определяют коэффициент удельного отпора, напряженное состояние пород и горное давление. В случае необходимости продолжают изучение геотермических условий и газоносности пород, а также несущих свойств скальных пород геомеханическими и геофизическими методами исследований.

5.7. По водохранилищу на стадии рабочей документации инженерно-геологические изыскания должны обеспечить материалами по оценке влияния водохранилища на окружающую среду и проектированию защитных сооружений применительно к уточненным на стадии проекта границам и гидрогеологическому режиму водоема. Обязательным является проведение наблюдений за режимом подземных вод на типовых защищаемых участках побережий.

5.8. На стадии рабочей документации проводят детальную, а в случае необходимости детально-эксплуатационную разведку требуемых объемов строительных материалов.

5.9. Состав материалов, представляемых для обоснования рабочей документации, и порядок их оформления зависят от характера выполненных изыскательских работ. Если для инженерно-геологического обоснования рабочей документации уточнялись только отдельные вопросы по специальным программам, то по каждому из них в ходе работ, как правило, выпускают отдельную записку с соответствующими графическими приложениями. После окончания всех инженерно-геологических работ эти записки используют для составления сводного отчета. Если же на данной стадии по отдельным сооружениям проводили достаточно полные изыскания, то по их результатам должен составляться подробный отчет по тому же плану, что и на стадии проекта. В составе материалов обязателен окончательный вариант классификации пород по группам сохранности (шкала сохранности).

Все новые данные, полученные в ходе изысканий и опытно-производственных исследований, вводятся в систему автоматизированной обработки инженерно-геологических материалов.

## Б. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТОВ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ

### 6. ЗАДАЧИ ИЗЫСКАНИЙ

6.1. Для равнинных деривационных станций (ГАЭС) верхний аккумулирующий бассейн обычно создается заново путем обвалования участка плато или террасы. В качестве нижнего бассейна часто используются существующие естественные или искусственные водоемы. Здание ГАЭС может быть наземным или подземным, водоводы также наземными или подземными. Основные сооружения ГАЭС (верхний бассейн, трубопроводы, здания станции и нижний бассейн) относятся к сооружениям I класса. Особо высокие требования предъявляются к устойчивости склонов в пределах сооружений ГАЭС (СНиП 2.06.01-86, п.4.3). Расчеты устойчивости таких склонов выполняют по предельным состояниям первой группы (СНиП 2.02.02-85, п.1.5).

6.2. Задачи инженерно-геологических изысканий для обоснования проектов деривационных равнинных ГАЭС определяются следующими особенностями конструкции и условий эксплуатации их:

использованием для создания комплекса сооружений крутого склона, в образовании которого нередко участвуют современные и древние оползни;

наличием обширного верхнего бассейна, фильтрация из которого может существенно влиять на устойчивость склона;

необходимостью при строительстве создания временных и постоянных выемок у подножья высокого склона при обязательном условии сохранения его устойчивости;

частыми переключателями работы оборудования из насосного в турбинный режим и наоборот, и в связи с этим значительными по амплитуде интенсивными колебаниями уровней воды в бассейнах и движением мощных потоков воды переменного направления.

### 7. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СХЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ГАЭС

7.1. В схеме размещения (СР) рассматривают энергэкономические аспекты разных вариантов размещения объектов, зачастую располагающихся на большом расстоянии друг от друга в бассейнах разных рек, дают сопоставительную оценку и выбирают наиболее перспективные варианты с наиболее благоприятными топографическими и геологическими условиями. СР составляют в два этапа.

7.2. В задачу первого этапа входит выбор района ГАЭС, т.е. части территории в пределах энергосистемы, где рассматриваются несколько участков, из которых определяются наиболее перспективные для строительства. На первом этапе СР изыскательские работы ограничивают инженерно-геологическим обследованием и сбором фондовых геологических материалов. В их задачу входит общая инженерно-геологическая характеристика территории и отдельных участков. На первом этапе необходимо составлять сводную записку, в которой излагают сведения о геологических условиях и о развитии неблагоприятных процессов, влияющих на устойчивость склонов, приводят данные о водоудерживающей способности пород. По каждой рассматриваемой площадке составляют краткую инженерно-геологическую характеристику условий строительства. К записке прилагают схемы инженерно-геологического районирования территории и отдельных участков.

7.3. На втором этапе СР на перспективных участках выполняют инженерно-геологические изыскания, в программу которых требуется включать инженерно-геологическую рекогносцировку, буровые и опытно-фильтрационные работы, проходку горных выработок и геофизические исследования. При размещении и определении глубины выработки участков геофизических исследований исходят из необходимости получения информации об условиях фильтрации из верхнего



бассейна, о характере интенсивности естественных геологических процессов на склоне в области воздействия сооружений.

7.4. Гидрогеологические наблюдения в процессе инженерно-геологической рекогносцировки и документирования выработок следует направлять на выявление гидрогеологических особенностей массива пород, прилегающего к склону, как индикатора развития оползневых и других процессов, ослабляющих склон. Физико-механические свойства грунтов определяют в объеме, необходимом для классификации их и для предварительной оценки устойчивости склона. Одной из задач рекогносцировки является выявление карьеров естественных строительных материалов для отсыпки дамб и экранов верхнего бассейна, а также песчано-гравийных грунтов для использования в бетоне.

7.5. В инженерно-геологических материалах для обоснования СР должно быть отражено геологическое строение и гидрогеологические условия сопоставляемых участков, физико-механические свойства слагающих их грунтов, дана характеристика экзогенных геологических процессов и сейсмичности района, ориентировочная оценка устойчивости естественных склонов, а также изложены соображения о возможности развития неблагоприятных геологических процессов при строительстве и эксплуатации сооружений. В составе представляемых материалов должен быть раздел, отражающий результаты поиска других существующих или строящихся объектов для использования в качестве аналогов при назначении расчетных показателей свойств грунтов, интерпретации гидрогеологических данных и для решения других инженерно-геологических задач. Среди графических материалов в обосновании СР должны быть: схематические геологическая и гидрогеологическая карты и схематическая карта инженерно-геологического районирования масштаба 1:500000 и крупнее, а также схематические карты участков масштаба 1:25000-1:10000 и такие же структурно-геологические региональные разрезы и геологические разрезы по участкам. Схематическую карту инженерно-геологического районирования составляют по принципу выделения признаков, существенных для оценки возмозности строительства ГАЭС, и, главным образом, для оценки устойчивости склонов и водоудерживающей способности пород в контурах верхнего бассейна. Перечисленные карты составляют на всю площадь участка возмозного размещения сооружений, включая зону воздействия их на окружающую геологическую среду.

## 8. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ГАЭС

8.1. Для ТЭО ГАЭС при изысканиях по верхнему бассейну должны решаться следующие задачи: обоснование расчетов фильтрации из бассейна, прогнозирование изменения гидрогеологических условий и фильтрационных деформаций в области его воздействия, обоснование проектных решений по компоновке верхних сооружений ГАЭС и противофильтрационных мероприятий, составление геофильтрационной модели массива пород для естественных и эксплуатационных условий. Для этой цели изучают:

фильтрационные свойства пород естественного ложа, состав и водопроницаемость отложений и их изменения в плане и разрезе;

возможные пути сосредоточенной фильтрации: наличие прослоев и линз сильно фильтрующих пород, хорошо водопроницаемых тектонических зон, зон повышенной трещиноватости иного происхождения и закарстованных пород;

распространение и условия залегания подземных вод, гидрогеологические параметры, гидродинамическую структуру и элементы баланса подземных вод;

распространение и активность неблагоприятных экзогенных процессов, способствующих развитию фильтрационных деформаций в основании бассейна и на прилегающих склонах;

строение древних погребенных долин и оврагов в контурах бассейна и на прилегающих участках, заполненных малопрочными, сильно фильтрующими или суффозионными отложениями.

В ТЭО рассматривают также возможность использования грунтов из полезной выемки в контурах бассейна для противофильтрационного покрытия и строительства дамб.

8.2. По сооружениям НСУ в задачи изысканий для ТЭО входит выбор наиболее устойчивых участков на склоне для размещения сооружений в широкой полосе (500 м и более - по максимальной ширине напорных трубопроводов); составление ориентировочного прогноза устойчивости склонов на основе обобщения региональных геологических материалов и реконструкции истории формирования склонов на разных этапах развития в увязке с неотектоническими движениями, палеогеологическими процессами, оледенениями; построение инженерно-геологической модели для расчетов устойчивости естественных склонов и с учетом изменений свойств пород, напряженного состояния и гидрогеологических условий в строительный период и во взаимодействии с сооружениями; выбор компоновки и типов сооружений, исходя из требований надежности сооружений, и в связи с этим сохранения устойчивости склонов при всех условиях их функционирования и выбор типа защитных мероприятий по стабилизации склонов в области воздействия сооружений.

Для решения перечисленных задач изучают:

признаки и факторы, характеризующие развитие оползневых процессов;

закономерности развития процессов разуплотнения и выветривания;

зоны тектонических нарушений и повышенной трещиноватости, крупные трещины, наклонные в сторону долины;

причины и интенсивность развития суффозионно-фильтрационных явлений на склонах;

физико-механические свойства грунтов, при которых лабораторными и полевыми методами моделируют реальные условия работы грунта;

изменения свойств грунтов под влиянием техногенных факторов;

при наличии на участках трубопроводов и здания ГАЭС высокодисперсных глинистых и рыхлых несвязных грунтов следует изучать ползучесть и динамическую прочность грунтов при проектных нагрузках.

8.3. Изыскания для ТЭО ГАЭС делятся на два этапа. На первом этапе для обоснования выбора площадки и компоновки сооружений в дополнение к ранее выполненным работам для схемы размещения должны выполняться следующие работы:

инженерно-геологическая съемка в масштабе 1:10000-1:25000 (в зависимости от категории сложности) вариантов площадок расположения сооружений ГАЭС, дополненная геофизическими работами;

разведочные работы по верхнему бассейну с расположением скважин на двух взаимно перпендикулярных линиях, пересекающих всю площадь бассейна. Скважины располагают в наиболее характерных точках по геоморфологическим условиям или геологическим особенностям с интервалами между выработками 250-500 м; скважинами вскрывают основной водоносный горизонт и водоупорные или относительно водоупорные слои; в том числе проходят отдельные структурные скважины, глубина которых может достигать 100-150 м, в структурных (опорных) скважинах производится сплошной отбор проб (монолитов) для изучения физико-механических свойств грунтов;

по трассе ограждающей дамбы верхнего бассейна задают разведочные поперечники с интервалом в 300-400 м; при этом инженерно-геологические условия освещают в пределах полосы вариантов размещения дамбы;

разведочные работы на склоне выполняют на 2-3 характерных поперечниках, которые закладывают наиболее перспективных участках расположения НСУ, выявленных по результатам инженерно-геологической съемки;

на участках проектируемого расположения здания ГАЭС проходятся отдельные скважины глубиной на 30-40 м ниже отметки НПУ нижнего бассейна;

физико-механические свойства грунтов характеризуют по данным лабораторных исследований образцов и по аналогам;

гидрогеологические исследования при изысканиях для выбора участка напорно-станционного узла ГАЭС должны выполняться в таком составе и объеме, чтобы обеспечить данными для сопоставительной оценки конкурирующих вариантов по условиям фильтрации и влиянию сооружений на инженерно-геологические свойства массива пород, слагающих склон, и сам склон в широкой полосе расположения трубопроводов (500 м и более);

для решения гидрогеологических задач на данном этапе в процессе инженерно-геологической съемки проводят наблюдения за проявлениями подземных вод. Фильтрационное опробование песчаных и скальных пород осуществляют наливками и нагнетаниями вод в скважины и одиночными откачками. Водопроницаемость слабофильтрующих связных грунтов определяют лабораторными методами;

выполняют исследования физико-механических свойств грунтов, залегающих в основании сооружений ГАЭС на 10-20 м ниже их врезки;

проводят поисково-оценочные работы и предпроектные изыскания местных строительных материалов для земляных и бетонных сооружений.

При изысканиях для ТЭО широко применяется геофизика.

8.4. На втором этапе изысканий для ТЭО применительно к принятым отметкам уровня воды в бассейнах, компоновке и типам сооружений выполняют следующие работы:

инженерно-геологическую съемку масштаба 1:2000 - 1:10000 на отдельных особо сложных и ответственных участках склонов и основных сооружений (водоприемник, здание ГАЭС, трубопроводы);

разведочные работы по верхнему бассейну: проходку скважин и турфов с интервалами 200-300 м до глубины, необходимой для обоснования геофильтрационной модели;

проходку выработок по трассам дамб обвалования с расположением выработок по оси сооружений через 100-200 м и по поперечникам через 300-400 м;

проходку выработок по поперечникам через узкие водоразделы и овраги по периметру бассейна;

разведочные работы по НСУ: проходку скважин и шурфов в основании водоприемника, трубопроводов здания ГАЭС с интервалами между выработками от 50 до 100 м при глубине разведки на 20-30 м ниже основания сооружений;

обследование участка долины в контурах нижнего бассейна с разбуриванием вариантов створа плотины и характерных поперечников для прогнозирования переработки берегов;

инженерно-геодезические работы по изучению возможных подвижек склона, на котором располагаются сооружения; размещение и закладку марок производят с учетом их дальнейшего использования на стадии проекта (п.2.25 СНиП 1.02.07-87).

8.5. В контурах сооружений, расположенных на склоне и в прилегающей к нему части, а также в его подошве, как правило, должны проходить штольни и шахты или скважины большого диаметра на глубину 10-20 м ниже отметки основания сооружения. Изучение физико-механических свойств грунтов по всем сооружениям выполняют, главным образом, лабораторными методами с учетом требований, изложенных в п.8.1. При подземных типах сооружений проводят определения коэффициента упругого отпора и напряженного состояния преимущественно методами сейсмоакустики. Основные (опорные) скважины изучают каротажными методами.

8.6. Гидрогеологические работы на втором этапе ТЭО должны обеспечить обоснование прогноза гидрогеологических условий с детальностью, необходимой для построения геофильтрационной модели и обоснования типа дренажных сооружений, а также выбора способа осушения строительных выемок. Для всех водоносных горизонтов в области воздействия сооружений на геологическую среду изучают уровневый и гидрохимический режимы, определяют агрессивность подземных вод по отношению к металлу и бетону. В стационарную сеть включают все или часть скважин, вскрывших подземные воды в контурах верхнего бассейна и в массиве пород, слагающем берег, а также естественные выходы подземных вод на склонах.

Наблюдения должны проводиться в течение всего периода изысканий.

8.7. Выполняются предварительные изыскания намечаемых карьеров и деловых выемок по категориям В + С<sub>1</sub> с учетом требований п.3.27, а также лабораторные исследования грунтов из полевых выемок для создания противофильтрационного покрытия, отсыпки дамб обвалования бассейна и др. целей.

8.8. Инженерно-геологические материалы для ТЭО составляются по плану, принятому для ГАЭС в п.3.28. Кроме того, в инженерно-геологическое обоснование ТЭО ГАЭС должны быть включены следующие разделы:

история геологического развития и формирования склона;

прогноз изменения гидрогеологических условий под влиянием фильтрации из верхнего бассейна;

изменения инженерно-геологических свойств массива пород, прилегающего к склону, и их влияние на устойчивость склона, обоснование выбора мероприятий по дренированию и стабилизации склонов.

К тексту прилагают инженерно-геологическую карту участка, инженерно-геологическую карту и схему районирования склонов, инженерно-геологическую и геофильтрационную модели, инженерно-геологические разрезы по сооружениям и характерным участкам склонов, инженерно-геологическую карту нижнего бассейна с прогнозом переработки и подтопления берегов.

## 9. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА ГАЭС

9.1. Инженерно-геологические изыскания для обоснования проекта должны быть выполнены по отдельным сооружениям и, в том числе, по склонам как составной части системы "сооружение-основание". При необходимости выполняются крупномасштабные инженерно-геологические съемки участков сооружений или склонов, нуждающихся в более детальном освещении инженерно-геологических условий.

9.2. По чаше верхнего бассейна для изучения условий фильтрации из него и выбора необходимых противофильтрационных мероприятий проходят скважины и шурфы. Некоторые скважины должны быть специальными для изучения гидрогеологических условий массива пород в основании бассейна, характеристики фильтрационной неоднородности и гидродинамических особенностей режима подземных вод.

В специальных гидрогеологических скважинах выполняют комплекс наблюдений, фильтрационное опробование и геофизические исследования. На путях возможной фильтрации расстояние между выработками может составлять, в зависимости от сложности геологического строения, от 50 до 100 м. Глубину выработок определяет необходимость изучить геологические условия и фильтрационные свойства основания бассейна. При необходимости выполняются по специальной программе исследования карста, проработочности и суффозии грунтов.

По трассам дамб обвалования верхнего бассейна и поперечникам к ним необходимо провести разведку скважинами и шурфами, расположив их на расстоянии 50-100 м друг от друга. Часть поперечников закладывают на участках естественных понижений (оврагов, долин) и в зонах, где развиты неблагоприятные геологические процессы. Для изучения условий питания и дренирования подземных вод и составления прогноза изменений геологической среды под влиянием фильтрации из верхнего бассейна на прилегающей территории в границах влияния бассейна необходимо задать 2-3 поперечника из наблюдательных скважин. Исходя из необходимости составления прогнозов фильтрации, отдельными скважинами должен быть вскрыт региональный водоупор.

9.3. В контурах котлована водоприемника проходят скважины на 15-20 м глубже заложения фундамента сооружения и контрольные шурфы. Расстояния между выработками, в зависимости от категории сложности, должны быть от 50 до 100 м. В контурах выемки под напорные трубопроводы скважины требуются проходить на 10-15 м ниже заложения анкерных опор или острия свай и задавать шурфы. Во всех скважинах и шурфах отбирают образцы грунтов (монолиты) для исследования их физико-механических свойств в лабораторных условиях и при необходимости выполняют полевые опыты по определению модуля деформации и сопротивлению сдвигу грунтов. Если в составе ГАЭС проектируются водоводы шахтно-туннельного типа, то состав и объемы изысканий должны соответствовать требованиям, изложенным в п.4.10.

9.4. Для уточнения и детализации расчетной инженерно-геологической модели склона следует задавать поперечники выработок, по которым особое внимание уделяют изучению условий залегания и свойств основных деформирующихся горизонтов (ОДГ). Разведку проводят в контурах проектируемых сооружений и на прилегающих участках склонов, где по инженерно-геологическим условиям требуется проведение укрепительных или дренажных мероприятий. В программу исследований склона включают проходку специальных скважин для изучения гидрогеологических условий и физико-механических свойств грунтов. Для наблюдений за устойчивостью склона оборудуют сеть геодезических знаков (реперов, марок, отвесов). При составлении программы геодезических наблюдений на склонах следует пользоваться рекомендациями, приведенными в приложении 13 и ВСН 34.1-87.

9.5. Материалы изысканий, служащие обоснованием проекта, должны содержать рекомендации по мероприятиям по стабилизации склона (устройству контрбанкетов, подпорных стенок, дренажей и пр.) в условиях строительства и эксплуатации сооружений. Для прогнозирования устойчивости склона с учетом воздействия техногенных факторов могут выполняться по отдельной программе специальные модельные исследования по определению напряженно-деформированного состояния и гидродинамического режима массива пород, слагающих склон. В программе исследований должны быть учтены колебания уровня воды в бассейнах, проявление порового давления и ползучести глинистых грунтов.

9.6. На участке строительного котлована здания ГАЭС и реверсивного канала скважины необходимо проходить на глубину 20-40 м ниже основания. Расстояние между скважинами, в зависимости от категории сложности инженерно-геологических условий, может составлять 20-50 м. На участке здания ГАЭС следует задавать горные выработки или скважины большого диаметра для проведения комплексных исследований свойств пород основания (геотехнических, геофизических, гидрогеологических) и для более подробной документации геологического разреза. Особое внимание следует уделять определению возможности вскрытия высоконапорных вод, которые могут повредить основание сооружений. Изучение физико-механических свойств и сохранности пород массиве проводят также и сейсмоакустическими методами.

Состав и объемы изысканий для здания ГАЭС подземного типа определяются в соответствии с требованиями п.4.10.

9.7. Гидрогеологические исследования для проекта должны быть направлены на обоснование геофильтрационной модели участка проектируемых сооружений и гидрогеологических параметров, необходимых для расчетов фильтрации из верхнего бассейна и подпора подземных вод на склоне, для выбора схемы строительного водопонижения и водоотлива. Для решения этих задач продолжают начатые при составлении ТЭО стационарные наблюдения за режимом подземных вод и выполняют дополнительные опытно-фильтрационные работы. Количество опытов и места проведения этих работ назначаются с учетом результатов исследований, выполненных для ТЭО. Необходимо также выполнить детальное изучение баланса подземных вод для обоснования мероприятий по дренированию и стабилизации склона и оснований сооружений ГАЭС.

9.8. По нижнему бассейну проводят дополнительный комплекс изысканий. Если бассейн создается заново путем сооружения плотины, то по створу плотины выполняются изыскания в соответствии с указаниями раздела 4. По берегам водоема задают поперечники из скважин для обоснования прогноза подпора и переформирования берегов. Как правило, выполняют работы для обоснования прогноза возможности заполнения полезной емкости водоема наносами за счет переработки берегов или возникновения катастрофических оползней.

9.9. Выполняют проектную разведку необходимых объемов строительных материалов по категориям А+В+С<sub>1</sub> (с учетом требований пункта 4.16) и в первую очередь в контурах полезных выемок.

9.10. Материалы, представляемые для обоснования проекта ГАЭС (записка в проект), должны содержать, кроме общепринятых разделов (п.4.18), специальные главы: "Инженерно-геологический анализ устойчивости склонов при техногенном воздействии" и "Прогноз влияния фильтрации из верхнего бассейна на геологическую среду".

Отчет о выполненных работах должен содержать все разделы в соответствии с п.4.18, но с более подробным описанием общих геологических условий, методики и объемов выполненных работ. Кроме общепринятых приложений, к разделу проекта по п.4.18 прилагают геологическую карту районирования ложа верхнего бассейна масштаба 1:10000-1:5000; схематическую карту прогнозирования изменений геологической среды и гидрогеологических условий территории, примыкающей к верхнему бассейну в масштабе 1:25000; расчетные инженерно-геологические и геофильтрационные модели.

## 10. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ГАЭС

10.1. На стадии рабочей документации проводят детальные изыскания на площадках отдельных сооружений для освещения тех вопросов, которые возникли в период проектирования строительства. Особое внимание при проведении изысканий должно быть уделено изучению условий строительных работ по отдельным сооружениям и выдаче необходимых рекомендаций.

10.2. Для наблюдений за деформацией склонов в области влияния сооружений оборудуют наблюдательную сеть для геодезических измерений. Схемы геодезической наблюдательной сети, методику измерений и конструкцию знаков определяют специальными программами.

Объемы, точность и сроки наблюдений могут быть изменены после первых циклов наблюдений в случае, если будут получены сведения о движении оползня или потенциально неустойчивого склона.

Необходимость проведения наблюдений за оползнем или потенциально неустойчивым склоном, точность и сроки работ в период изысканий определяет геологическая служба генпроектировщика, а в период строительства и эксплуатации - геологическая служба совместно с главным инженером проекта. В приложении 13 приведены рекомендации по точности и цикличности наблюдений. Точность и частота зависят от местоположения оползня и его влияния на устойчивость и безопасную работу сооружения.

10.3. Материалы изысканий, выполненных на стадии рабочей документации, оформляют в виде отдельных отчетов по выполненным изысканиям, наблюдениям, исследованиям и др. В случае, если на этой стадии были существенно изменены проектные решения, для обоснования должен быть составлен сводный отчет по всем выполненным работам соответствующими графическими приложениями.

Приложение 1

Обязательное

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ НА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

(по этапам и стадиям проектирования)

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОВЕДЕНИЕ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ СХЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКИ

#### 1. Общая часть

Объект исследования (группа рек, река, отрезок реки), назначение и экономические предпосылки составления схемы.

Варианты разбивки долины реки (или отрезка долины реки) на ступени. Типы гидроузлов и предварительные соображения об их возможной конструкции, компоновке, напорах и т.п.

Сведения о ранее выполнявшихся разработках и решениях экспертизы по ним. Сведения о результатах выполнения комплексной рекогносцировки. Этапы разработки схемы.

#### 2. Инженерно-геологические изыскания

В задании приводятся:

сведения, полученные из предварительно проработанных материалов о возможном влиянии инженерно-геологических факторов на выбор вариантов разбивки долины реки и районов размещения гидроузлов и их возможные компоновки;

перечень объектов отдаленной перспективы, по которым можно ограничиться изучением инженерно-геологических условий по архивным и литературным материалам, и близкой перспективы, по которым может быть выполнен сокращенный объем инженерно-геологических изысканий, а также первоочередных объектов, по которым выполняется основной объем инженерно-геологических изысканий;

предварительные сведения о потребном количестве и видах местных строительных материалов;

сроки проведения работ и последовательность их исполнения, порядок передачи промежуточных и окончательных материалов.

К заданию должна быть приложена схема разбивки долины реки на ступени с вариантами.

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОВЕДЕНИЕ ИСЫСКАНИЙ ДЛЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ГИДРОУЗЛА

## 1. Общая часть

Назначение объекта, основные параметры, сроки и этапность разработки ТЭО. Наличие ранее выполнявшихся разработок, краткая оценка их и экспертные решения и заключения по вопросам, имеющим отношение к изысканиям.

Объект изысканий - районы створов, их местоположение, протяженность. Характеристика конкурирующих участков с их техническим обоснованием. Возможные варианты компоновки сооружений на участках створов и их параметры. Вероятная компоновка сооружений на выбранном участке, их типы и параметры.

Водохранилище. Возможные варианты НПУ, основные объекты инженерной защиты.

Подсобные и вспомогательные сооружения, подлежащие разработке в ТЭО, и их местоположение.

Сведения о подземных источниках водоснабжения.

Сведения о сейсмичности района.

## 2. Инженерно-геологические изыскания

В задании приводятся:

сведения, определяющие выбор участка створа и компоновочных решений;

этапность выполнения инженерно-геологических изысканий:

первый этап - выполнение инженерно-геологических исследований для выбора участка створа; второй этап - работы на выбранном участке створа с разработкой рекомендаций по створу и трассам каналов и других линейных сооружений;

для первого этапа изысканий необходимо указать возможные компоновочные решения на конкурирующих участках расположения сооружений гидроузла, водохранилища при различных отметках НПУ; возможные варианты размещения подсобно-вспомогательных сооружений, водозаборов и пр., потребности в местных строительных материалах;

для выполнения инженерно-геологических изысканий на втором этапе необходимо указать: тип, возможные компоновочные решения и параметры отдельных элементов гидроузла (плотина, ГЭС, деривации и др.); необходимость изучения переработки берегов водохранилищ и объектов инженерной защиты; размещение подсобных и вспомогательных сооружений и площадок подземных водозаборов, потребности в воде для временного и постоянного водоснабжения; потребность в различных видах местных строительных материалов; сроки производства инженерно-геологических изысканий как в целом по объекту, так и по этапам;

порядок передачи материалов в проектные отделы в ходе проектирования.

К техническому заданию прилагаются: схемы проектируемых сооружений (планы и разрезы) с вариантами их размещения и контурами водохранилища.

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ИСЫСКАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТА

## 1. Общая часть

Назначение объекта, местоположение, основные параметры, сроки разработки проекта.

Сведения о ранее выполненных проектно-изыскательских работах (схема, ТЭО, проект и др.), в том числе выполненных другими организациями, а также экспертные решения и заключения в части изысканий по этим разработкам.

Общий состав проектируемых сооружений (гидроузел, водохранилище, подсобно-вспомогательные сооружения и пр.).

Участок створа, на котором ведется проектирование гидроузла, и рекомендуемый створ. Компоновка сооружений. При разработке ряда компоновок - их перечисление, последовательность проведения проектных и изыскательских работ.

Краткая характеристика сооружений и зон влияния гидроузла:

плотина, ее тип, конструкция (с вариантами), параметры;

водопропускные сооружения, их варианты, типы и конструкции, размеры, отметки заглубления;

здания ГЭС, их варианты, местоположение, типы и конструкции, размеры, отметки заложения;

деривационные и судоходные сооружения, их варианты, типы, размеры в плане и разрезе;

нижний бьеф сооружений как область возможного проявления процессов размыва, намечаемая схема пропуска расходов воды и льда в строительный период, перекрытие русла;

водохранилище, его размеры, отметки НПУ, размеры форсировки и сработки. Последовательность (этапность) проведения проектно-изыскательских работ (два этапа - выбор исследования для выбранной отметки, одновременное рассмотрение всех отметок);

защитные сооружения и защищаемые объекты в зоне водохранилища; перечень объектов и их краткая характеристика с вариантами, возможные конструкции, типы, параметры.

Подсобные и вспомогательные сооружения:

поселки, строительные и перевалочные базы как временные, так и постоянные; места их расположения с вариантами, размеры площадок, возможный состав сооружений, типы фундаментов и возможные их варианты;

магистральные и внутрипостроечные дороги, их направление, протяженность, класс, возможные искусственные сооружения, их типы и конструкции;

электроподстанции, их возможное расположение, размеры, внутристроительные линии электропередачи, направление, протяженность; типы опор; линии связи, типы, направление, протяженность;

подземные источники водоснабжения - потребности в воде для временного и постоянного водоснабжения по всем участкам строительства, в том числе для технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения; предполагаемые места расположения водозаборов; водоводы, их протяженность и направление;

канализация - тип, месторасположения очистных сооружений с вариантами, трассы коллекторов, направление, протяженность (с вариантами);

строительные материалы - потребность по видам грунтов для всех типов сооружений с учетом вариантов и особые требования к самим грунтам или к расположению карьеров, в том числе на начальный период строительства.

## 2. Инженерно-геологические изыскания

В задании приводятся:

принципиальные сведения, определяющие проектирование сооружений, возможные уточнения их конструкций в ходе проектирования в связи с геологическими условиями, величины и характер нагрузок; особые вопросы, подлежащие освещению в инженерно-геологических материалах, в том числе и по расчетным показателям;

основные вопросы, подлежащие изучению по водохранилищу: переработка и подтопление берегов водохранилищ, детальность изучения условий защиты объектов в зоне водохранилищ, условия нижнего бьефа;

перечень вопросов, подлежащих разрешению на площадках подсобных и вспомогательных сооружений и определению запасов и качества воды для питьевого и хозяйственно-водоснабжения;

основные вопросы, подлежащие выяснению при изучении местных строительных материалов. Особые вопросы, подлежащие изучению: морозостойкость, возможность получения негабаритов, возможные способы разработки карьеров и др.;

необходимость выполнения инженерно-геологических изысканий для обеспечения исследовательских работ (проходка специальных выработок, отбор образцов, документация и пр.); необходимость выполнения опытных строительных работ - опытная укатка, цементация и др.;

сроки производства инженерно-геологических изысканий как в целом по объекту, так и промежуточные; порядок и сроки передачи материалов в проектные отделы в ходе проектирования и окончательных.

К техническому заданию прилагаются схемы проектируемых сооружений, планы, разрезы с вариантами их размещения, контурами водохранилища с указанием объектов защиты, а также схемы расположения подсобных и вспомогательных сооружений, площадок водозаборов или линейных объектов с возможными вариантами.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

### 1. Общая часть

Состав сооружений гидроузла; компоновка сооружений, возможное направление и уточнения положения и конструкций сооружений в ходе рабочего проектирования.

Сведения о замечаниях экспертизы и заключениях экспертов по вопросам изысканий.

Краткая характеристика каждого из сооружений гидроузла:

плотина, ее тип, конструкция, высота, напор, протяженность, противофильтрационные и дренажные устройства; водосбросные и водопропускные сооружения, их типы, конструкции, размеры, отметки основания; деривационные сооружения, их типы и параметры, конструкции; судходные сооружения, их состав, типы, конструкции, размеры, отметки основания; ОРУ, подстанции и др., их расположение, площадь, конструкции опор.

Основные сведения о способах и очередности ведения строительных работ, возведении перемычек, пропуске паводка, перекрытии русла. Нижний бьеф сооружений как область проявления процессов размыва.

Водохранилище, его размеры, НПУ, размеры форсировки и сработки, график наполнения. Защита сооружений и объектов в зоне водохранилища, перечень этих объектов, конструкции защитных сооружений, их параметры. Сооружения, создаваемые в зоне водохранилища или подлежащие переносу, типы, конструкции, параметры каждого из них. Основные вопросы, требующие выполнения изысканий по берегам водохранилища.

Подсобные и вспомогательные сооружения - временные и постоянные строительные и перевалочные базы, места их расположения, площадки, состав сооружений, характеристика сооружений, конструкции и отметки фундаментов. Постоянные и временные поселки, места расположения, характер застройки, тип и этажность зданий, конструкции и отметки фундаментов.

Линейные сооружения - магистральные и внутрипостроечные дороги, направление, протяженность, класс, искусственные сооружения, их количество, типы конструкций. Линии электропередачи, линии связи - направление, протяженность, типы опор; площадки электроподстанций, площадь, местоположение.

Водоснабжение и канализация. Временные и постоянные водозаборы, местоположение, типы, конструкции, производительность, основные требования к воде, водоводы, протяженность, направление, глубина заложения.

Постоянные и временные очистные сооружения канализации, местоположение, типы, конструкции; коллекторы, их направление, протяженность, глубина заложения.

Строительные материалы - сведения об отводе земель для намечаемых карьеров, их границы, назначение карьеров, способы разработки и технология использования грунтов. Требования к качеству материалов, очередность вскрытия карьеров, планируемые объемы выемки по годам.

Сроки и последовательность выполнения проектных проработок подразделениями Гидропроект и субподрядными организациями, составляющими рабочие чертежи. Порядок передачи материалов с указанием узловых вопросов, определяющих разработку проектов,

## 2. Инженерно-геологические изыскания

В задании приводятся:

сведения о вопросах, требующих уточнения (по сравнению с проектом); возможные изменения положения конструкций сооружений, зависящие от уточнения геологических условий; характер нагрузок, особенности работы противофильтрационных завес, дренажа и др.;

необходимость проведения полевых опытных исследований прочностных, деформационных и упругих свойств грунтов по специальным программам;

принципиальные вопросы по оценке зоны водохранилища, особые вопросы по сооружениям инженерной защиты и особенности влияния этих сооружений на основание;

основные вопросы инженерно-геологической оценки условий подсобных и вспомогательных сооружений. Характер нагрузок, особенности фундаментов и пр.;

основные вопросы изучения строительных материалов (морозостойкость, марки бетона, грунты для насыпей, получение негабаритов и пр.);

необходимость выполнения инженерно-геологических изысканий для обоснования исследований и работ специализированных организаций. Намечаемые опытные строительные работы и их обеспечение инженерно-геологическими изысканиями;

сроки производства инженерно-геологических изысканий как в целом по объекту, так и промежуточных. Порядок передачи материалов в проектные отделы Гидропроект и субподрядным организациям в ходе проектирования и окончательных.

К техническому заданию должны быть приложены необходимые чертежи и другие графические материалы, поясняющие положения, изложенные в техническом задании.

Техническое задание выдается главным инженером проекта, согласовывается с главным геологом проекта и утверждается главным инженером института или отделения (филиала).

Приложение 2

Рекомендательное

### Методы определения геомеханических характеристик скального массива в зависимости от стадии проектирования

№ п/п	Характеристики	Методы определения на разных стадиях проектирования		
		ТЭО	Проект	Раб. документация
1	Модуль деформации $E$ , МПа	Аналоги, аналитические методы, корреляционные связи, геофизические, прессиометрические и др.	Штамповые опыты, метод плоской щели, геофизические, прессиометрические и др.	Натурные измерения в строительных выемках. Полевые опыты для уточнения геомеханических характеристик отдельных участков скального массива или оснований сооружений
2	Коэффициент удельного отпора $K_0$ , $\frac{МПа}{см}$		Крупномасштабные опыты (инвентарные установки, напорные камеры, штамповые опыты и др.), экспресс-методы (геофизические, прессиометрические и др.)	
3	Параметры сопротивления сдвигу $t_{gj}$ , С, МПа	Аналоги, аналитические методы, корреляционные связи, рекомендации СНиП 2.02.02-85	Сдвиги бетонных штампов или скальных целиков, обрушение скальных уступов и др.	
4	Предел прочности на сжатие $R_c$ , МПа	Прямые определения, аналоги, рекомендации СНиП 2.02.02-85	Полевые опыты по сжатию скальных целиков	
5	Предел прочности на	Аналоги, рекомендации СНиП	Полевые опыты по разрыву	

	растяжение $R_t$ , МПа	2.02.02-85	скальных целиков
6	Предел прочности на смятие $R_{CS}$ , МПа	Аналоги, корреляционные связи, рекомендации СНиП 2.02.02-85	Полевые опыты методом бетонных штампов
7	Естественные напряжения $s_1, s_2, s_3$ , МПа и их ориентация $a_1, a_2, a_3$	Геофизические, геолого-структурные	Натурные измерения
8	Параметры прочности в условиях трехосного напряженного состояния $\sigma_1^* = f(\sigma_2^*, \sigma_3^*)$	Прямые определения	

Примечания: 1. В тех случаях, когда геомеханические характеристики определяют габариты и стоимость сооружений I и II классов рекомендуется проводить крупномасштабные опыты на стадии ТЭО.

2. Для сооружений III и IV классов допускается определять геомеханические характеристики на всех стадиях проектирования методами, применяемыми для стадии ТЭО.

3. Номенклатура определяемых геомеханических характеристик и соответствующие им методы устанавливаются программой изысканий.

Приложение 3

Обязательное

Категории сложности инженерно-геологических условий участков долин рек, выбираемых для строительства гидроузлов

Факторы, определяющие сложность	Категория сложности		
	I (простая)	II (средняя)	III (сложная)
1	2	3	4
Рельеф и геоморфология	Пологие и ровные борта долины (крутизна менее 20°), наличие поймы, одно русло реки	Борта долины средней крутизны (20-30°), слабо расчлененные, наличие 2-3 террас, наличие протоков, наряду с основным руслом	Крутые склоны долины (более 30°) с выступами или расчлененные оврагами, наличие нескольких террас, много протоков, пороги или резкие сужения долины
Геология и тектоника в области взаимодействия сооружений с геологической средой	Берега и дно долины слагают породы одного состава. Скальные породы залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем четвертичных отложений до 10 м. Коренные породы по инженерно-геологическим свойствам однородны по глубине и в плане. Зоны тектонического дробления отсутствуют, слоистость и трещиноватость выражены слабо	В бортах и дне долины залегают две-три разности коренных пород, существенно различающиеся по составу и свойствам. Четвертичные отложения местами имеют мощность до 20 м и разнообразны по составу. Кровля коренных пород неровная. В толще пород имеются редкие разрывные и складчатые дислокации. Зоны дробления имеют мощность до 2 м	Долина врезана в толщу интенсивно дислоцированных пород разного состава и возраста. Кровля коренных пород очень неровная. Четвертичные отложения имеют мощность местами более 20 м, разнообразны по составу и генезису. Зоны тектонического дробления имеют мощность более 2 м
Гидрогеологические (в области взаимодействия сооружений с геологической средой)	Имеется единый выдержанный горизонт подземных вод с однородным химическим составом	Два и более водоносных горизонтов подземных вод местами с неоднородным химическим составом или обладающих напором	Горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и по мощности, с неоднородным химическим составом. Местами сложное чередование водоносных и водоупорных пород. Напоры подземных вод по простиранию изменяются
Геологические процессы в естественных условиях	Не имеют существенного значения для сохранности сооружений и окружающей среды	Имеют ограниченное развитие, требуют некоторых мероприятий для защиты сооружений и окружающей среды	Широко развиты, необходимы мероприятия для предохранения сооружений и окружающей среды от вредного воздействия
Сейсмичность района (фоновая балльность для средних условий)	Менее 6 баллов	6-7 баллов	8 баллов и более
Мерзлотные условия	Многолетняя мерзлота отсутствует	Многолетняя мерзлота имеет островное распространение, местами образование перелетков	Многолетняя мерзлота распространена повсеместно, на всю глубину области взаимодействия сооружений с геологической средой, встречаются талики



Примечание. Категории сложности инженерно-геологических условий устанавливаются по совокупности факторов, перечисляемых в таблице. Если какой-либо фактор относится к более высокой категории сложности и является определяющим при выборе проектных решений, то категорию сложности следует устанавливать по данному фактору. В таком случае должны быть увеличены объемы или дополнительно предусмотрены только те виды работ, которые необходимы для выяснения влияния на проектируемые сооружения именно данного фактора.

Приложение 4

Обязательное

Классификация массивов горных пород по инженерно-геологическим условиям для подземного строительства

Простые	Средней сложности	Сложные
Скальные и полускальные грунты, однородные по прочности, монолитные, слабо- и среднетрещиноватые, от массивных до среднеслоистых, слабо дислоцированные, разрывные нарушения отсутствуют; невыветривающиеся или слабовыветривающиеся; слабоводопроницаемые; негазосодержащие; от устойчивых до среднеустойчивых в горных выработках. Сейсмическая активность территории - до 6 баллов.	Скальные и полускальные грунты разной прочности, средне- и сильнотрещиноватые, дислоцированные с мелкими тектоническими нарушениями, выветривающиеся, водопроницаемые; возможны значительные водопритоки в горные выработки, газопроводящие, слабоустойчивые в горных выработках. Нескальные грунты (глинистые породы, преимущественно тугопластичные, реже - мягкопластичные). Сейсмическая активность территории - до 8 баллов.	Скальные и полускальные грунты разной прочности, сильно трещиноватые, раздробленные, сильно дислоцированные с тектоническими нарушениями разной величины, выветривающиеся, сильно и очень сильно водопроницаемые, возможны весьма значительные водопритоки в горные выработки, в том числе термальных вод; неустойчивые в горных выработках. Нескальные грунты (валунные, галечниковые, песчаные, щебенистые, глинистые мягко- и текучепластичные). Вечномерзлые грунты. Сейсмическая активность территории - 8 баллов и выше.

Приложение 5

Обязательное

Основные виды сейсмологических работ по стадиям проектирования

№ пп.	Виды работ	Стадия				Примечание	
		Схема	ТЭО		Проект		РД
1	2		3	4		5	
	Детальное сейсмическое районирование (ДСР)						В любой графе принято: + исследования выполняются, - исследования не выполняются, ± данный вид исследований выполняется лишь при наличии показаний к их выполнению по результатам предыдущей стадии
1	Предварительный сбор материалов для составления программы и сметы	+	+	-	-	-	
2	Общая оценка сеймотектонических и сейсмологических условий по фондовым и литературным материалам (сбор, обработка, увязка геологических, геофизических и сейсмологических данных с нормативными документами)	+	+	±	-	-	Анализируются материалы М 1:5000000-1:500000 на стадии схемы; М 1:500000-1:200000 на стадии ТЭО в радиусе от 500 до 50 км с последовательной детализацией по мере приближения к участку строительства
3	Дешифрирование данных дистанционной съемки	+	+	+	-	-	
4	Сеймотектоническое и макросейсмическое обследование местности (для выявления зон тектонических нарушений, изучения сейсмодислокаций, палеосейсмодислокаций и других зон и участков, неблагоприятных для строительства и, при наличии соответствующих данных, для уточнения изосейст известных сильнейших землетрясений)	+	+	+	-	-	Макросейсмическое обследование зон вновь произошедших землетрясений при их возникновении производится на любой стадии проектирования

5	Глубинные геофизические исследования для выявления зон тектонических нарушений, уточнения их локализации и характеристик (мощности, глубины заложения, амплитуды и др).	-	±	±	±	-	На I этапе ТЭО исследования по п.5 выполняются лишь при отсутствии надежных данных о локализации зон ВОЗ, определяющих принципиальную возможность строительства или расчетные показатели сейсмичности
6	Полевые геофизические исследования для выявления зон разломов в верхних горизонтах земной коры, картирование структурных поверхностей (КМПВ, ОГТ, ВЭЗ и др.)	-	±	+	+	-	
7	Регистрация слабых местных землетрясений и микроземлетрясений высокочувствительной аппаратурой (для выявления зон ВОЗ, выяснения вопроса о сейсмической активности зон тектонических нарушений на современном этапе, оценки глубин очагов и мощности сейсмоактивного слоя) в радиусе 5-50 км от площадки строительства	-	±	+	+	-	Минимальная продолжительность этого вида работ 2,5 года с момента начала исследований. На стадии "проект" станции располагаются в радиусе 5-15 км от створа плотины. Этот вид исследований выполняется для сооружений I класса в районах с сейсмичностью 7 баллов и более
8	Изучение сейсмичности - регистрация местных землетрясений стандартной сейсмологической аппаратурой	-	-	+	+	+	Для прогноза вызванной сейсмичности при проектировании и строительстве больших водохранилищ в районах с сейсмичностью более 6 баллов изучается механизм местных землетрясений
9	Высокоточное нивелирование	-	-	+	+	+	
10	Комплексная обработка результатов, математическое моделирование для определения расчетных сейсмических воздействий (фоновых для так называемых "средних" грунтовых условий)	-	+	+	-	-	
	Сейсмическое микрорайонирование (СМР)						
1	Изучение свойств приповерхностной части разреза (КМПВ - метод сейсмических жесткостей; сейсмокартаж, электроразведка, магниторазведка)	-	±	+	+	±	На I этапе ТЭО СМР М 1:50000-1:25000 проводится для сооружений I класса в районах с сейсмичностью 7 баллов и более для участков конкурирующих створов при отсутствии надежных данных о сейсмических свойствах грунтов по фондовым материалам. На II этапе ТЭО и в проекте СМР выполняется в масштабах М 1:10000-1:5000. Для сооружений II класса и в слабосейсмичных районах СМР выполняется на II этапе ТЭО и в проекте. На стадии РД исследования М 1:5000-1:2000 для уточнения влияния локальных условий на площадки установки оборудования, а также для учета влияния техногенных факторов на сейсмические свойства грунтов
2	Регистрация специальных взрывов для уточнения сейсмического эффекта	-	-	+	+	+	
3	Регистрация микроземлетрясений для задач СМР высокочувствительной аппаратурой	-	-	-	+	+	Этот вид исследований необходим для высоких (60 м и более) плотин с целью учета влияния формы каньона на сейсмический эффект в районах с сейсмичностью более 6 баллов
4	Деформометрические наблюдения на участке строительства	-	+	+	+	+	
5	Инженерно-сейсмометрические наблюдения в основании и теле плотины	-	-	-	-	+	
6	Комплексная интерпретация материалов, расчеты влияния локальных условий на сейсмический эффект, математическое моделирование, определение расчетных сейсмических воздействий	-	-	+	+	+	На стадии РД уточняются расчетные сейсмические воздействия на оборудование
7	Составление сводного отчета по сейсмическим условиям	-	-	-	+	+	

## Категории сложности геолого-геофизических условий

I (простая)	II (средняя)	III (сложная)
<p>Горизонтальные, субгоризонтальные границы (угол наклона менее 10-15°).</p> <p>Горизонтально-слоистая среда, слои выдержаны по мощности и элементам залегания</p> <p>Отсутствие экранирующих горизонтов, вызывающих инверсию скоростей, отсутствие условий возможности пропуска слоя</p> <p>Наличие выдержанных опорных геоэлектрических горизонтов</p> <p>Однородность и изотропность физических свойств в однородных по литологии породах. Изменения физических свойств обусловлены:</p> <p>изменением литологического состава и резко (50-100%) изменяются с изменением литологии;</p> <p>выветриванием и разгрузкой при плавном изменении в одном направлении</p> <p>Высокая степень дифференциации слоев по физическим свойствам (&gt;50%)</p>	<p>Слоистая среда с наклонными границами (угол наклона больше 15°), перекрытая однородным слоем пород средней мощности.</p> <p>Вертикально-слоистая среда, перекрытая однородными породами.</p> <p>Пластово-градиентная среда, градиент изменения свойств не более чем в 2-х направлениях, тонкослоистая среда.</p> <p>Отсутствие узких (ширина и глубина соизмеримы) переуглублений в кровле коренных пород</p> <p>Наличие 1-2 экранирующих горизонтов, вызывающих инверсию скоростей. Имеются условия пропуска слоя.</p> <p>Отсутствие сильно экранирующих слоев (проводящих и непроводящих в геоэлектрическом разрезе)</p> <p>Невыдержанность опорных геоэлектрических горизонтов</p> <p>Неоднородность и анизотропия физических свойств по площади и с глубиной, обусловленные изменением не более 2-3 факторов, включая литологию. Достаточно четкая дифференциация пород (<sup>3</sup> 30-50%) по физическим свойствам</p>	<p>Незакономерное изменение границ в плане и по глубине. Наличие складок, пережимов, выклинивания границ.</p> <p>Вертикально-слоистая среда, перекрытая неоднородными породами. Сложно-построенные неоднородно-блочные среды.</p> <p>Наличие узких (ширина и глубина соизмеримы) переуглублений в кровле коренных пород</p> <p>Наличие более 2 экранирующих горизонтов, возможность пропуска более 1-2 слоев</p> <p>Опорные геоэлектрические горизонты отсутствуют.</p> <p>Многослойность геоэлектрического разреза</p> <p>Существенная неоднородность и анизотропия физических свойств с глубиной и по площади, вызывающая сложную зависимость физических свойств от направления.</p> <p>Зависимость изменения физических свойств более чем от 2-3 факторов (изменчивость литологии, влажности, пористости, плотности и т.д.).</p> <p>Слабая дифференциация пород по физическим свойствам</p>

Приложение 7

Рекомендательное

Методы и объемы геофизических исследований на участках створов гидроузлов на стадии схемы (скальные основания)

Класс сооружений по СНиП 2.06.01-86	Методы геофизических исследований			
	Электроразведка	Сейсморазведка	Магниторазведка	Каротаж
1	2	3	4	5
I-II	I (простая) категория сложности инженерно-геологических и геолого-геофизических условий			
	Основные методы - ВЭЗ ( $I=100-200$ м) и ЭП, ( $I=20-100$ м). Изучается долина реки по 1-2 продольным (часто изолированным) профилям и 1-2 поперечникам на каждом створе	Не используется	Вспомогательный метод в модификации магнитного профилирования ( $I=20-50$ м; $L=200-300$ м, 2-3 км профилей) на каждом створе	Вспомогательный метод - стандартный электрокаротаж (СЭК), гамма-каротаж (ГК) - 1-2 скв. (30-50 м) на каждом створе
III-IV	Исследуется на створе 1-2 км профилей	То же	То же	То же
I-II	II (средняя) категория сложности инженерно-геологических и геолого-геофизических условий			
	Основные методы - различные модификации ВЭЗ ( $I=100-200$ м) и ЭП ( $I=20-50$ м). Изучается долина реки по 2-3 продольным профилям и	Вспомогательный метод КМПВ, $D_x=5-10$ м, 1-2 км профилей на каждом створе, $L=100-200$ м	Вспомогательный метод в модификации МП, $I=10-20$ м, $L=100-200$ м, 2-7 км профилей на каждом створе	Вспомогательный метод СЭК, ГК, кавернометрия, резистивиметрия 100-150 м скв. на каждом створе

III-IV	3-4 поперечникам на каждом створе Исследуется на створе 2-7 км профилей, L=100-200 м	То же	Не используется	То же
I-II	III (сложная) категория сложности инженерно-геологических и геолого-геофизических условий Основные методы - различные модификации ВЭЗ (l=100-200 м) и ЭП (l=20-50 м). Изучается долина реки (2-3 продольных профиля и створы по сети продольных и поперечных профилей)	Основной метод. КМПВ, Dx=5-10 м, 3-5 км профилей на каждом створе, L=100-200 м	Вспомогательный метод МП l=10-20 м, L=100-200 м, 2-8 км профилей на каждом створе	Вспомогательный метод СЭК, ГК, кавернометрия, резистивиметрия, сейсмический (СК), ультразвуковой каротаж 100-200 м скв. на каждом створе
III-IV	Исследуются 5-10 км на каждом створе, L=100-200 м	Вспомогательный метод КМПВ, Dx=5-10 м, 1-2 км профилей на каждом створе	Вспомогательный метод МП l=10-20 м, 2-3 км профилей на каждом створе	Вспомогательный метод СЭК, ГК 50-100 м на каждом створе

Приложение 8

Рекомендательное

Методы и объемы геофизических исследований на участках створов гидроузлов на стадии ТЭО (скальные основания)

Класс сооружений по СНиП 2.06.01-86	Методы геофизических исследований				
	Электроразведка	Сейсморазведка	Магниторазведка	Каротаж	Другие методы
1	2	3	4	5	6
I-II	I (простая) категория сложности инженерно-геологических и геолого-геофизических условий Основные методы - различные модификации ВЭЗ (l=50-100 м) и ЭП (l=20-50 м). Изучаются участки створов по сети профилей l=100 - 200 м, 3-5 км профилей на каждом створе	Вспомогательный метод в модификации КМПВ, Dx=5-10 м, l=100-200 м, 1-2 профилей на каждом створе	Вспомогательный метод в модификации магнитного профилирования (МП) l=10-20 м, L=100-200 м, 3-7 км профилей на каждом створе	Вспомогательный метод. Стандартный электрокаротаж (СЭК), гамма-каротаж (ГК), кавернометрия, 100-200 м скв. на каждом створе	Электро-разведка ЕП
III-IV	То же	Не используется	То же	То же	То же
I-II	II (средняя) категория сложности инженерно-геологических и геолого-геофизических условий Основные методы - различные модификации ВЭЗ (l=50-100 м) и ЭП (l=20-50 м). Изучаются участки створов по сети профилей L=100-200 м	Вспомогательный метод КМПВ, Dx=5-10 м, L=100-150 м, 2-3 км профилей на каждом створе	Вспомогательный МП, l=10-20 м, L=100-200 м, 5-10 км профилей на каждом створе	Вспомогательный метод СЭК, ГК, ГГК-П, СК, ННК, УЗК, резистивиметрия, 200-300 м на каждом створе	Не используются
III-IV	Исследуется 5-7 км профилей на каждом створе	Не используется	То же	Вспомогательный метод. СЭК, ГК, 100-200 м скв. на каждом створе	Метод ЕП
III (сложная)	III (сложная) категория сложности инженерно-геологических и геолого-геофизических условий (используется весь комплекс геофизических методов без разделения на основные и вспомогательные)				
I-II	Различные модификации ВЭЗ (l=50-100 м) и ЭП L=100 м, 5-10 км профилей на каждом створе	КМПВ, Dx=5 м, L=100-150 м, 3-5 км профилей на створе	МП, l=10-20 м, L=100 м, 5-10 км профилей на каждом створе. ММС - 2-5 площадок	СЭК, ГК, ГГК-П, ННК, СК, УЗК, УЗН, резистивиметрия, кавернометрия, ШК, ТК, 300-500 м на створе	Метод ЕП, СГр, МПГ, Dx=5 м, 8-10 целиков, 50-300 м штолен ВЧЭП
III-IV	Различные модификации ВЭЗ и ЭП (l=20-50 м) L=100-200 м, 3-5 км профилей на каждом створе	Вспомогательный метод, КМПВ, Dx=5 м, L=100-200 м, 1-2 км профилей на створе	То же	Вспомогательный метод, СЭК, ГК, СК 100-200 м скв. на каждом створе	Не используется

Приложение 9

Рекомендательное

Методы и объемы геофизических исследований на участках створов гидроузлов на стадии проекта (скальные основания)

Класс сооружений по	Методы геофизических исследований				
	Электроразведка	Сейсморазведка	Магниторазведка	Каротаж	Другие методы

СНиП 2.06.01-86					
1	2	3	4	5	6
I-II	I (простая) категория сложности инженерно-геологических и геолого-геофизических условий Основной метод. ВЭЗ и ЭП ( $l=50-100$ м), $L=100-200$ м, 3-5 км профилей на каждом створе	Вспомогательный метод. КМПВ $Dx=5-10$ м, 2-3 км профилей на створе	Не используется	Вспомогательный метод. СЭК, ГК, ГГК-II, кавернометрия, резистивиметрия, 200-300 м скв.	Не используются
III-IV	Основной метод. ВЭЗ и ЭП ( $l=50-100$ м), $L=100-200$ м, 1-2 км профилей на створе	Не используется	Не используется	Вспомогательный метод. СЭК, ТК, 100-200 м скв.	Не используются
I-II	II (средняя) категория сложности инженерно-геологических и геолого-геофизических условий Вспомогательный метод. ВЭЗ ( $l=50-100$ м), $L=100-200$ м и ЭП, 1-2 км профилей на створе	Основной метод. КМПВ, $Dx=5$ м, $L=100-200$ м, 3-4 км профилей на створе	Вспомогательный метод. МП $l=10-20$ м, $L=100-200$ м, 5-7 км профилей ММП 5-10 площадок на створе	Вспомогательный метод. СЭК, ГК, ГГК-II, СК, УЗК, ТК, резистивиметрия, кавернометрия 200-500 м скважин	СПр, МПП $Dx=5$ м, 8-10 целиков, 50-100 м штолен ТКК, ВПК
III-IV	Основной метод. ВЭЗ и ЭП ( $l=50-100$ м), $L=100-200$ м, 2-3 км профилей на створе	Вспомогательный метод. КМПВ, $Dx=5$ м, 1-2 км профилей на створе	Не используется	Вспомогательный метод. СЭК, ГК, СК 200-300 м скважин	Не используются
III (сложная) категория сложности инженерно-геологических и геолого-геофизических условий (используется весь комплекс геофизических методов без разделения на основные и вспомогательные)					
I-II	Различные модификации ВЭЗ $l=50-100$ м, $L=100-200$ м, 2-5 км профилей на створе и ЭП	КМПВ, $Dx=5$ м, $L=100$ м, 5-7 км профилей на створе	МП $l=10-20$ м, $L=100-200$ м 5-7 км профилей на створе, МПВ 10-20 площадок	СЭК, ГК, ГГК-II, СК, УЗК, УЗН, ТК, резистивиметрия, кавернометрия, МК 500-100 м скважин	СПр, МПП, $Dx=1-2$ м, 10-20 целиков, 100-300 м штолен, ВЭК, ТКК, АК, АП, ВЧЭП
III-IV	Основной метод. Различные модификации ВЭЗ $l=50-100$ м, $L=100-200$ м, 2-3 км профилей на створе и ЭП	Вспомогательный метод. КМПВ, $Dx=5$ м, $L=100-200$ м, 1-2 км профилей на створе	Вспомогательный метод. МП $l=10-20$ м, $L=100-200$ м	Вспомогательный метод. СЭК, ГК, СК 300-500 м скважин	Не используются

Приложение 10

Справочное

Условные обозначения к приложениям 7-9

Электроразведка

Методом электропрофилирования на постоянном и переменном токе

ЭП

Методом естественного электрического поля

ЕП

Высокочастотного электропрофилирования

ВЧЭП

Методом вертикального электрического зондирования на постоянном и переменном токе

ВЭЗ

Расстояние между точками по профилю

$l$

Расстояние между профилями

$L$

Сейсморазведка и сейсмоакустика

Сейсморазведка корреляционным методом преломленных волн (наземное сейсмическое профилирование)

КМПВ

Сейсморазведка методом продольного профилирования в штольнях и туннелях

МПП

Сейсмическое просвечивание между выработками, между выработками и земной поверхностью

СПр

Сейсмический каротаж

СК

Акустический каротаж

АК

Акустическое просвечивание

АП

Расстояние между приборами по профилю

$Dx$

Расстояние между профилями

$L$

Расстояние между точками стояния сейсмоприемников при каротаже и просвечивании

$Dx$

Ультразвуковые наблюдения в скважинах, ультразвуковой каротаж

УЗК

Ультразвуковые наблюдения на образцах

УЗН

Магниторазведка

Профильная съемка

МП

Расстояние между точками по профилю

$l$

Расстояние между профилями

$L$

Микромагнитная съемка

ММС

Каротаж

Стандартный электрокаротаж

СЭК

Гамма-каротаж

ГК

Гамма-гамма-плотностной каротаж

ГГП

Нейтронный каротаж

НК

Нейтрон-нейтронный каротаж

ННК

Магнитный каротаж

МК

Волновой электромагнитный каротаж

ВЭМК

Токовый каротаж

ТКК

Каротаж вызванной поляризации

ВПК

## Примечания к приложениям 7-9

1. Разносы электропрофилеирования, вертикальных электрических зондирований зависят от поставленных задач и геологического разреза и в таблицах не приводятся.
2. Использование типа установки электропрофилеирования и ВЭЗ (симметричная, несимметричная, дипольная) зависит от геологического строения и в таблицах не приводится.
3. Длина взрывного интервала при КМП определяется геолого-геофизическими условиями и в таблицы не внесена.
4. Объемы работ приведены для средних площадей исследований на створе, составляющих 1,5-2 км<sup>2</sup>. При больших площадях следует пропорционально увеличить объем геофизических профилей.

Приложение 11

Справочное

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ КЛАССИФИКАЦИИ МАССИВОВ СКАЛЬНЫХ  
И ПОЛУСКАЛЬНЫХ ПОРОД ПО ГРУППАМ СОХРАННОСТИ

1. Основные принципы инженерно-геологического моделирования предполагают отражение в массиве неоднородности разных уровней. Для этого вначале выделяются наиболее крупные элементы массива (таксоны), соизмеримые с размером всего сооружения либо даже целой их группой. Затем выделяются более мелкие элементы массива, соизмеримые с частью сооружения (например, секцией плотины). Это - комплексы пород, квазиоднородных по основным инженерно-геологическим критериям, а следовательно, по вещественному составу, степени трещиноватости и выветрелости пород, получившие название групп сохранности.
2. Группа сохранности, как совокупный параметр различных свойств массива, служит критерием для инженерно-геологического районирования и оценки основных свойств грунтов (деформируемости, прочности, водопроницаемости) при инженерно-геологической документации котлованов и подземных выемок.
3. Для использования этого критерия при районировании массивов в основании сооружений в процессе инженерно-геологических изысканий следует разрабатывать классификацию пород по группам сохранности (шкалу сохранности).
4. В основу классификации необходимо закладывать разделение пород в массиве на инженерно-геологические комплексы по совокупности основных инженерно-геологических факторов в различных комбинациях:
  - вещественного состава пород (через величину временного сопротивления сжатию в образце) и выветрелости пород;
  - нарушенности пород в массиве через коэффициент трещинной пустотности - КТП, длину ребра среднего блока породы, скорости распространения упругих волн и пр.
5. Составление шкалы сохранности следует начинать в ТЭО, уточняя ее на последующих стадиях, по мере накопления новых данных. Для увязки инженерно-геологического районирования разной детальности и разработки на объекте достаточно надежной шкалы сохранности целесообразно соблюдать следующий порядок работ:
  - сопоставление предварительной шкалы сохранности по данным геологосъемочных, геофизических и горно-буровых работ. На стадии ТЭО, как правило, разрабатывают только предварительные классификационные признаки;
  - на стадии проекта инженерно-геологическая документация горных выработок и участков полевых исследований и составление шкалы сохранности выполняются с учетом результатов геомеханических и других видов исследований;
  - на стадии рабочей документации отработка критериев для выделения групп сохранности проводится по данным исполнительной инженерно-геологической документации и геофизических работ в котлованах и подземных выемках с уточнением шкалы сохранности и составления перечня инженерных мероприятий по каждой категории пород для включения в Технические условия строительства конкретных сооружений.

Приложение 12

Рекомендательное

Категория сложности инженерно-геологических условий участков расположения напорно-станционных узлов ГАЭС

Факторы, определяющие сложность	Категория сложности		
	I (средняя)	II (сложная)	III (очень сложная)
1	2	3	4
Рельеф и геоморфология	Берега долин равнинных рек: склоны высотой до 60 м и крутизной 12-15°, борта древних	Берега долин равнинных рек: склоны высотой до 120 м и максимальной крутизной 20-	Высокие оползневые склоны берегов равнинных и горных рек, границы древних

	долин с глубокими врезами расположены на расстоянии более 2 км от подножья склона. Долины горных рек. Борта высотой до 250 м, крутые скалистые, склоновые процессы развиты слабо	25°, борта древних погребенных долин с глубокими врезами расположены на расстоянии менее 500 м. Долины горных рек: борта высотой более 400 м террасированные, бугристые. Склоновые процессы носят затухающий характер	переуглубленных долин проходят у подножья склонов. Склоновые процессы развиты активно
Геологическое строение и тектоника в области взаимодействия сооружений с массивом горных пород	Относительно однородный комплекс терригенных песчаных и глинистых пород, структуры простые (слоистые, выдержанные по простиранию). Массивные изверженные и слаботрещиноватые скальные массивы иного генезиса	Неоднородные слоистые толщи терригенных рыхлых или скальных пород трещиноватые. Структуры осложнены тектоническими нарушениями небольшой мощности (5-7 м). Карбонатные породы, не затронутые карстом или слабо закарстованные	Крайне неоднородные комплексы рыхлых и скальных пород изменчивого состава и свойств, сложно-дислоцированные массивы рыхлых пород, блоково-разломный характер структуры и высокая степень трещиноватости скальных массивов; закарстованные карбонатные породы
Неблагоприятные экзогенные процессы	Слабая эрозия и плоскостной сыв, устойчивые или небольшие оползни с поверхностью смещения выше дна современной долины объемом до 100 м <sup>3</sup> . Мощность зоны выветривания не превышает 5 м	Стабилизировавшиеся древние и современные малоактивные оползни, обвально-осыпные, эрозионные и суффозионно-карстовые процессы, просадочные явления. Мощность зоны выветривания 10-15 м	Широкое развитие обвально-осыпных процессов; сложное сочетание оползней, в том числе оползни с поверхностью смещения ниже современного дна долины; интенсивное выветривание коренных пород и карстово-суффозионные процессы. Повышенная сейсмическая активность района. Мощность зоны выветривания более 20 м
Гидрогеологические условия в области взаимодействия сооружений	Выдержанные водоносные горизонты в основании склона безнапорные или напорные. Слабоводопроницаемые породы	Сложное сочетание водоносных и водоупорных пород, высоконапорные воды в основании склона в слабоводопроницаемых породах	Сложное сочетание водоносных и водоупорных пород, обусловленное особенностями геологической структуры, определяющие труднопрогнозируемые связи между горизонтами и их влияние на устойчивость склона. Сильно и очень сильно водопроницаемые породы, требующие предварительных мероприятий против фильтрации, наличие вечной мерзлоты

Приложение 13

Справочное

Точность и сроки геодезических наблюдений за склонами

Стадия работ	Характеристика оползневого склона	Средняя квадратическая ошибка определения смещения	Цикличность
Изыскания	Внешних признаков подвижек нет	1-2 мм	2-4 раза в год
	Имеются визуальные признаки деформаций	3-5 мм	1 раз в 2 месяца
Строительство	Внешних признаков подвижек нет	1-2 мм	3-6 раз в год
	Признаки подвижек видны визуально	5-15 мм	До нескольких раз в месяц
Эксплуатация	Внешних признаков подвижек нет	1-2 мм	2-3 раза в год

Примечания: 1. Методика геодезических измерений и наблюдений разрабатывается конкретно для каждого объекта в зависимости от требуемой точности и топографических условий местности.

2. В случае, если развивающиеся деформации носят опасный характер, цикличность наблюдений принимается по специальной программе.

Приложение 14

Справочное

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

1. Детальное сейсмическое районирование. М., Наука, 1980.
2. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. СНиП 2.06.15-85. М., 1986.
3. Инженерные изыскания для строительства и сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ. РСН-60-86/Госстрой СССР, М., 1986.
4. Инженерно-геологические изыскания для строительства гидротехнических сооружений (Под ред. Е.С. Карпышева). М., Энергия, 1980.
5. Инженерные изыскания для строительства. СНиП 1.02.07-87. М., 1988.
6. Инструкция по проектированию гидротехнических сооружений в районах распространения вечномерзлых грунтов. Глава 3. Инженерно-геологические, геокриологические и гидрогеологические изыскания (с.7-11). ВСН 30-83/Минэнерго СССР. ВНИИГ, 1983.
7. Методические рекомендации по детальному сейсмическому районированию. Вопросы инженерной сейсмологии, вып.27. М., Наука, 1986.
8. Методические рекомендации по прогнозированию переформирования берегов водохранилищ. П-30-75/Минэнерго СССР. ВНИИГ, Л., 1975.
9. Методические рекомендации по проектированию оптимальных врезок для сопряжения бетонных плотин со скальным основанием. П-634-75/Гидропроект, М., 1978.
10. Методические рекомендации по прогнозированию подтопления берегов водохранилищ и использованию подтопленных земель. П-71-72/ВНИИГ, Л., 1978.
11. Методы инженерно-геологического изучения трещиноватости горных пород. М., Энергия, 1969.
12. Определение водопроницаемости неводоносных горных пород опытными наливками в шурфы. И-41-68/Гидропроект. М., Энергия, 1969.
13. Основания гидротехнических сооружений. СНиП 2.02.02-85. М., 1986.
14. Рекомендации по применению сейсмической разведки для изучения физико-механических свойств рыхлых грунтов в естественном залегании для строительных целей. Госстрой СССР. М., 1974.
15. Рекомендации по полевым исследованиям коэффициента удельного отпора скальных пород. П-781-83/Гидропроект. М., 1983.
16. Рекомендации по использованию аналогов для проектирования и строительства насыпных плотин. М., Энергоатомиздат, 1984.
17. Рекомендации по применению геофизических методов для определения инженерно-геологических характеристик мерзлых дисперсных грунтов. ПНИИИС. М., 1984.
18. Рекомендации по методике составления специализированных инженерно-геологических моделей для расчетов и исследований скальных массивов. П-830-85/Гидропроект. М., 1985.
19. Рекомендации по изучению дизъюнктивных структур при инженерно-геологических изысканиях для гидротехнического строительства. П-808-84/Гидропроект. М., 1985.
20. Рекомендации по методике pressiометрических исследований. П-847-86/Гидропроект. М., 1985.
21. Рекомендации по проведению натурных наблюдений за деформациями скальных оснований бетонных плотин. П-792-83/Гидропроект. М., 1985.
22. Рекомендации по применению инженерной геофизики для изучения деформационных свойств скальных горных массивов. Москва-Белград. 1985.
23. Рекомендации по изучению методами инженерной сейсмологии статических и динамических характеристик деформируемости скальных оснований гидросооружений в северной строительной-климатической зоне (ССКЗ). П-19-85/ВНИИГ. Л., 1985.
24. Рекомендации по методике составления геофизических схем (моделей) скальных массивов в основаниях бетонных плотин. П-96-81/ВНИИГ. Л., 1985.
25. Рекомендации по составлению карт прогноза переработки берегов водохранилищ. ПНИИИС Госстроя СССР. М., 1985.
26. Рекомендации по изучению напряженного состояния пород сейсмоакустическими методами. Москва-Белград, 1986.
27. Рекомендации по интерпретации результатов геофизических исследований инженерно-геологических скважин в скальных массивах. П-848-87/Гидропроект. М., 1987.
28. Рекомендации по изучению складчатых структур скальных массивов при изысканиях для гидротехнического строительства. П-827-85/Гидропроект. М., Энергоатомиздат, 1987.
29. Руководство по определению водопроницаемости скальных пород методом опытных нагнетаний воды в скважины. П-656-75/Гидропроект. М., Энергия, 1978.
30. Руководство по полевым исследованиям сопротивления скальных оснований гидросооружений сдвигу. П-01-73/ВНИИГ. Л., Энергия, 1973.
31. Руководство по гидрохимическим исследованиям при изысканиях для гидротехнического строительства. П-657-77/Гидропроект. М., Энергия, 1978.



32. Руководство по поискам, разведке и опробованию естественных минеральных строительных материалов для гидротехнического строительства. П-659-78/Гидропроект. М., Энергия, 1978.
33. Руководство по оформлению и составлению инженерно-геологических чертежей. П-663-78/Гидропроект. М., Энергия, 1979.
34. Руководство по инженерно-геологической документации строительных выемок при строительстве гидротехнических сооружений. П-664-78/Гидропроект. М., Энергия, 1979.
35. Руководство по определению коэффициента фильтрации водоносных пород методом опытной откачки из скважин. П-717-80/Гидропроект. М., Энергия, 1981.
36. Руководство по крупномасштабной инженерно-геологической съемке при изысканиях для гидротехнического строительства. П-741-81/Гидропроект. М., Энергоатомиздат, 1982.
37. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям для строительства подземных гидротехнических сооружений. П-771-82/Гидропроект. М., Энергоатомиздат, 1984.
38. Руководство по наблюдениям за режимом подземных вод для строительства гидротехнических сооружений. П-707-82/Гидропроект. М., Энергоиздат, 1984.
39. Руководство полевой инженерно-геологической документации. П-787-83/Гидропроект. М., 1984.
40. Руководство по расчету коэффициентов фильтрации трещиноватых скальных массивов по параметрам трещиноватости/ПНИИИС Госстроя СССР. Гидроспецпроект В/О Гидроспецстроя Минэнерго СССР. М., Стройиздат, 1979.
41. Сейсмическое микро районирование в инженерных изысканиях для строительства. М., ЦИНПС Госстроя СССР, 1979.
42. Справочник геофизика. Электроразведка. М., Недра, 1980.
43. Справочник геофизика. Магниторазведка. М., Недра, 1980.
44. Справочник геофизика. Сейсморазведка. М., Недра, 1981.
45. Строительство в сейсмических районах. СНиП II-7-81. Госстрой СССР. М., 1982.
46. Учет сейсмических воздействий при проектировании гидротехнических сооружений (пособие к разделу 5 СНиП II-7-81). ВНИИГ. Л., 1986.