

ИЗЫСКАНИЯ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

1.ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Инженерно-геологические работы при разведке, выполняются с целью оценки инженерно-геологических условий для строительства объектов промышленного и гражданского назначения.

Для выполнения поставленной цели на площадке, необходимо изучать те природные условия (факторы), которые определяют условия строительства. К ним относятся физико-географические условия, геологическое строение, гидрогеологические условия, геокриологическая обстановка.

Физико-географические условия района, имеют большое значение для строительства, особенно при строительстве в сложных инженерно-геологических условиях.

Климат. Важное значение имеют количество и интенсивность атмосферных осадков, их суточные максимумы, температура воздуха, преобладающее направление ветра, режим накопления и схода снежного покрова, глубина сезонного промерзания и оттаивания пород.

Рельеф района определяет условия ведения горных работ и наземного строительства. Например, в районах с гористым рельефом строительство часто затруднено из-за развития оползней, обвалов, селей и пр.

Растительный покров важен как фактор тепло- и влагообмена. В сочетании с другими факторами он оказывает влияние на инженерно-геологические свойства пород, залегающих близ поверхности и на их промерзание.

Гидрологические условия весьма существенны в случае строительства близ поверхностных водотоков, которые могут вызвать повышенную обводненность пород и горных выработок.

Геологическое строение. В число геологических важнейших факторов входят: геологическая структура, литологический и петрографический состав пород, их фациальная изменчивость, условия залегания (ярусность массива горных пород, глубина залегания и мощность пластов) и тектоническая нарушенность.

Инженерно-геологические условия зависят от следующих факторов:

1. физико-механические свойств горных пород, в зависимости их от процессов выветривания, геотермических процессов, глубины залегания;
2. неоднородности пород в массиве и наличие в них поверхностей ослабления различного генезиса;
3. современных физико-геологических явлений (карст, оползни, суффозия, многолетняя мерзлота и др.);
4. сейсмичности района;
5. наличия в пределах площадки пород, характеризующихся особо неблагоприятными свойствами (истинные плывуны и др.);

6. напряженного состояния массивов пород.

Гидрогеологические условия. Основные факторы: характер и степень водоносности пород, количество и мощность водоносных горизонтов, их фильтрационные свойства, условия питания и дренажа подземных вод и их связь с поверхностными водотоками, величины гидростатического давления, степень изоляции полезного ископаемого водоупорными толщами и др.

2. КАТЕГОРИИ УСЛОВИЙ

По сложности инженерно-геологических условий выделяются следующие **категории**: простые, средней сложности, сложные.

Простые инженерно-геологические условия характерны для площадок сложенных необводненными несвязными или твердопластичными связными породами, залегающими выше местного базиса эрозии; слабо обводненные и слабо выветрелыми, слабо дислоцированными полускальными породами и массивными скальными породами.,

Площади средней сложности инженерно-геологических условий представлены обводненными несвязными и связными породами. Величины гидростатических напоров не превышают 100 м. Несвязные породы характеризуются коэффициентами фильтрации не более 1 м/сут. Это могут быть полускальные дислоцированные породы выветрелые и трещиноватые, перекрытые сверху описанным выше комплексом пород; скальные породы с наличием зон дробления и закарстованности.

При строительстве будут возникать инженерно-геологические явления, осложняющие работы. Требуется мероприятия, направленные на повышение устойчивости пород.

Сложные инженерно-геологические условия характерны для площадей по геологическому строению схожих с выше описанными, но вмещающие слабоустойчивые породы характеризуются высокой фациальной изменчивостью, гидростатическими напорами более 100 м. Осушительные мероприятия затруднены в связи со слабой водоотдачей пород.

3.ХАРАКТЕРИСТИКА КАТЕГОРИЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Факторы	I (простая)	II (средней сложности)	III (сложная)
Геоморфологические условия	Площадка (участок) в пределах одного геоморфологического элемента. Поверхность	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов одного генезиса. Поверхность	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов разного генезиса.

	горизонтальная, нерасчлененная	наклонная, слабо расчлененная	Поверхность сильно расчлененная
Геологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Не более двух различных по литологии слоев, залегающих горизонтально или слабо наклонно (уклон не более 0,1). Мощность выдержана по простиранию. Незначительная степень неоднородности слоев по показателям свойств грунтов, закономерно изменяющихся в плане и по глубине. Скальные грунты залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем нескальных грунтов	Не более четырех различных по литологии слоев, залегающих наклонно или с выклиниванием. Мощность изменяется закономерно. Существенное изменение характеристик свойств грунтов в плане или по глубине. Скальные грунты имеют неровную кровлю и перекрыты нескальными грунтами	Более четырех различных по литологии слоев. Мощность резко изменяется. Линзовидное залегание слоев. Значительная степень неоднородности по показателям свойств грунтов, изменяющихся в плане или по глубине. Скальные грунты имеют сильно расчлененную кровлю и перекрыты нескальными грунтами. Имеются разломы разного порядка
Гидрогеологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Подземные воды отсутствуют или имеется один выдержанный горизонт подземных вод с однородным химическим составом	Два и более выдержанных горизонтов подземных вод, местами с неоднородным химическим составом или обладающих напором и содержащих загрязнение	Горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и мощности, с неоднородным химическим составом или разнообразным загрязнением. Местами сложное чередование водоносных и водоупорных пород. Напоры подземных вод и их гидравлическая связь изменяются по простиранию
Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор	Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений,

условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений		проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов	строительство и эксплуатацию объектов
Специфические грунты в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов	Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов
Техногенные воздействия и изменения освоенных территорий	Незначительные и могут не учитываться при инженерно-геологических изысканиях и проектировании	Не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений и проведение инженерно-геологических изысканий	Оказывают существенное влияние на выбор проектных решений и осложняют производство инженерно-геологических изысканий в части увеличения их состава и объемов работ

Примечание. Категории сложности инженерно-геологических условия следует устанавливать по совокупности факторов, указанных в настоящем приложении. Если какой-либо отдельный фактор относится к более высокой категории сложности и является определяющим при принятии основных проектных решений, то категорию сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по этому фактору. В этом случае должны быть увеличены объемы или дополнительно предусмотрены только те виды работ, которые необходимы для обеспечения выяснения влияния на проектируемые здания и сооружения именно данного фактора.

4. СОДЕРЖАНИЕ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

По содержанию изыскательские работы подразделяются на виды:

1. *Сбор материалов* производят на всех стадиях, что позволяет уточнить рабочую гипотезу об инженерно-геологических условиях района, наметить направление изысканий и установить их оптимальный объем.

2. *Рекогносцировка* выполняется путем маршрутных наблюдений, иногда включает проходку горных выработок, геофизические работы, опробование горных пород и подземных вод. Рекогносцировка позволяет уточнить собранные данные по инженерно-геологическим условиям района, выявить геодинамические особенности участков, определить проведение стационарных наблюдений.

3. *Съемка* – это комплексное изучение геологических условий района. Инженерно-геологическую съемку выполняют с использованием различного рода выработок, вскрывающих геологический разрез. В съемку входят: дешифрирование аэро- и космофотоматериалов, маршрутные наблюдения, проходку горных выработок, геофизические исследования, натурные и лабораторные опробования пород, химические анализы подземных вод, опытно-фильтрационные работы. Масштаб съемки определяется целевым назначением, стадией проектирования, степенью изученности территории, сложностью и характером изменчивости инженерно-геологических условий.

4. *Разведка* распространяется на область влияния сооружения, занимающего часть массива горных пород, в пределах которого происходит существенное изменение состава, состояния и свойств горных пород, а также возникают инженерно-геологические явления. Инженерно-геологическая съемка включает проведение горных выработок, натурные и лабораторные исследования свойств горных пород, опытно-фильтрационные работы, стационарные наблюдения. Данные исследований используют для прогнозных оценок состояния горных пород зданий и сооружений.

Состав инженерно-геологических изысканий:

- сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет;
- дешифрирование аэро- и космоматериалов;
- рекогносцировочное обследование, включая аэровизуальные и маршрутные наблюдения;
- проходка горных выработок;
- геофизические исследования;
- полевые исследования грунтов;
- гидрогеологические исследования;
- стационарные наблюдения(локальный мониторинг компонентов геологической среды);
- лабораторные исследования грунтов, подземных и поверхностных вод;
- обследование грунтов оснований фундаментов существующих зданий и сооружений;
- составление прогноза изменений инженерно-геологических условий;
- камеральная обработка материалов и составление технического отчета (заключения).

5.СЛОЖНЫЕ УСЛОВИЯ ИЗЫСКАНИЙ

К сложным условиям инженерно геологических изысканий относятся:

- территории распространения специфических грунтов (многолетнемёрзлых, просадочных, набухающих и т.д.);
- районы развития геологических и инженерно-геологических процессов (карст, склоновые процессы, сейсмичность, подтопление и др.);
- районы с особыми условиями (шельфовая зона морей, горные выработки, предназначенные для размещения объектов народного хозяйства и др.);

Рассмотрим более подробно каждую из групп сложных условий.

Районом распространения специфических грунтов называется территория (площадка, участок), в пределах которой специфические грунты залегают в сфере взаимодействия

зданий и сооружений с геологической средой и оказывают влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатация объектов.

К специфическим относятся грунты, изменяющие свою структуру и свойства в результате замачивания, динамических нагрузок и других видов внешних воздействий, обладающие неоднородностью и анизотропией (физической и геометрической), склонные к длительным изменениям структуры и свойства во времени, а именно:

- просадочные;
- набухающие;
- органоминеральные и органические;
- засоленные;
- элювиальные;
- техногенные;

В отдельную группу следует отнести вечномёрзлые грунты, также обладающие специфическими свойствами.

В зависимости от величины просадки грунтов от собственного веса при их замачивании грунтовые условия делятся на 2 типа:

I - грунтовые условия, в которых возможна в основном просадка грунтов от внешней нагрузки, а непросадка грунтов от собственного веса, и величина её не превышает 5 см.

II - грунтовые условия, в которых помимо просадки грунтов от внешней нагрузки возможна их просадка от собственного веса и величина её превышает 5 см.

К опасным геологическим и инженерно-геологическим процессам относятся:

- склоновые (обвалы, осыпи, оползни);
- карстовые;
- переработки берегов водохранилищ;
- сели;
- подтопление территорий;

В отдельные группы следует отнести процессы:

- сейсмические;
- криогенные (мерзлотные).

6.ТРЕБОВАНИЯ К ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ

Инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать получение материалов и данных, необходимых для разработки окончательных объемно-планировочных решений, расчетов оснований, фундаментов и конструкций проектируемых зданий и сооружений, детализации проектных решений по инженерной защите, охране окружающей среды, рациональному природопользованию и обоснованию методов производства земляных работ в соответствии с требованиями п. 4.20 СНиП 11-02-96,

Инженерно-геологические изыскания следует выполнять, как правило, на конкретных участках размещения зданий и сооружений в соответствии с проектом, в том числе на участках индивидуального проектирования и переходов через естественные и искусственные препятствия трасс линейных сооружений.

Состав и объемы изыскательских работ следует устанавливать в программе изысканий с учетом вида (назначения) зданий и сооружений (трасс), уровня их ответственности, сложности инженерно-геологических условий, наличия данных ранее выполненных изысканий и необходимости обеспечения окончательного выделения инженерно-геологических элементов, установления для них нормативных и расчетных показателей на основе определений лабораторными и (или) полевыми методами физических, прочностных, деформационных, фильтрационных и других характеристик свойств грунтов, уточнения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов, количественных характеристик динамики геологических процессов и получения других данных для осуществления расчетов оснований, фундаментов и конструкций зданий и сооружений, обоснования их инженерной защиты, а также для решения отдельных вопросов, возникших при разработке, согласовании и утверждении проекта.

Горные выработки следует располагать по контурам и (или) осям проектируемых, зданий и сооружений, в местах резкого изменения нагрузок на фундаменты, глубины их заложения, на границах различных геоморфологических элементов.

Для изучения инженерно-геологических условий в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой при наличии опасных геологических и инженерно-геологических процессов при необходимости следует располагать дополнительные выработки за пределами контура проектируемых зданий и сооружений, в том числе и на прилегающей территории.

Расстояния между горными выработками следует устанавливать с учетом ранее пройденных выработок в зависимости от сложности инженерно-геологических условий, и уровня ответственности проектируемых зданий и сооружений (ГОСТ 27751-88) в соответствии с табл.1.,

Таблица 1.

Категория сложности инженерно-геологических условий	Расстояние между горными выработками для зданий и сооружений I и II уровней ответственности, м	
	I	II
I	75-50	100-75
II	40-30	50-40
III	25-20	30-25

Примечание.

Большие значения расстояний следует применять для зданий и сооружений малочувствительных к неравномерным осадкам, меньшие - для чувствительных к неравномерным осадкам, с учетом регионального опыта и требований проектирования.

При наличии в основании зданий и сооружений грунтов, характеризующихся неоднородным составом и состоянием, изменчивой мощностью, проявлением опасных геологических процессов ит.п., расстояния между выработками допускается принимать менее 20 м, а также проходить их под отдельные опоры фундаментов при соответствующем обосновании в программе изысканий.

Общее количество горных выработок в пределах контура каждого здания и сооружения II уровня ответственности должно быть, как правило, не менее трех, включая выработки, пройденные ранее, а для зданий и сооружений I уровня ответственности - не менее 4-5 (в зависимости от их вида).

Таблица 2

Здание на ленточных фундаментах		Здание на отдельных опорах	
Нагрузка на фундамент, кН/м (этажность)	Глубина горной выработки от подошвы фундамента, м	Нагрузка на опору, кН	Глубина горной выработки от подошвы фундамента, м
До 100 (1)	4-6	До 500	4-6
200 (2-3)	6-8		5-7
500 (4-6)	9-12	2500	7-9
700 (7-10)	12-15	5000	9-13
1000 (11-16)	15-20	10000	11-15
2000 (более 16)	20-23	15000	12-19
		50000	18-26

Примечания

1. Меньшие значения глубин горных выработок принимаются при отсутствии подземных вод в сжимаемой толще грунтов основания, а большие - при их наличии.

2. Если в пределах глубин, указанных в таблице, залегают скальные грунты, то горные выработки необходимо проходить на 1-2 м ниже кровли слабовыветрелых грунтов или подошвы фундамента при его заложении на скальный грунт, но не более приведенных в таблице глубин.

Глубины горных выработок при изысканиях для зданий и сооружений, проектируемых на естественном основании, следует назначать в зависимости от величины сферы взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой и, прежде всего, величины сжимаемой толщи с заглублением ниже нее на 1-2 м.

При отсутствии данных о сжимаемой толще грунтов оснований фундаментов глубину горных выработок следует устанавливать в зависимости от типов фундаментов и нагрузок на них (этажности) по табл., 2.

Для массивов скальных грунтов с тектоническими нарушениями глубина горных выработок устанавливается программой изысканий.

Глубину горных выработок при плитном типе фундаментов (ширина фундаментов более 10 м) следует устанавливать по расчету, а при отсутствии необходимых данных глубину выработок следует, половине ширины фундамента, но не менее 20 м для нескальных грунтов. При этом расстояние между выработками должно быть не более 50 м, а количество выработок под один фундамент - не менее трех.

Глубину горных выработок для свайных фундаментов в дисперсных грунтах следует принимать, как правило, ниже проектируемой глубины погружения нижнего конца свай не менее чем на 5 м.

При нагрузке на куст висячих свай свыше 3000 кН, а также при свайном поле под всем сооружением глубину 50 % выработок в нескальных грунтах следует устанавливать ниже

проектируемой глубины погружения нижнего конца свай, как правило, не менее чем на 10 м.

Глубину горных выработок при опирании или заглублении свай в скальные грунты следует принимать ниже проектируемой глубины погружения нижнего конца свай не менее чем на 2 м.

Для свай, работающих только на выдергивание, глубину выработок следует принимать на 1 м ниже проектируемой глубины погружения нижнего конца свай.

Гидрогеологические исследования следует выполнять для уточнения гидрогеологических параметров и характеристик грунтов и водоносных горизонтов, уточнения данных для составления прогноза изменения гидрогеологических условий и решения задач, связанных с проектированием водопонижающих систем, противofiltrационных мероприятий, дренажей и др.

Опытно-фильтрационные работы (откачки, наливов, нагнетания) необходимо, как правило, производить в контуре проектируемых строительных котлованов и непосредственно на участках проектируемого размещения противofiltrационных, дренажных, водопонижающих и других систем.

Стационарные наблюдения за динамикой развития опасных геологических инженерно-геологических процессов, режимом подземных вод и др., начатые на предшествующих этапах изысканий, необходимо продолжать,

После завершения изысканий стационарную наблюдательную сеть в надлежащем состоянии следует передавать по акту заказчику (застройщику) для продолжения наблюдений.

Лабораторные определения физико-механических характеристик грунтов по образцам из горных выработок следует осуществлять на участках каждого проектируемого здания и сооружения или их группы, в соответствии с требованиями для всех инженерно-геологических элементов в сфере взаимодействия этих зданий и сооружений с геологической средой.

Состав, объемы (количество) и методы лабораторных определений физических, физико-химических и механических (прочностных и деформационных) характеристик грунтов и их специфических особенностей следует обосновывать в программе изысканий с учетом возможных изменений их свойств в основании зданий и сооружений в процессе строительства и эксплуатации объекта.

Количество определений одноименных характеристик грунтов, необходимых для вычисления нормативных и расчетных значений на основе статистической обработки результатов испытаний следует устанавливать расчетом в зависимости от степени неоднородности грунтов основания, требуемой точности (при заданной доверительной вероятности) вычисления характеристики и с учетом уровня ответственности и вида (назначения) проектируемых зданий и сооружений.

Доверительную вероятность расчетных значений характеристик грунтов следует устанавливать в соответствии с требованиями [СНиП 2.02.01-83](#)* (при расчетах по деформациям - 0,85 и по несущей способности - 0,95, но не выше 0,99) и других строительных норм и правил по проектированию оснований зданий и сооружений специального (отраслевого) назначения.

Количество проб подземных вод, отбираемых из горных выработок, должно быть не менее трех из каждого водоносного горизонта. Количество проб воды следует увеличивать при значительной изменчивости показателей химического состава подземных вод или подтопления участков проектируемых зданий и сооружений промышленными стоками и иными источниками загрязнения.

Состав и содержание технического отчета (заключения) о результатах инженерно-геологических изысканий для разработки рабочей документации должны соответствовать требованиям пп. 6.24-6.26 [СНиП 11-02-96](#) и настоящего свода правил. При этом в

техническом отчете в соответствии с техническим заданием заказчика следует приводить количественный прогноз изменений инженерно-геологических условий ,

7.СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

ВИДЫ, ГЛУБИНЫ И НАЗНАЧЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Вид горных выработок	Максимальная глубина горных выработок, м	Условия применения горных выработок
Закопушки	0,6	Для вскрытия грунтов при мощности перекрывающих отложений не более 0,5 м
Расчистки	1,5	Для вскрытия грунтов на склонах при мощности перекрывающих отложений не более 1 м
Канавы Траншеи	3,0 6,0	Для вскрытия крутопадающих слоев грунтов при мощности перекрывающих отложений не более 2,5 м
Шурфы и дудки	20	Для вскрытия грунтов, залегающих горизонтально или моноклинально
Шахты	Определяется программой изысканий	В сложных инженерно-геологических условиях
Подземные горизонтальные горные выработки	То же	То же
Скважины	То же	Определяются программой изысканий

СПОСОБЫ И РАЗНОВИДНОСТИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Способ бурения	Разновидность способа бурения	Диаметр бурения (по диаметру обсадных труб), мм	Условия применения (виды и характеристика грунтов)
Колонковый	С промывкой водой	34-146	Скальные неветрелые (моноклитные) и слабоветрелые (трещиноватые)
	С промывкой глинистым раствором	73-146	Скальные слабоветрелые (трещиноватые), ветрелые и сильноветрелые (рухляки), крупнообломочные; песчаные; глинистые
	С продувкой воздухом (охлажденным при проходке мерзлых грунтов)	73-146	Скальные неветрелые (моноклитные) и слабоветрелые (трещиноватые), необводненные, а также в мерзлом состоянии; дисперсные, твердомерзлые и пластично-мерзлые
	С промывкой солевыми и охлажденными растворами	73-146	Все виды грунтов в мерзлом состоянии

Способ бурения	Разновидность способа бурения	Диаметр бурения (по диаметру обсадных труб), мм	Условия применения (виды и характеристика грунтов)
	С призабойной циркуляцией промывочной жидкости	89-146	Скальные выветрелые и сильновыветрелые (рухляки), обводненные, глинистые
	Всухую	89-219	Скальные выветрелые и сильновыветрелые (рухляки), песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные, твердомерзлые и пластичномерзлые
Ударно-канатный кольцевым забоем	Забивной	108-325	Песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные, пластичномерзлые
	Клюющий	89-168	Глинистые слабообводненные
Ударно-канатный сплошным забоем	С применением долот и желонки	127-325	Крупнообломочные; песчаные обводненные и слабообводненные
Вибрационный	С применением вибратора или вибромолота	89-168	Песчаные и глинистые обводненные и слабообводненные
Шнековый	Рейсовое (кольцевым забоем)	146-273	Крупнообломочные, песчаные, глинистые слабообводненные и обводненные
	Поточное	108-273	Крупнообломочные, песчаные, глинистые слабообводненные и обводненные

Примечание - Применение других способов бурения допускается при соответствующем обосновании в программе изысканий.

ЗАДАЧИ ОСНОВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Задачи исследований	Геофизические методы	
	Основные	Вспомогательные
Определение геологического строения массива		
Рельеф кровли скальных и мерзлых грунтов, мощность нескальных и талых перекрывающих грунтов	Электроразведка методами электропрофилирования (ЭП) и вертикального электрического зондирования по методу кажущихся сопротивлений (ВЭЗ); сейсморазведка методом преломленных (МПВ) и отраженных (МОГТ) волн	ВЭЗ по методу двух составляющих (ВЭЗ МДС); частотное электромагнитное зондирование (ЧЭМЗ); дипольно-электромагнитное профилирование (ДЭМП); метод отраженных волн (МОВ); гравиразведка

Задачи исследований	Геофизические методы	
	Основные	Вспомогательные
Расчленение разреза. Установление границ между слоями различного литологического состава и состояния в скальных и дисперсных породах	ВЭЗ; МПВ; различные виды каротажа - акустический, электрический, радиоизотопный	ВЭЗ МДС; ВЭЗ по методу вызванных потенциалов (ВЭЗ ВП); ЧЭМЗ; вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП); непрерывное сейсмоакустическое профилирование на акваториях
Местоположение, глубина залегания и форма локальных неоднородностей:		
зоны трещиноватости и тектонических нарушений, оценки их современной активности	ВЭЗ; ВЭЗ МДС; круговое вертикальное зондирование (ВЭЗ), метод естественного поля (ПС); МПВ; МОГТ; ВСП; расходометрия; различные виды каротажа; радиокип; газово-эманационная съемка; георадиолокация	ВЭЗ ВП; радиоволновое просвечивание; ДЭМП; магниторазведка, регистрация естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ);
карстовые полости и подземные выработки	ЭП; ВЭЗ; ВЭЗ; ВСП; расходометрия, резистивиметрия, газово-эманационная съемка	МОГТ; сейсмоакустическое просвечивание; радиоволновое просвечивание; гравиразведка; георадиолокация
погребенные останцы и локальные переуглубления в скальном основании	МОГТ; ВЭЗ; ВЭЗ МДС; ЭП; гравиразведка, магниторазведка; газово-эманационная съемка	ДЭМП; сейсмическое просвечивание; георадиолокация
льды и сильнольдистые грунты	ЭП; ВЭЗ; ВЭЗ МДС; МПВ; различные виды каротажа	ВЭЗ ВП; ДЭМП; ЧЭМЗ; микромагнитная съемка, гравиразведка
межмерзлотные воды и талики	ЭП; ВЭЗ МДС; термометрия	ПС; ВЭЗ ВП
Изучение гидрогеологических условий		
Глубина залегания уровня подземных вод	МПВ, ВЭЗ	ВЭЗВП
Глубина залегания, мощность линз соленых и пресных вод	ЭП; ЭП МДС; ВЭЗ; резистивиметрия	ВЭЗ МДС; ВЭЗ ВП; ЧЭМЗ; расходометрия
Динамика уровня и температуры подземных вод	Стационарные наблюдения ВЭЗ; МПВ; нейтрон-нейтронный каротаж (НН); термометрия	-
Направление, скорость движения, места	Резистивиметрия; расходометрия; метод	Термометрия; спектрометрия

Задачи исследований	Геофизические методы	
	Основные	Вспомогательные
разгрузки подземных вод, изменение их состава	заряженного тела (МЗТ); ПС; ВЭЗ	
Загрязнение подземных вод	ВЭЗ; резистивиметрия	ПС
Изучение состава, состояния и свойств грунтов		
Скальные: пористость и трещиноватость, статический модуль упругости, модуль деформации, временное сопротивление одноосному сжатию, коэффициент отпора, напряженное состояние	Различные виды каротажа, МПВ; сейсмоакустическое просвечивание; ВСП; лабораторные измерения удельных электрических сопротивлений (УЭС) и скоростей упругих волн	ВЭЗ
Песчаные, глинистые и пылеватые, крупнообломные: влажность, плотность, пористость, модуль деформации, угол внутреннего трения и сцепление	Различные виды каротажа, ВСП	МПВ, сейсмическое просвечивание; лабораторные измерения УЭС и скоростей упругих волн
Песчаные и глинистые мерзлые: влажность, льдистость, пористость, плотность, временное сопротивление одноосному сжатию	Различные виды каротажа; ВСП; лабораторные измерения УЭС и скоростей упругих волн	ВЭЗ; ВЭЗ МДС
Коррозионная активность грунтов и наличие блуждающих токов	ВЭЗ; ЭП; ПС; лабораторные измерения плотности поляризующего тока; регистрация блуждающих токов	-
Изучение геологических процессов и их изменений		
Изменение напряженного состояния и уплотнения грунтов	МПВ; ВСП; сейсмическое просвечивание; различные виды каротажа; резистивиметрия в скважинах и водоемах; гравиметрия	Регистрация естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ); ПС; эманационная съемка

Задачи исследований	Геофизические методы	
	Основные	Вспомогательные
Оползни	МПВ, ЭП; ВЭЗ; различные виды каротажа	ПС; режимные наблюдения акустической эмиссии; магнитные марки; эманационная съемка; ЕИЭМПЗ
Карст	ВЭЗ МДС; ЭП; ПС; МПВ; ОГП; различные виды каротажа; резистивиметрия в скважинах и водоёмах; гравиметрия	ВЭЗ; ВЭЗ ВП; МЗТ, эманационная съемка
Изменение мощности слоя оттаивания, температуры и свойств мерзлых грунтов	ВЭЗ; ЭП; МПВ; ВСП; различные виды каротажа	ПС; ЧЭМЗ
Сейсмическое микрорайонирование территории	МПВ; ВСП; гамма-гамма каротаж (ГГ); регистрация слабых землетрясений, взрывов	Регистрация сильных землетрясений, регистрация микросейсм, определение характеристик затухания и поглощения сейсмических волн в грунтах

Примечание. В сложных инженерно-геологических условиях ВЭЗ проводится в модификации ВЭЗ МДС.

Обозначения - ЭП - электропрофилирование; ВЭЗ - вертикальное электрическое зондирование; ВЭЗ МДС - вертикальное электрическое зондирование по методу двухсоставляющих; ЧЭМЗ - частотное электромагнитное зондирование; ЭП МДС - электропрофилирование по методу двух составляющих; ДЭМП - дипольно-электромагнитное профилирование; ВЭЗ ВП - вертикальное электрическое зондирование вызванных потенциалов; КВЭЗ - круговое вертикальное электрическое зондирование; ПС - естественное электрическое поле; УЭС - удельное электрическое сопротивление; МЗТ - метод заряженного тела; ЕИЭМПЗ - естественное импульсное электромагнитное поле Земли; МПВ - сейсморазведка методом преломленных волн; МОВ - сейсморазведка методом отраженных волн; МОГТ - сейсморазведка методом общей глубинной точки; ВСП - вертикальное сейсмическое профилирование; ОГП - сейсморазведка методом общей глубинной площадки; ННК - нейтрон-нейтронный каротаж; ГТК - гамма-гамма каротаж

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ И ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Гидрогеологические параметры и характеристики	Методы определения	Условия применения
I. Параметры и характеристики грунтов (горных пород): Коэффициент фильтрации (водопроницаемости)	Полевые испытания в соответствии с ГОСТ 23278-78 , экспресс-откачки и наливов, лабораторные методы и расчеты по эмпирическим формулам	Водонасыщенные и неводонасыщенные грунты
Коэффициент водоотдачи (гравитационной или упругой)	Кустовые откачки из скважин. Стационарные наблюдения за уровнем подземных вод (УПВ). Лабораторные методы	Водонасыщенные грунты
Коэффициент недостатка насыщения	Наливы воды в шурфы	Неводонасыщенные грунты

Гидрогеологические параметры и характеристики	Методы определения	Условия применения
Высота капиллярного поднятия (капиллярный вакуум)	Наливы воды в шурфы, лабораторные методы	Неводонасыщенные грунты
Удельное водопоглощение (относительная водопроницаемость)	Наливы воды в скважины Нагнетания воды в скважины Нагнетания воздуха в скважины	Водонасыщенные и неводонасыщенные грунты Водонасыщенные грунты Неводонасыщенные грунты
II. Параметры и характеристики водоносных горизонтов: Мощность водоносного горизонта	Анализ гидрогеологического разреза. Поинтервальное опытно-фильтрационное опробование	Водонасыщенные грунты
Направление подземного потока	По карте гидроизогипс (гидроизопьез)	Водонасыщенные грунты
Гидравлический градиент (уклон) подземного потока	То же	Водонасыщенные грунты
Коэффициент водопроводимости	Опытные откачки из скважин	Водонасыщенные грунты
Коэффициент уровнепроводности (пьезопроводности)	Кустовые откачки из скважин	Водонасыщенные грунты
Коэффициенты перетекания и вертикального водообмена	Кустовые откачки воды из скважин. Стационарные наблюдения за УПВ	Слоистые водоносные толщи
Фильтрационное сопротивление днищ водоемов	Стационарные наблюдения за уровнями подземных и поверхностных вод	Водонасыщенные грунты
Действительная скорость движения подземных вод	Полевые геофизические и индикаторные методы	Водонасыщенные грунты
Инфильтрационное питание (модуль питания пласта)	Стационарные наблюдения за УПВ. Балансовые расчеты	Водонасыщенные грунты

ВИДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Лабораторное определение	Грунты				Обозначение государственного стандарта на методы определения свойств грунтов
	Скальные	Крупнообломочные	Песчаные	Глинистые	
Гранулометрический состав	-	+	+	С	12536-79
Петрографический состав	С	С	-	-	-
Минеральный состав	-	С	С	С	-
Валовой химический состав	С	-	С	С	-

Лабораторное определение	Грунты				Обозначение государственног о стандарта на методы определения свойств грунтов
	Скальны е	Крупнообломочны е	Песчаны е	Глинисты е	
Суммарное содержание легко- и среднерастворимых солей	С	С	С	С	-
Емкость поглощения и состава обменных катионов	-	-	-	С	-
Относительное содержание органических веществ	-	С	С	С	23740-79
Природная влажность	С	+	+	+	5180-84
Плотность	+	+	+	+	5180-84
Максимальная плотность (стандартное уплотнение)	-	С	С	С	22733-77
Плотность в предельно плотном и рыхлом состоянии	-	С	С	-	-
Плотность частиц грунта	-	+	+	+	5180-84
Границы текучести и раскатывания	-	С	-	+	5180-84
Угол естественного откоса	-	-	С	-	-
Максимальная молекулярная влагоемкость	-	-	С	С	-
Коэффициент фильтрации	-	-	С	С	25584-90
Размокаемость	С	-	-	С	-
Растворимость	С	-	-	-	-
Коэффициент выветрелости	С	С	-	-	-
Коррозионная активность	-	-	С	С	-
Компрессионное сжатие	-	С	С	+	12248-96
Трехосное сжатие	-	С	С	+	12248-96
Сопротивление срезу (прочность)	-	С	С	+	12248-96

Лабораторное определение	Грунты				Обозначение государственног о стандарта на методы определения свойств грунтов
	Скальны е	Крупнообломочны е	Песчаны е	Глинисты е	
Сопротивление одноосному сжатию	+	С	-	С	12248-96
Лабораторные испытания. Общие положения	+	+	+	+	30416-96

Обозначения: «+» - определения выполняются;

«-» - определения не выполняются;

«С» - определения выполняются по дополнительному заданию

8.ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Просадочные грунты.

При проведении инженерно-геологических изысканий в районах распространения просадочных грунтов, согласно п. 6.7.2.2 следует устанавливать и отражать в техническом отчете:

- распространение и приуроченность просадочных грунтов к определенным геоморфологическим элементам и формам рельефа;
- наличие внешних признаков проявления просадочности грунтов (просадочные блюдца, поды, ложбины и пр.);
- мощность толщи просадочных грунтов и ее изменения по площади;
- цикличность строения толщи просадочных грунтов (чередование горизонтов лессовых пород и погребенных почв, периодичность изменений свойств грунтов по глубине и т.п.);
- особенности структуры (макропористость, пылеватость, агрегированность и пр.) и текстуры (слоистость, трещиноватость, наличие конкреций, скоплений гипса и пр.), интенсивность вскипания от 10%-ной HCl;
- специфические характеристики просадочных грунтов (относительная деформация просадочности и ее зависимость от давления на грунт, начальное просадочное давление, начальная просадочная влажность);
- гранулометрический состав (с различными схемами подготовки к анализу);
- деформационные и прочностные характеристики грунтов при полном водонасыщении и при природной влажности;
- изменения показателей свойств по простиранию и глубине просадочной толщи;
- величины просадок от собственного веса (включая послепросадочные деформации) и тип грунтовых условий по просадочности, границы распространения участков с различным типом грунтовых условий по просадочности;
- наличие и характер возможных источников замачивания лессовой толщи;
- аварийные ситуации, ремонтные или восстановительные работы, связанные с развитием просадочных явлений;
- применявшиеся типы и конструкции фундаментов, зданий и сооружений, их техническое состояние, наличие и характер деформаций, вызванных просадочными явлениями;
- применявшиеся при строительстве в районе работ методы полного или частичного устранения просадочности грунтов (противофильтрационные мероприятия,

- применение тяжелых трамбовок, искусственное закрепление грунтов, предварительное замачивание и др.) с оценкой их эффективности;
- - положение и параметры экранирующих покрытий (асфальтированные стоянки автотранспорта, взлетно-посадочные полосы и др.);
 - - расположение и состояние сети водонесущих коммуникаций (водопровод, канализация, теплотрассы, ливневые водостоки), очистных сооружений, существующая система их эксплуатации и борьбы с утечками;
 - - наличие, систему, состояние оросительной сети, следы древней оросительной сети.

Набухающие грунты.

Согласно п. 6.7.2.3 в районах распространения набухающих грунтов следует дополнительно к 6.7.1 в техническом отчете устанавливать: распространение и условия залегания набухающих грунтов, их мощность, минеральный и литологический состав, строение (наличие карманов, линз и прослоек пылеватого и песчаного материала); структурно-текстурные особенности, условия залегания покрывающих и подстилающих грунтов; величину раскрытия, глубину и направление распространения усадочных трещин, мощность зоны трещиноватости; относительное набухание (свободное и под нагрузками); влажность грунта после набухания; давление набухания; линейную и объемную усадку грунта; влажность на пределе усадки; оценку изменения свойств набухающих грунтов при строительстве и эксплуатации объектов.

Органоминеральные грунты.

Согласно требованиям 6.7.2.4. , в районах распространения органоминеральных и органических грунтов следует в техническом отчете устанавливать:

- распространение и мощность болотных отложений;
- тип торфа (низинный, верховой);
- разновидности заторфованных грунтов, их состав и свойства;
- источники обводнения грунтовой толщи;
- местоположение выходов родников, наличие озер и сплавин, общую тенденцию развития болота (его деградацию или прогрессирующее заболачивание прилегающей территории);
- для торфов и заторфованных грунтов- влажность и плотность в водонасыщенном состоянии, содержание органических веществ, степень разложения, зольность, ботанический состав (при необходимости);

- для илов и сапропелей - гранулометрический состав, содержание органических веществ, карбонатов, состав и содержание водорастворимых солей (для осадков соленых водоемов), показатели физических свойств, нормативные и расчетные значения характеристик прочностных и деформационных свойств, предусмотренных программой работ.

Засоленные грунты.

Согласно требованиям 6.7.2.5., в районах распространения засоленных грунтов следует дополнительно в техническом отчете устанавливать:

- распространение и условия залегания засоленных грунтов;
- качественный состав и количественное содержание водорастворимых солей в грунте;
- генезис, взаимосвязь степени и характера засоленности с литологическим составом и условиями залегания грунтов;
- форму, размер и характер распределения соляных образований в грунте;
- структурные особенности грунта, связанные с наличием солей; наличие проявлений процесса выщелачивания и суффозии засоленных грунтов на земной поверхности, их формы и размеры;
- данные о современном засолении и выщелачивании грунтов в результате хозяйственной деятельности;
- физические, механические и химические свойства грунтов природной влажности и при водонасыщении, в том числе растворами заданного состава;
- гидрохимические условия (минерализация и химический состав подземных вод, их растворяющая способность по отношению к засоленным грунтам);
- относительное суффозионное сжатие и начальное давление суффозионного сжатия;
- состав и характеристики поверхностных вод, влияющих на засоленность грунтов.

Элювиальные грунты.

Согласно п. 8.2.1. [3] Учитывая сложные условия залегания элювиальных грунтов, их высокую неоднородность, связанную с неоднородностью материнских пород (наличием линз, прослоев, жил, даек), избирательностью процессов выветривания, разнообразием геохимических преобразований и, как следствие, повышенную изменчивость состава и свойств грунтов, инженерно-геологические изыскания в районах их распространения следует производить с большей детальностью (в более крупных масштабах) инженерно-геологической съемки по сравнению с требованиями [1] по стадиям проектирования.

Сбор, анализ и обобщение материалов должны быть направлены на получение следующих сведений (данных), характеризующих:

- распространение, мощность, условия залегания, типы и виды элювиальных грунтов в исследуемом районе, их состав, свойства и пространственная неоднородность;
 - поведение грунтов под нагрузкой, при замачивании, наблюдавшиеся осадки, инженерно-геологические прогнозы и их оправдываемость;
 - использовавшиеся ранее при изысканиях методы и технические средства и их сравнительную эффективность;
 - применявшиеся типы фундаментов, их габариты, глубина заложения, мероприятия по мелиорации грунтов (уплотнение, закрепление и др.), если они ранее осуществлялись;
 - деформации (аварии) зданий и сооружений и их причины;
 - развитие в районе работ опасные геологические процессы;
 - подъем и колебания уровня подземных вод или другие изменения гидрогеологических условий;
- негативное воздействие строительства и эксплуатации зданий и сооружений на существующую застройку и окружающую природную среду.

Техногенные грунты.

Согласно п. 9.2.1. [3] Состав инженерно-геологических изысканий на территории распространения техногенных грунтов и общие технические требования к выполнению отдельных видов работ и комплексных исследований следует устанавливать с учетом положений раздела 5 [1], в зависимости от генезиса техногенных грунтов, степени завершенности процессов их самоуплотнения и упрочнения во времени и консолидации подстилающих грунтов.

Время, в течение которого завершается уплотнение подстилающих грунтов от веса насыпи, при отсутствии конкретных наблюдений допускается принимать равным для грунтов:

песчаных - 1 год;

пылевато-глинистых, расположенных выше уровня подземных вод, - 2 года;

Мерзлые грунты.

Согласно п. 5.8. Полевые исследования грунтов следует проводить при изучении массивов мерзлых грунтов с целью:

- оценки пространственной изменчивости свойств мерзлых грунтов; расчленения геологического разреза;

- определения физических, деформационных и прочностных свойств мерзлых, протаивающих, промерзающих грунтов и льдов в условиях естественного залегания;
- определения температуры мерзлых грунтов, глубин сезонного промерзания и оттаивания;
- оценки возможности погружения свай в мерзлые грунты и несущей способности свай.

Склоновые грунты.

Состав и объемы изыскательских работ следует определять в программе изысканий с учетом стадии (фазы) развития и масштабности проявления склонового процесса (в соответствии с таблицами 3.4 и 3.5) с целью установления:

- характера деформаций поверхности земли, инженерно-геологических типов склоновых процессов, развитых в районе, времени (возраста) и причин их возникновения, стадии (фазы) развития, характера деформаций в имеющихся на склоне зданиях и сооружениях, состояния сооружений инженерной защиты и эффективности их работы;
- приуроченности склоновых процессов к определенным геологическим образованиям, тектоническим структурам и геоморфологическим элементам;
- влияния гидрогеологических, гидрологических и метеорологических условий на возникновение склоновых процессов;
- влияния рельефа, крутизны и экспозиции склона на проявления оползней и обвалов;
- роли хозяйственной деятельности в активизации склоновых процессов;
- наличия других видов современных экзогенных геологических процессов (выветривание; эрозия, абразия и т.п.) и определения степени их влияния на устойчивость склонов и, в частности, на возникновение и развитие на них оползней, осыпей и обвалов разных типов.

Развитие карста.

Технологическая схема изысканий в районах развития карста должна предусматривать определенную последовательность выполнения работ и оптимальное сочетание (комплексирование) различных методов исследования:

- сбор и анализ имеющихся материалов в комплексе с изучением крупномасштабных карт и планов и предварительным карстологическим дешифрированием аэрокосмоснимков (АКС);
- маршрутные наблюдения с карстологическим обследованием и полевое дешифрирование АКС;

- наземные геофизические работы, скважинные геофизические исследования и другие специальные работы (резистивиметрия, термометрия, расходомерия, кавернометрия, фотометрия и др.);

- бурение карстологических скважин на выявленных геофизическими исследованиями участках аномалий и ослабленных зон, сопровождающееся хронометражем, гидрогеологическими и другими необходимыми наблюдениями;

- полевые исследования грунтов (пенетрационно-каротажные, зондирование и др.);

- гидрологические и гидрогеологические исследования;

- лабораторные и экспериментальные исследования растворимости, размокаемости и других свойств карстующихся и покрывающих пород, химического состава вод в зонах различной закарстованности; математическое и физическое моделирование развития карстового процесса;

- стационарные наблюдения;

- обследование грунтов оснований существующих зданий и сооружений;

- камеральная обработка материалов и составление технического отчета.

Процессы переработки берегов.

Изыскания в районах развития процессов переработки берегов существующих водохранилищ следует выполнять для получения данных, необходимых для:

- проектирования инженерной защиты эксплуатируемых на побережье объектов;

- реконструкции существующих берегоукрепительных сооружений, в том числе и при аварийном их состоянии;

- прогноза развития процессов переработки берегов существующих водоемов при обосновании предпроектной и проектной документации для строительства новых и реконструкции существующих объектов, расположенных полностью или частично в пределах опасного побережья.

Проходка горных выработок осуществляется в соответствии с п. 5.6 [1], для:

- уточнения гидрогеологического разреза по степени проницаемости и обводнённости пород;

- изучения химического состава подземных вод;

- определения температуры подземных вод;

- предварительной оценки характера взаимосвязи между водоносными горизонтами, а также между подземными и поверхностными водами;

- определения скорости движения подземных вод;

- выбора глубины и методов гидрогеологического опробования водоносных горизонтов и грунтов зоны аэрации;
- выполнения опытно-фильтрационных работ;
- режимных наблюдений за положением уровня, температурой и химическим составом грунтовых вод и их сезонными колебаниями.

При гидрогеологических исследованиях наиболее эффективными являются следующие способы бурения:

- ударно-канатный сплошным забоем - для бурения гидрогеологических скважин, предназначенных для производства откачек и стационарных гидрогеологических наблюдений, предварительного и раздельного опробования водоносных горизонтов, пластов и линз в процессе бурения;
- вращательный с обратной промывкой - при проходке рыхлых пород для бурения гидрогеологических скважин водопонизительных систем и центральных скважин опытных кустов;
- колонковый с промывкой водой - для бурения гидрогеологических скважин в мелкотрещиноватых породах под фильтр небольшого диаметра или бесфильтровых скважин для наблюдения за режимом подземных вод.

Литература

1. СП 11-105-97 "Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ", одобренный письмом Госстроя РФ 14 октября 1997 г. N 9-4/116
2. СП 11-105-97 "Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов", одобренный письмом Госстроя РФ от 25 сентября 2000 г. N 5-11/88
3. СП 11-105-97 "Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов" (одобрен письмом Госстроя РФ от 25 сентября 2000 г. N 5-11/87)
4. СП 11-105-97 "Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов", одобренный письмом Госстроя РФ от 3 ноября 1999 г. N 5-11/140
5. СП 11-105-97 "Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть V. Правила производства работ в районах с особыми природно-техногенными условиями", одобренный письмом Управления стандартизации, технического нормирования и сертификации Госстроя РФ от 8 августа 2003 г. N ЛБ-95
6. Ананьев В.П., Воляник Н.В., Передельский Л.В. Инженерно-геологические изыскания : Учеб. пособие. – Ростов н/Д: РИСИ, 1980. – 82 с.

7. Передельский Л.В., Приходченко О.Е. Инженерно-геологические изыскания в сложных геологических условиях: Учебное пособие. – Ростов на Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2008. – 88 с.