

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Строительные технологии и конструкции»

М. В. БЕСПАЛОВА

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь
по образованию в области строительства и архитектуры
в качестве учебно-методического пособия
для студентов специальностей 1-70 02 01
«Промышленное и гражданское строительство»,
1-70 01 01 «Производство строительных изделий и конструкций»
и 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»*

Гомель 2018

УДК 550.82(075.8)
ББК 26.3
Б53

Рецензент – ведущий геолог открытого акционерного общества
«Гомельгеосервис» *Г. А. Литвин*

Беспалова, М. В.

Б53 Геологическая практика : учеб.-метод. пособие / М. В. Беспалова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 56 с.
ISBN 978-985-554-737-3

Рассмотрены основные этапы инженерно-геологических изысканий, которые необходимо проводить для различных стадий проектирования, строительства и эксплуатации объектов.

Предназначено для студентов строительного, «Промышленное и гражданское строительство» и заочного факультетов при прохождении геологической практики и изучении дисциплин «Инженерная геология», «Геология, механика грунтов, основания и фундаменты», «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна дорог», «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна», «Инженерная геология и механика грунтов».

УДК 550.82(075.8)
ББК 26.3

ISBN 978-985-554-737-3

© Беспалова М. В., 2018
© Оформление. БелГУТ, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1 Цель и задачи геологической практики	5
1.1 Цель практики.....	5
1.2 Задачи практики.....	5
2 Техника безопасности при прохождении геологической практики	6
3 Методика проведения геологической практики	7
3.1 Подготовительный период.....	7
3.2 Полевой период.....	10
3.2.1 Глазомерная инженерно-геологическая съемка.....	12
3.2.2 Проходка разведочных выработок.....	13
3.2.3 Документация разведочных выработок.....	15
3.2.4 Полевые испытания грунтов.....	19
3.2.5 Опытнo-фильтрационные испытания.....	25
3.2.6 Разведка месторождений строительных материалов.....	35
3.2.7 Ликвидация горных выработок.....	36
4 Камеральный этап	36
4.1 Лабораторные испытания грунтов.....	36
4.1.1 Определение угла естественного откоса несвязных грунтов.....	37
4.1.2 Определение высоты капиллярного поднятия в трубке.....	40
4.1.3 Определение набухания грунтов в приборе ПНГ.....	41
4.1.4 Определение коэффициента фильтрации в приборе КФ-ООМ.....	42
4.1.5 Определение коэффициента фильтрации в трубке Г. Н. Каменского.....	45
4.2 Составление отчета по практике.....	48
5 Прием зачета по геологической практике	49
Приложения	
А Условные графические обозначения.....	50
Б Образец графического оформления результатов испытания грунта методом динамического зондирования.....	51
В Нормативные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов по данным динамического зондирования.....	52
Г Нормативные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов по данным статического зондирования.....	54
Список литературы	56

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании инженерных сооружений в результате комплекса мероприятий получают полную информацию обо всех природных условиях на территории, где планируется строительство. Полученная информация влияет на выбор места расположения сооружений, их конструкцию и условия строительства для обеспечения устойчивости этих сооружений в процессе длительной эксплуатации при минимальных затратах средств на их строительство. Для получения данных о геологическом строении территории, тектонике, гидрогеологических условиях, свойствах пород и их возможных изменениях в результате возведения и эксплуатации сооружений проводят инженерно-геологические исследования, с которыми студенты ознакомились во время проведения учебной геологической практики.

Практика проводится после изучения студентами теоретического курса. Продолжительность практики – 1 неделя. Место практики – геолого-геоморфологические комплексы Гомельской области (учебный полигон БелГУТа).

На полигоне студенты под руководством преподавателя знакомятся с техникой инженерно-геологических изысканий, выполняют бурение и зондирование, исследуют важнейшие свойства грунтов различными методами. В процессе практики рассматриваются задачи, состав и объемы инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий в зависимости от вида инженерных сооружений, стадии проектирования, сложности и степени изученности территории. Студенты должны получить представление о том, как анализировать инженерно-геологические условия района и правильно, технически обоснованно и экономически эффективно размещать комплексы промышленных и гражданских сооружений, трассы автомобильной (железнодорожной) дороги, мостового перехода с учетом охраны природной среды. В результате практики студенты должны разбираться в инженер-

но-геологических и гидрогеологических отчетах и использовать их в проектировании и строительстве инженерных сооружений. В процессе практики студенты должны обработать полевые инженерно-геологические и гидрогеологические материалы и на их основании научиться составлять задания на производство изысканий.

Практика начинается по учебному плану в день, установленный деканатом факультета, вводной лекцией преподавателей, руководящих практикой. Студенты обязаны явиться на практику в обуви и одежде, удобной для работы в полевых условиях, иметь тетрадь, карандаш, резинку.

Перед началом практических работ студенты проходят инструктаж по технике безопасности. Работа выполняется бригадой. Завершается практика составлением отчета и зачетом.

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

1.1 Цель практики

Целью практики является закрепление и углубление теоретических знаний, полученных при изучении теоретических курсов (дисциплины «Инженерная геология», «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна дорог» или «Инженерная геология и механика грунтов», «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна») и овладение практическими навыками инженерно-геологических изысканий для проектирования зданий и сооружений, автомобильных (железных) дорог, мостов.

1.2 Задачи практики

При прохождении геологической практики студенты должны:

– ознакомиться с геоморфологическими особенностями, геологическим строением и гидрогеологическими условиями изучаемой местности, их взаимосвязью и влиянием на проектирование и технологию строительства дорог, мостов, зданий и сооружений;

– уметь в полевых условиях различать генетические и литологические типы горных пород, определять признаки неблагоприятных физико-геологических процессов при строительстве и эксплуатации сооружений, грамотно выполнять полевые и камеральные инженерно-геологические работы;

– иметь представление о составе, объеме и методах полевых инженерно-геологических работ, необходимых для составления заключения и инженерно-геологических карт исследуемой территории;

– приобрести навыки в камеральной обработке полевых результатов и составлении отчета;

– уметь дать общую оценку инженерно-геологических и гидрогеологических условий исследуемого участка с точки зрения трассирования автомобильных (железных) дорог, строительства мостов, а также зданий и сооружений.

Практика способствует дальнейшему развитию у студентов интереса к научным исследованиям.

2 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Сбор группы или бригады перед выездом в поле проводится в назначенное преподавателем время. Передвижение группы в общественном транспорте осуществляется организованно.

Одежда и обувь должны быть удобны для работы в полевых условиях. Каждому студенту следует иметь прочную обувь, хлопчатобумажный костюм с длинными рукавами для предохранения от солнечных ожогов, легкий головной убор, дневник (записную книжку), простой карандаш, питание, деньги на транспортные расходы в пределах города и средства против клещей и комаров. Желательно иметь фотоаппарат (один на бригаду).

Студенты, почувствовавшие ухудшение здоровья, должны сообщить об этом преподавателю, прекратить работу и обратиться к врачу.

Все оборудование должно быть компактным, исправным; его монтаж осуществляется тщательно и в полном соответствии с техническими условиями. Периодически проверяют все резьбовые соединения.

Курение на рабочих местах и в лаборатории не допускается.

Запрещается:

– отлучаться с места выполнения работ без разрешения руководителя практикой;

– купаться и использовать для питья воду из открытых водоемов;

– ломать и рубить деревья, разводить костры и оставлять мусор на месте прохождения практики;

– работать плохо насаженными лопатами.

В процессе прохождения шурфов необходимо оставлять ступени из грунта высотой не более 0,4 м для спуска в шурф при его документации и опробовании.

Запрещается проходка шурфов глубиной более 2 м в сыпучих породах без их крепления.

Проходку шурфов следует осуществлять в рукавицах во избежание мозолей на руках.

Тяжелый инструмент (гири, ящики и т. п.), а также ножи, лопаты при проходке шурфов должны находиться на расстоянии не менее 1,5–2,0 м от шурфа. В процессе проходки шурфа грунт отвала необходимо удалять на расстояние не менее 0,3 м от бровки.

Во время документирования и опробования шурфов и естественных обнажений студентам, не занятым этой работой, запрещается подходить ближе, чем на 0,5 м к бровке шурфа (обнажения) во избежание засорения глаз пылью и грязью при осыпании грунта.

При проходке шурфов нельзя устраивать толчею, запрещается перепрыгивать через них, сталкивать товарищей в шурф.

После окончания документирования и опробования горных выработок (шурфов, скважин) они должны быть незамедлительно ликвидированы.

При проходке скважин бур поднимают не менее двух человек, строго вертикально, предварительно сняв патрубки.

В случае несоблюдения правил техники безопасности и охраны окружающей среды студенты отстраняются от дальнейшего прохождения практики.

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Инженерно-геологическая практика выполняется в три последовательных периода: подготовительный, полевой и камеральный. Ориентировочная продолжительность указанных периодов: подготовительный – 1 день, полевой – 2 дня, камеральный – 3 дня.

3.1 Подготовительный период

В подготовительный период преподаватель проводит со студентами вводную беседу о целях, задачах и содержании практики, а также общий инструктаж по технике безопасности и охране окружающей

среды, включающий вопросы безопасности транспортировки студентов к месту их работы, безопасного ведения погрузочно-разгрузочных работ и т. п.

Из числа студентов назначаются лица, ответственные за сохранность полевого снаряжения и оборудования, проведение горнопроходческих работ, документацию горных выработок, опробование, их ликвидацию и камеральную обработку материалов.

Студенты в подготовительный период выполняют следующие работы:

- получают оборудование, приборы и материалы, необходимые для выполнения полевых работ (лопаты, рукавицы, полевую лабораторию И. М. Литвинова, мешочки для отбора проб грунта, разновесы, бюксы, парафин, марлю, ножи, бумагу для этикеток и т. д.);

- проверяют комплектность оборудования, приборов и их исправность;

- готовят полевые журналы, пикетажные книжки, выкопировки из обзорных карт и т. п.;

- выполняют сбор и обобщение геологической информации по указанному преподавателем району города (стратиграфия, геологическая история развития, геоморфология, гидрогеология, гидрография, тектоника);

- по литературным источникам, предложенным руководителем практики, изучаются также инженерно-геологические процессы и явления, имеющие место в данном районе (оползни, пльвуны, заболачивание, оврагообразование, суффозия, просадочность грунтов), и обобщаются климатические сведения (среднемесячные температуры воздуха, месячные и годовые суммы атмосферных осадков, направление и скорость ветров, глубина сезонного промерзания грунтов, мощность снегового покрова и другие характеристики по результатам многолетних наблюдений метеорологических станций).

Инженерно-геологические условия города Гомеля подробно изучены и обобщены Е. Ю. Трацевской [1].

Климат Гомеля умеренно континентальный. Среднегодовая температура воздуха составляет 6,2 °С. Лето начинается с переходом среднесуточной температуры выше 14 °С (вторая декада мая), продолжается более 4 месяцев и оканчивается, когда среднесуточная температура становится меньше 10 °С (конец сентября). Лето солнечное, умеренно теплое, с обильными, но непродолжительными осад-

ками. Осенью усиливается циклоническая деятельность, нарастает повторяемость пасмурных дней, во второй половине осени преобладает сплошная облачность, обложные осадки, частые туманы. Зима – период с температурой воздуха ниже 0 °С – длится более четырех месяцев и характеризуется резкой сменой погоды. Весна начинается в конце марта, когда средняя температура воздуха становится положительной.

На температурный режим почвы оказывает влияние ее механический состав и тип, влажность, состояние поверхности, покрытость растительностью, снегом т. д.

Среднегодовая величина атмосферного давления на высоте 125 м над уровнем моря составляет 751 мм рт. ст. Распределение атмосферного давления формирует режим ветра. В Гомеле наблюдаются ветры всех направлений, зимой преобладают южные, летом западные и северо-западные. Среднегодовая скорость ветра – 3,8 м/с.

Гомель расположен в зоне достаточного увлажнения. Годовая сумма осадков – 610 мм, около 70 % из них выпадает в теплый период с апреля по октябрь. Относительная влажность воздуха высокая: с октября по март ее среднемесячные значения составляют не менее 80 %. В городе в среднем 147 пасмурных дней в году.

Гидрогеологические факторы. В гидрогеологическом отношении район исследований находится на стыке северо-восточной части Припятского артезианского бассейна и западного склона Воронежского артезианского свода. Все водоносные горизонты и комплексы гидравлически связаны между собой. У них общий источник питания – атмосферные осадки. Областями разгрузки служат реки, озера и каналы.

В зависимости от условий залегания и формирования подземные воды подразделяются на грунтовые, спорадического распространения и межпластовые.

Грунтовые воды залегают первыми от земной поверхности, имеют свободную уровенную поверхность, связанную через зону аэрации с атмосферой. Они отличаются безнапорным характером и направлены от водораздельных пространств к пониженным участкам рельефа и далее к поверхностным водоемам и водотокам, служащим их областями разгрузки.

Воды спорадического распространения залегают в песчаных линзах и прослоях морен, сложенных супесями характерных бурых отенков и суглинками с гравием, галькой и валунами.

Межпластовые воды распространены повсеместно и занимают большую часть гидрогеологического разреза. В зависимости от содержания солей подразделяются на пресные и минерализованные. Пресные воды распространены до глубин 200–300 м, а минерализованные – до трещиноватой зоны кристаллического фундамента.

Грунтовые, пресные межпластовые и воды спорадического распространения образуют зону активного водообмена, характеризующегося общими условиями формирования. Для нее характерно интенсивное движение атмосферных осадков от земной поверхности – областей питания (инфильтрации) – к областям разгрузки (поверхностным водоемам и водотокам).

Гидрологические факторы. Поверхностные воды представлены реками, озерами, прудами. Через город протекает судоходная река Сож, одна из крупнейших рек Беларуси. В черте города в нее впадает река Ипуть. В пригородной зоне Гомеля в Сож впадают реки Уть, Уза и Терюха. В пойме Сожа в пределах городской черты расположено несколько старичных озер (Любенское, Волотовское и др.). В северной части города многочисленны пруды, образовавшиеся в карьерах по добыче строительного сырья. Они активно используются горожанами как места отдыха. В Гомельском парке находится старейший в Гомеле пруд «Лебединое озеро», сооруженный на месте протекавшего и впадавшего в Сож ручья Гомеюк, от названия которого по одной из версий и произошло название города.

Геоморфологические факторы. Рельефообразующие отложения и рельеф сформировались в основном в результате аккумулятивной деятельности днепровского ледника и его талых вод. В целом территория имеет слабовсхолмленную, местами волнистую или плоскую поверхность. В пределах города развита сильно размытая моренная равнина, приуроченная к правому борту долины Сожа с абсолютными отметками 138–142 м. Относительные превышения составляют в среднем 5–10 м, увеличиваясь по правому борту долины Сожа до 15–20 м в результате овражно-балочного расчленения. Превышение моренной равнины над урезом воды р. Сож составляет 25–30 м. Русло р. Сож в пределах городской черты имеет ширину 200–300 м, средняя глубина 1–3 м.

3.2 Полевой период

Непосредственно в поле руководитель намечает каждой бригаде направление и протяженность исследуемого участка, исходя из назначения инженерно-геологических изысканий, а также проводит со студентами инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

При проведении инструктажа основное внимание должно быть обращено на безопасное ведение работ при проходке горных выработок, их документировании, опробовании и ликвидации. Оформляется журнал о прослушивании студентами инструктажа по технике безопасности на рабочем месте с обязательной подписью каждого, получившего инструктаж. Студенты, не получившие инструктаж на рабочем месте и не расписавшиеся в журнале, не допускаются к полевым работам.

В состав полевых работ входят:

– глазомерная инженерно-геологическая съемка с прорисовкой абриса;

– проходка разведочных выработок (скважины, шурфы);

– документирование разведочных выработок;

– опробование горных выработок;

– полевые испытания грунтов;

– гидрогеологические исследования;

– разведка месторождений строительных материалов;

– ликвидация горных выработок.

В первый день полевого периода руководитель практики на примере 1–2 горных выработок знакомит студентов с методами их документирования, опробования и определения полевыми методами физических и механических свойств грунтов. В течение последующих дней студенты выполняют документирование выработок и их опробование самостоятельно, под контролем преподавателя.

В процессе всех видов работ студентом ведется полевой дневник. Полевой дневник – форма первичной геологической документации, основной первичный документ регистрации геологических наблюдений всех видов, отражающий результаты наблюдений в ходе полевых работ. Этот главный документ исследователя-геолога содержит в себе всю добытую в ходе полевых работ информацию. Записи и полевая графическая информация, занесенные в полевой дневник, могут дополняться фотоснимками, которые отличаются от зарисовок детальностью и точностью изображения. При фотодокументировании геологических объектов для определения их истинных размеров обязательно используются инструменты или предметы, имеющие точные размеры (рейка с делениями, линейка, геологический молоток и т. п.); не рекомендуется фотографирование для этих целей людей – участников геологической съемки. Кроме одиночных снимков практикуется создание панорам из нескольких последовательных снимков, сделанных с перекрытием фрагментов объекта

съемки не менее чем на 30 %. На камеральном этапе обработки полых материалов фотоснимки и фотопанорамы дополняют выводы, сделанные на основании изучения геологических объектов и пунктов геологических наблюдений.

3.2.1 Глазомерная инженерно-геологическая съемка

Глазомерную инженерно-геологическую съемку следует выполнять в масштабе, выбранном в зависимости от сложности инженерно-геологических условий, геологического строения участка, с изучением физико-геологических, гидрогеологических и строительных свойств грунтов. В процессе проведения съемки особое внимание уделяют описанию геоморфологических элементов местности, геологических и инженерно-геологических процессов (оползни, заболачивание территории, просадки, оврагообразование, суффозия).

Фиксируют участки с необеспеченным поверхностным стоком (котловины, блюдца, западины), а также участки выхода подземных вод на поверхность земли. На план наносят горные выработки и естественные обнажения пород.

Относительные превышения и высотные отметки обнажения могут быть определены также глазомерно и инструментально. В первом случае используют отвес или клинометр горного компаса. Для этого компас приводят в вертикальное положение и располагают так, чтобы линия визирования находилась на уровне глаз наблюдателя и была параллельна направлению склона. При таком положении отвес отклоняется от 0° на угол, равный крутизне ската, который и отсчитывают по малому лимбу. Измерив горизонтальное положение маршрута между точками наблюдения и учитывая угол ската, определяют превышение точек. Крутизна скатов может быть определена на глаз; для этого необходима предварительная тренировка в закреплении в зрительной памяти крутизны нескольких типичных скатов, чтобы путем сравнения можно было быстро определять на глаз крутизну любого ската. Превышение точек определяют способом, описанным, выше.

Результаты глазомерной съемки оформляют в виде абриса (трассы, участка мостового перехода, строительной площадки) в масштабах 1 : 10000, 1 : 5000, 1 : 2500 или 1 : 1000 (рисунок 1). Наносимые на абрисе объекты показывают условными знаками (приложение А); если они занимают большие площади, то внутри контура дают их словесные характеристики (пашня; кустарник лиственный, высотой 2 м и т. п.).

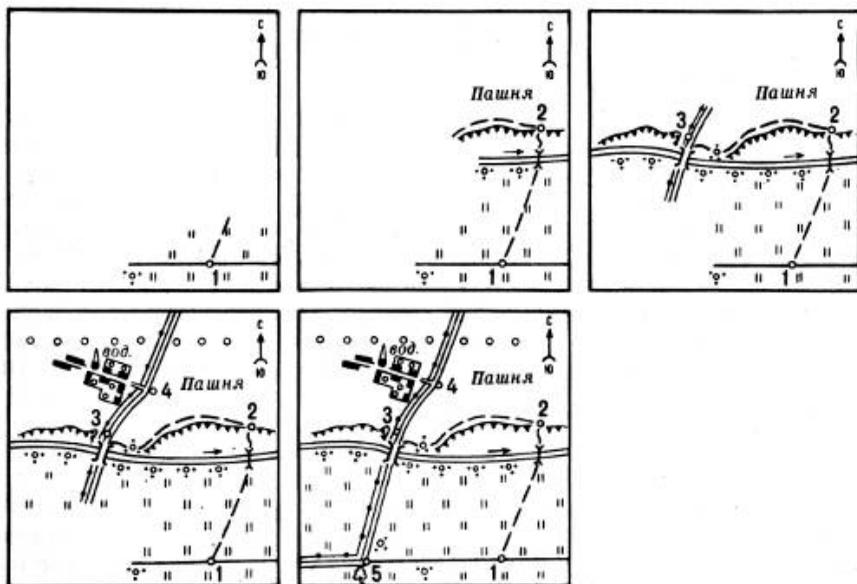


Рисунок 1 – Пример глазомерной съемки

3.2.2 Проходка разведочных выработок

Горные выработки предназначены для непосредственного изучения проходимых пород, точного определения мощности слоев, элементов залегания скальных пород, их трещиноватости, тщательного опробования.

Основными видами выработок в процессе инженерно-геологических изысканий являются шурфы и скважины. Открытые горные выработки имеют преимущество перед скважинами в том отношении, что в них можно видеть породы в естественном залегании, точно определять мощность проходимых слоев, угол падения и простираения пластов, изучать трещиноватость и структуру пород, описывать контакты пород и т. д.

В местах естественных обнажений пород и крутых склонов рельефа проходят наиболее простые выработки – расчистки. При расчистках производят свал делювия или осыпей со склона с целью обнажения залегающих под ними пород. Часто расчистками снимают и выветрелый слой коренных пород. Расчистки делают ступенчатыми.

Шурфы (вертикальные выработки прямоугольного сечения размером 1×1 м, 1×1,25 м, 1×1,5 м) проходят до 2 м вручную. Проходку скважин глубиной до 3–4 м осуществляют буровыми самоходными агрегатами и ручным способом.

Буровые скважины представляют собой круглые вертикальные или наклонные выработки малого диаметра, выполняемые специальным буровым инструментом. В буровых скважинах различают устье, стенки и забой. За устье скважины следует принимать: при бурении с поверхности земли – поверхность земли; при бурении с забоя (дна) шурфа – устье шурфа; при бурении в русле реки – уровень воды в реке или поверхность льда.

С помощью бурения выясняют состав, свойства, состояние грунтов, условия их залегания. Вся эта работа основывается на исследовании образцов пород, которые непрерывно извлекаются из скважины по мере ее углубления в процессе бурения. В зависимости от способа бурения и состава пород образцы могут быть ненарушенной или нарушенной структуры. Образцы ненарушенной структуры называют керном. Проходка скважин в слабых и водонасыщенных породах бывает затруднена вследствие обваливания и оплывания стенок. Для их крепления применяют стальные обсадные трубы, которые опускают в скважины и продолжают бурение. Преимущества бурения: скорость выполнения скважин, возможность достижения больших глубин, высокая механизация производства работ, мобильность буровых установок. Глубина скважин определяется задачами строительства и может составлять десятки метров. При гидротехническом строительстве достигает сотен метров, при поисках нефти и газа – нескольких километров.

Места заложения выработок назначают с учетом геоморфологии трассы автомобильной или железнодорожной дороги, мостового перехода, тоннеля, формы и назначения здания или сооружения.

При трассировании дорог разведочные выработки располагают по оси намеченной трассы на каждом из геоморфологических элементов, так как формы рельефа тесно связаны с геологическим строением. Расстояние между выработками в зависимости от сложности инженерно-геологических условий и размеров геоморфологического элемента должно составлять 200–500 м. Минимальное количество разведочных выработок должно быть не менее двух на один километр трассы дороги.

На участке подхода к мосту (пойма и первая надпойменная терраса) разведочные выработки закладывают на каждом геоморфологическом элементе не реже, чем через 200–400 м друг от друга.

При инженерно-геологических изысканиях для строительства зданий и сооружений разведочные выработки располагаются в зависимости от размещения фундаментов – по периметру или по осям здания. Количество выработок зависит от ряда факторов, в том числе от этажности здания и сложности геологического строения площадки. Глубина скважин зависит от особенностей и сложности геологического строения. При небольшой глубине залегания скальных пород выработки должны быть на 0,5–1 м врезаны в эти породы. В случае если строительная площадка сложена более или менее однородной толщей достаточно прочных пород (глины, суглинки и т. д.), глубина выработок принимается равной полуторной-двойной ширине фундаментов, но не менее 6–8 м. При более сложных условиях их глубина доводится до 20–25 м и более.

3.2.3 Документация разведочных выработок

Документация разведочных выработок заключается в послыжном описании всех литологических видов грунтов, вскрытых горной выработкой, и их зарисовке. Документируют выработки в полевом журнале (дневнике), все графы которого заполняют четко и с достаточной полнотой простым графитовым карандашом умеренной твердости или шариковой ручкой. Подчистки и сокращения в записях (кроме общепринятых) не допускаются.

Документирование выработки начинают с заполнения титульного листа, на котором проставляют дату выполнения работ, наименование выработки, ее номер, элемент рельефа (первая надпойменная терраса, пологий склон и т. п.), привязку выработки.

Затем выполняют подробное послыжное описание пород, вскрытых данной выработкой.

Основной особенностью, объединяющей глинистые грунты, является пластичность и консистенция. Визуальный способ дает возможность в полевых условиях дать наименование грунта без числовых значений. Наименование породы, первоначально определенное в поле визуально, уточняют после лабораторных исследований.

Пластичность глинистых грунтов в полевых условиях определяется по способности их во влажном состоянии раскатываться на шнуры различной длины и диаметра. При этом сухие грунты обязательно смачиваются водой. Выделение основных типов грунтов производится при наличии следующих признаков:

– глина – при растирании в ладонях рук скатывается в шнур диаметром до 0,5 мм, песчинок не ощущается, остатки глинистой массы втираются в кожу. Прилипший к ладоням грунт после высыхания при встряхивании не осыпается;

– суглинок – при растирании на ладонях скатывается в шнур диаметром не менее 1–2 мм; ощущается присутствие песчинок, которые при рассмотрении в лупу не всегда заметны. Прилипший к ладоням грунт после высыхания при встряхивании частично осыпается;

– супесь – при растирании на ладонях рук образует короткие толстые катышки или рассыпается, ощущается большое количество песчинок, которые явно различимы в лупу. Прилипший к ладоням грунт после высыхания почти полностью осыпается.

Консистенция определяется по деформациям, происходящим в грунте при ударах молотком, сжатии ладонями рук, вдавливании пальцев и ногтей, а также скорости растекания грунта в водонасыщенном состоянии по наклонной плоскости.

При этом для определения консистенции глин и суглинков руководствуются следующими признаками:

– твердая консистенция – порода по ощущениям сухая, при ударе молотком разбивается на куски, которые при сжатии рассыпаются, при растирании грунт выделяет пыль; ноготь большого пальца вдавливается в породу с трудом;

– полутвердая – порода по ощущению слабовлажная, при ударах молотком и растирании кусков рассыпается; ноготь большого пальца вдавливается в породу без особо труда;

– тугопластичная – порода влажная, большие куски разминаются с трудом, вырезанный из нее брусочек до излома заметно изгибается, палец при легком усилии оставляет заметный отпечаток, но вдавливается лишь при сильном нажатии;

– мягкопластичная – порода сильно влажная, куски разминаются легко; при лепке принимает любые формы, но сохраняет их непродолжительное время; палец вдавливается легко на глубину нескольких сантиметров;

– текучепластичная – порода мокрая, разминается от легкого прикосновения пальцев, при лепке не держит приданную ей форму, сильно прилипает к рукам, не раскатывается в шнур без подсыпки;

– текучая – порода водонасыщенная, способна течь по наклонной поверхности толстым слоем (языком).

Для супесей существует три формы консистенции, при которых грунт рассыпается, не образуя катышей (твердая), сминается, образуя катыши (пластичная), и растекается по наклонной плоскости (текучая).

Под *включениями* понимаются встречающиеся в грунте инородные тела, генетически не связанные с процессом его формирования.

К включениям относятся обломки скальных пород, растительные и животные остатки, продукты деятельности человека.

При описании включений обломков скальных грунтов (щебня, гравия и валунов) нужно указать их петрографический состав, размеры обломков, процентное содержание в грунте.

Ископаемые остатки животных и растений позволяют судить о возрасте пород, поэтому при установлении их наличия в полевой документации записывают глубину, на которой они обнаружены, а само ископаемое осторожно упаковывают и хранят отдельно.

Новообразованиями называются скопления и выделения различных веществ в порах и полостях грунта, образовавшиеся в результате физико-химических процессов.

При указании цвета породы необходимо отличать основной цвет (например, желтый, серый, черный и т. п.) и его оттенки (например, светло-коричневый, темно-серый и т. п.). Цвет пород, наряду с другими признаками, помогает установить аналогию между ними, указывая также на наличие различных соединений. Так, оттенки черного цвета чаще всего свидетельствуют о содержании в грунте гумуса, бурые и коричневые пятна – о присутствии железистых соединений, дендриты – о марганцовистых соединениях. При описании включений, имеющих в породе, указывают их размеры, цвет, генезис (органические, неорганические).

Описание глинистых грунтов производится по следующей схеме: наименование породы; консистенция; цвет; сложение; структурные особенности, слоистость; включения; новообразования. Например: глина до глубины 1,6 м тугопластичная, ниже – мягкопластичная, темно-бурая, слабослюдистая, плотная, с редким крупным щебнем до 10 %. До глубины 1,6 м с пятнами ожелезнения.

Песок сыпучий, но при значительном содержании пылеватых частиц и во влажном состоянии может быть похож на супесь, однако он легко рассыпается при высыхании и растирании, на ощупь шероховатый.

Степень влажности песчаного грунта в полевых условиях определяют следующим образом: маловлажные песчаные грунты после

сдавливания в руке рассыпаются (не формируются), влажные – держатся комом, насыщенные водой – вода вытекает из образца. Степень влажности песчаного грунта уточняют после исследования его в лаборатории.

Описание песчаных грунтов рекомендуется производить, придерживаясь следующего порядка: наименование грунта; степень влажности; цвет; степень загрязненности; плотность; слоистость; включения; фауна (флора); новообразования. Например: песок пылеватый, влажный; светло-серый; слабозагрязненный; рыхлый; тонкослоистый; с включением гравия и гальки известняка до 10 %; встречаются редкие мелкие раковины; с глубины 0,9 м сильно ожелезнен.

Описание шурфа ведут в полевом журнале. Описание и зарисовку шурфа производят по мере его проходки. Перед описанием стенки шурфа должны быть очищены от налипшей породы так, чтобы отчетливо выделялись контакты слоев и структура грунта. Среднюю мощность слоя и глубину его залегания определяют как среднее арифметическое из замеров, произведенных в трех и четырех характерных точках перегиба. При описании шурфов кроме описания пород отмечают ходы землероев, червей, трещиноватость. Зарисовку ведут по четырем стенкам, стенки шурфа должны быть ориентированы по сторонам света.

При появлении в забое шурфа свободной капельно-жидкой воды должна быть отмечена глубина ее появления и характер притока, т. е. отдает ли воду вся поверхность шурфа или же вода считается из трещин, плоскостей сланцеватости и т. п. Если вода протекает из одной стенки или из одного угла шурфа, это должно быть зафиксировано в журнале.

Для определения установившегося уровня грунтовой воды шурф по возможности несколько углубляют (0,2–0,5 м) и производят замеры уровня воды через каждые 10 минут. Уровень считается установившимся, если два соседние замера дадут одинаковые результаты. В журнале фиксируют установившийся уровень и время его установления.

Отбор проб грунта из шурфа производится нарушенной и ненарушенной структуры.

Ненарушенной структуры (для определения плотности грунта) – при помощи режущих колец (не менее трех). Режущие кольца сделаны из металла и имеют стенки толщиной не более 2 мм. С одного конца кольцо заострено. Перед взятием монолита грунт выравнивается и зачищается, устанавливают кольцо режущим краем вниз и при помощи приспособления или вручную через насадку слегка вдавли-

вают кольцо в грунт, фиксируя границу образца для испытаний. Затем грунт снаружи кольца обрезают на глубину 5–10 мм ниже режущего края кольца, формируя столбик диаметром на 1–2 мм больше наружного диаметра кольца. Периодически, по мере срезания грунта, легким нажимом пресса или насадки насаживают кольцо на столбик грунта, не допуская перекосов. После заполнения кольца грунт подрезают на 8–10 мм ниже режущего края кольца и отделяют его. Грунт, выступающий за края кольца, срезают ножом, зачищают поверхность грунта вровень с краями кольца и закрывают торцы стеклянными пластинками. При пластичном или сыпучем грунте кольцо плавно, без перекосов вдавливают в него и удаляют грунт вокруг кольца. Затем зачищают поверхность грунта, накрывают кольцо пластинкой и подхватывают его снизу плоской лопаткой.

Одновременно с этой же глубины отбирают пробы грунтов нарушенной структуры: в бюксы – для определения естественной влажности; в мешочки весом не менее 0,5 кг – для определения гранулометрического состава грунтов, высоты капиллярного поднятия, коэффициента фильтрации и других лабораторных исследований.

Образцы, отобранные для лабораторных исследований, оформляют, тщательно упаковывают и доставляют в лабораторию для дальнейшей обработки.

Описание пород в буровом журнале производят послойно по мере извлечения образцов из скважины, не допуская высыхания, так как при этом изменяется цвет, влажность, консистенция грунтов. При бурении необходимо внимательно следить за всякой переменной породы не только при извлечении ее из скважины, но и в процессе бурения, как по ощущению погружения инструмента при вращательном бурении, так и по звуку. Форма бурового журнала должна быть единой. Буровой журнал должен все время находиться на скважине и заполняться в процессе бурения.

3.2.4 Полевые испытания грунтов

Полевые испытания грунтов заключаются в определении физико-механических характеристик. Из физических характеристик в поле определяют плотность грунтов ненарушенной структуры методом режущего кольца, а также берут пробы грунта для определения их естественной влажности, гранулометрического состава, высоты капиллярного поднятия, коэффициента фильтрации, угла естественного откоса. Все испытания проводятся в лаборатории БелГУТа.

Для определения механических свойств грунтов проводится:

- микропенетрация в шурфе одновременно с проходкой, через каждые 0,2 м (число отдельных испытаний не менее 10);
- статическое и динамическое зондирование в скважинах при бурении через каждые 0,5 м.

Микропенетрометр (рисунок 2) относится к числу портативных приборов и предназначен для измерения прочностных и деформационных свойств грунтов. При помощи пенетрометра определяют сопротивление грунта вдавливанию конусного наконечника, которое впоследствии может быть использовано для оценки предела прочности и модуля деформации грунта, а также обнаружения пустот, плотных прослоек и т. п.

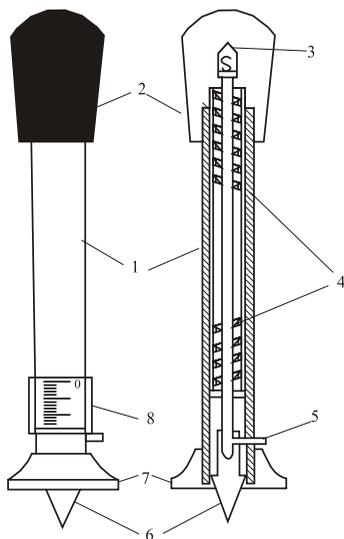


Рисунок 2 – Микропенетрометр МВ-2:
 1 – корпус; 2 – пластмассовая ручка;
 3 – регулировочная гайка; 4 – пружина;
 5 – шпилька для соединения плунжера со штоком;
 6 – плунжер; 7 – опорный диск;
 8 – цилиндрический ползунок

Обработка результатов проводится в следующей последовательности:

1 Рассчитывается среднее арифметическое значение глубины погружения микропенетрометра h_{cp} , см, в пределах слоя с одинаковыми характеристиками.

2 Определяется значение сопротивления породы пенетрации, кгс/см²,

$$R_0 = 1,11 \frac{2,55 - 0,65h_{cp}}{h_{cp}^2}.$$

Методы полевых испытаний грунтов *зондированием* применяют в комплексе с другими видами инженерно-геологических работ или отдельно:

- для выделения инженерно-геологических элементов (толщины слоев и линз, границ распространения грунтов различных видов и разновидностей);

- оценки пространственной изменчивости состава, состояния и свойств грунтов;

- определения глубины залегания кровли скальных крупнообломочных и мерзлых грунтов;

- количественной оценки характеристик физико-механических свойств грунтов (плотности, модуля деформации, угла внутреннего трения и сцепления и др.);

- определения степени уплотнения и упрочнения грунтов во времени и пространстве;

- оценки возможности забивки свай и определения глубины их погружения;
- определения сопротивлений грунта под нижним концом и по боковой поверхности свай;
- выбора мест расположения опытных площадок и глубины проведения полевых испытаний, а также мест отбора образцов грунтов для лабораторных испытаний;
- контроля качества геотехнических работ.

Испытание грунта *методом статического зондирования* проводят с помощью специальной установки, обеспечивающей вдавливание зонда в грунт. Пример комплекта оборудования для статического зондирования приведен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Комплект оборудования для статического зондирования ТЕСТ-К2М

В состав установки для испытания грунта должны входить: зонд (наконечник и штанги); устройство для вдавливания и извлечения зонда; опорно-анкерное устройство; измерительная система.

При статическом зондировании по данным измерения сопротивления грунта определяют:

- удельное сопротивление грунта под наконечником (конусом) q_s ;
- общее сопротивление грунта на боковой поверхности Q_s (для механического зонда);
- удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности (муфта трения) зонда f_s (для электрического зонда).

По данным измерений составляют таблицы и строят графики изменения этих величин по глубине зондирования и во времени (при прерывистом зондировании).



Рисунок 4 – Легкий забивной зонд П-400

Испытание грунта *методом динамического зондирования* проводят с помощью специальной установки, обеспечивающей внедрение зонда ударным или ударно-вибрационным способом. Пример комплекта оборудования для динамического зондирования приведен на рисунке 4. Такой тип зонда предназначен для контроля степени уплотнения песчаных и пылевато-глинистых грунтов методом динамического зондирования на глубину до 4 метров.

В состав установки для испытания грунта динамическим зондированием должны входить:

- зонд (набор штанг и конический наконечник);
- ударное устройство для погружения зонда (молот или вибромолот);
- опорно-анкерное устройство (рама с направляющими стойками);
- устройство для измерения глубины или скорости погружения зонда.

При динамическом зондировании измеряют:

- глубину погружения зонда h от определенного числа ударов молота (залога) при ударном зондировании;
- скорость погружения зонда при ударно-вибрационном зондировании.

По данным измерений вычисляют условное динамическое сопротивление грунта погружению зонда p_d .

При испытании ударным способом значение p_d , МПа, определяют по формуле

$$p_d = AK_1K_2n/h,$$

где A – удельная энергия зондирования, Н/см, определяемая в зависимости от типа установки по таблице 1;

K_1 – коэффициент учета потерь энергии при ударе молота о накопальню и на упругие деформации штанг, определяемый по таблице 2 в зависимости от типа установки и глубины погружения зонда;

K_2 – коэффициент учета потерь энергии на трение штанги о грунт, определяемый в зависимости от усилия при повороте штанги.

При крутящем моменте менее 5 кН·см $K_2 = 1$;

n – число ударов молота в залеге;

h – глубина погружения зонда за залог, см.

Т а б л и ц а 1 – Удельная энергия зондирования

Тип установки	Удельная энергия зондирования A , Н/см	Условное динамическое сопротивление грунта p_d , МПа
Легкая	280	До 0,7 включ.
Средняя	1120	Св. 0,7 до 17,5 включ.
Тяжелая	2800	Св. 17,5

Т а б л и ц а 2 – Значение коэффициента K_1

Глубина погружения зонда, м	Коэффициент K_1 при установке		
	легкой	средней	тяжелой
Св. 0,5 до 1,5 включ.	0,49	0,62	0,72
" 1,5 " 4,0 "	0,43	0,56	0,64
" 4,0 " 8,0 "	0,37	0,48	0,57
" 8,0 " 12,0 "	0,32	0,42	0,51
" 12,0 " 16,0 "	0,28	0,37	0,46
" 16,0 " 20,0 "	0,25	0,34	0,42

По вычисленным значениям p_d строят ступенчатый график изменения условного динамического сопротивления грунта по глубине погружения зонда (приложение Б). На графике выделяют интервалы, на которых усредняют значение p_d .

Расчет механических характеристик грунтов по данным динамического или статического зондирования является основным для объектов всех уровней ответственности и категорий сложности.

Используя данные динамического зондирования, вначале определяются средние значения условного динамического сопротивления p_d по каждому слою грунта, а затем по этому значению и наименованию грунта определяют удельное сцепление и угол внутреннего трения из таблицы В.1 (для песчаных грунтов) и таблицы В.2 (глинистых грунтов), модуль деформаций (таблица В.3) и расчетное сопротивление грунтов основания (таблица В.4).

По данным статического зондирования вначале определяется среднее значение удельного сопротивления грунта под наконечником зонда q_s по каждому слою грунта, а затем по этому значению и

наименованию грунта определяют удельное сцепление и угол внутреннего трения из таблицы Г.1 (песчаных грунтов) и таблицы Г.2 (глинистых грунтов), модуль деформаций (таблица Г.3) и расчетное сопротивление грунтов основания (таблица Г.4).

По результатам статического и динамического зондирования выделяют следующие разновидности грунтов:

- песчаные (таблица 3);
- глинистые (таблица 4).

Т а б л и ц а 3 – Разновидности песчаных грунтов по результатам зондирования

Вид песчаного грунта	Разновидность песчаных грунтов по прочности	Удельное сопротивление грунта под конусом зонда q_s , МПа	Удельное динамическое сопротивление грунта p_d , МПа
Гравелистый, крупный, средний, независимо от влажности	Прочный	$q_s > 15,0$	$p_d > 14,0$
	Средней прочности	$2,8 \leq q_s \leq 15,0$	$2,8 \leq p_d \leq 14,0$
	Малопрочный	$q_s < 2,8$	$p_d < 2,8$
Мелкий, независимо от влажности	Прочный	$q_s > 8,3$	$p_d > 8,5$
	Средней прочности	$1,7 \leq q_s \leq 8,3$	$2,2 \leq p_d \leq 8,5$
	Малопрочный	$q_s < 1,7$	$p_d < 2,2$
Пылеватый маловлажный и влажный	Прочный	$q_s > 8,3$	$p_d > 8,5$
	Средней прочности	$1,2 \leq q_s \leq 8,3$	$1,5 \leq p_d \leq 8,5$
	Малопрочный	$q_s < 1,2$	$p_d < 1,5$
Пылеватый водонасыщенный	Прочный	$q_s > 5,8$	–
	Средней прочности	$1,0 \leq q_s \leq 5,8$	–
	Малопрочный	$q_s < 1,0$	–

Т а б л и ц а 4 – Разновидности глинистых грунтов по результатам зондирования

Тип, подгруппа (генезис) глинистых грунтов	Разновидность глинистых грунтов по прочности	Удельное сопротивление грунта под конусом зонда q_s , МПа	Удельное динамическое сопротивление грунта p_d , МПа
Супесь, суглинок, глина (моренные)	Очень прочные	$q_s > 6,5$	$q_s > 8,3$
	Прочные	$2,5 < q_s \leq 6,5$	$2,8 < q_s \leq 8,3$
	Средней прочности	$1,0 \leq p_d \leq 2,5$	$1,2 \leq p_d \leq 2,8$
	Слабые	$q_s < 1,0$	$q_s < 1,2$
Супесь, суглинок, глина (кроме моренных)	Очень прочные	$q_s > 10,0$	–
	Прочные	$4,6 < q_s \leq 10,0$	–
	Средней прочности	$1,0 \leq p_d \leq 4,6$	–
	Слабые	$q_s < 1,0$	–

3.2.5 Опытнo-фильтpационные испытания

Опытнo-фильтpационные работы предназначены для определения водопроницаемости грунтов, которая характеризуется коэффициентом фильтрации. Коэффициент фильтрации используется при гидрогеологических расчетах фильтpационных потерь из каналов и водохранилищ, притока воды в строительные выработки, кривых подпора, фильтpационного давления на сооружения, запасов подземных вод и т. д.

Фильтpационные расчеты выполняются методами теории фильтрации, в основе которой лежит закон Дарси:

$$Q = K_{\phi}IF,$$

где Q – расход воды, м³/сут;

K_{ϕ} – коэффициент фильтрации, м/сут;

I – гидравлический уклон потока или напорный градиент;

F – площадь поперечного сечения, через которую проходит расход Q .

Коэффициент фильтрации представляет собой скорость движения воды при напорном градиенте $I = 1$. Значения его определяются гранулометрическим составом и структурно-текстурными особенностями пород. На значение коэффициента фильтрации влияют также свойства фильтpующей воды (вязкость, плотность), минеральный состав грунтов, степень засоленности и др. Значения коэффициента фильтрации для некоторых горных пород приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Коэффициент фильтрации некоторых горных пород

Характеристика пород	Коэффициент фильтрации, м/сут
Очень хорошо проницаемые галечники с крупным песком, сильно закарстованные и сильно трещиноватые породы	100–1000 и более
Хорошо проницаемые галечники и гравий, частично с мелким песком, крупный и средний песок, закарстованные и трещиноватые породы	10–100
Проницаемые галечники и гравий, засоренные мелким песком и частично глиной, средний и мелкий песок, слабозакарстованные, малотрещиноватые и др. породы	1–10
Слабопроницаемые тонкозернистые пески, супеси, слабо-трещиноватые породы	0,1–1
Весьма слабопроницаемые суглинки	0,001–0,1
Почти непроницаемые глины, плотные мергели и другие монолитные скальные породы	< 0,001

Методы определения коэффициента фильтрации подразделяются на *расчетные, лабораторные и полевые*.

Расчетные методы являются приближенными и рекомендуются лишь на первоначальных стадиях исследований. Для расчетов используются эмпирические формулы, связывающие коэффициент фильтрации грунта с его гранулометрическим составом, пористостью, степенью однородности и т. д.

Лабораторные методы основаны на изучении скорости движения воды через образец грунта при различных градиентах напора. Все приборы для лабораторного определения коэффициента фильтрации могут быть подразделены на два типа:

– с постоянным напором (приборы КФ–ООМ, Тима, трубка конструкции СПЕЦГЕО);

– переменным напором (трубка Каменского, компрессионно-фильтрационные приборы типа Ф–1М, ПФ–1).

Приборы, моделирующие постоянство напорного градиента, т. е. установившееся движение, применимы в основном для грунтов с высокой водопроницаемостью, например для песков; приборы, моделирующие переменный напор, применимы для определения коэффициента фильтрации связных грунтов с малой водопроницаемостью.

Полевые методы позволяют определить коэффициент фильтрации в условиях естественного залегания пород и циркуляции подземных вод, что обеспечивает наиболее достоверные результаты. Вместе с тем полевые методы более трудоемкие и дорогие в сравнении с лабораторными.

Коэффициент фильтрации неводоносных грунтов определяют с помощью методов налива в шурфы и нагнетанием воды в скважины, а в случае водоносных пород – методом откачек воды из скважин.

Определение коэффициента фильтрации грунтов опытными наливами в шурфы. Опытные наливы в шурфы проводятся для определения водопроницаемости ненасыщенных грунтов в зоне аэрации.

Условия движения воды в зоне аэрации существенно отличаются от условий ее движения в водонасыщенных грунтах. Вода, поступающая в шурф, впитывается в сухой грунт и движется в нем не только под действием сил тяжести, направленных вниз, но и капиллярных сил, которые могут действовать во всех направлениях. Влияние растекания ограничивают специальной схемой опытных установок или учитывают в расчетных формулах. Таким образом, существующие методы позволяют установить величину коэффициента фильтрации только приближенно, но с точностью, вполне приемлемой для практических целей.

При инженерных изысканиях используют методы наливов, разработанные А. К. Болдыревым, Н. К. Гиринским, Н. С. Нестеровым, Н. Н. Биндеманом, Н. Н. Веригиным. Все они предназначены для случая инфильтрации воды из шурфа в однородную толщу, не содержащую гравитационную и капиллярную влагу, при глубине залегания уровня подземных вод свыше 5 м от дна шурфа.

На практике студенты подробно знакомятся с методами налива в шурфы – методом Болдырева и методом Нестерова.

Метод Болдырева не учитывает влияния капиллярных сил и растекания инфильтрационного потока. Предполагается, что сечение потока равно сечению приемка, а движение его происходит при градиенте, равном единице (рисунок 5). Отсюда скорость потока численно равна коэффициенту фильтрации пород. Этот метод применим главным образом для однородных, хорошо водопроницаемых пород.

Порядок работы:

1 Описать сущность метода, область применения, привести схему проведения опыта.

2 Отрыть шурф сечением $1 \times 1,5$ м на глубину залегания слоя, водопроницаемость которого требуется исследовать. В шурфе выкопать приемок сечением 15×15 см и такой же глубины. На дно шурфа установить бак с водой. На стенке приемка закрепить горизонтальную рейку длиной 15 см, а на дно насыпать слой гравия мощностью 2–3 см (см. рисунок 5).

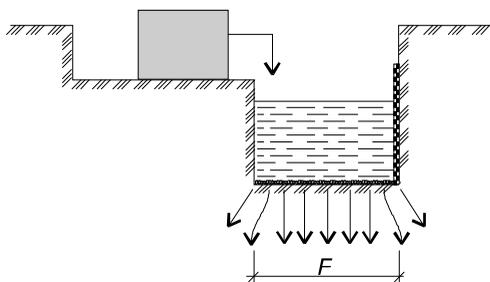


Рисунок 5 – Схема налива воды в шурф по методу А. К. Болдырева

3 Подготовить журнал, форма которого приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Журнал определения коэффициента фильтрации методом Болдырева

Время замера, с или сут	
Объем воды, л или м ³	

4 Заполнить приямок водой (осторожно – 1 см за 2–3 мин). В приямке создать уровень воды высотой 10 см. Зафиксировать время и начальный уровень воды в баке. Поддерживать уровень воды в приямке постоянным и через каждый литр затраченной воды из бачка фиксировать время в журнале. Опыт можно заканчивать, если в течение 2 часов отклонение от среднего значения не превышает 10 %.

5 Результаты занести в журнал и оформить в виде графика зависимости объема профильтровавшейся воды от времени.

6 Определить значение коэффициента фильтрации в м/сут по формуле

$$K_{\phi} = \frac{Q}{F},$$

где Q – расход воды, м³/сут;

F – площадь приямка, равная 225 см².

Пример. Обработать опытные данные (вычислить коэффициент фильтрации), полученные при изысканиях по таблице 7. Построить график зависимости расхода воды от времени (рисунок 6).

Таблица 7 – Исходные данные для определения K_{ϕ} маловлажных грунтов методом налива по А. К. Болдыреву

Интервал времени между замерами, с	30	65	135	255	105	60	55	55	50	40	40	40	40	40
Объем воды, л	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

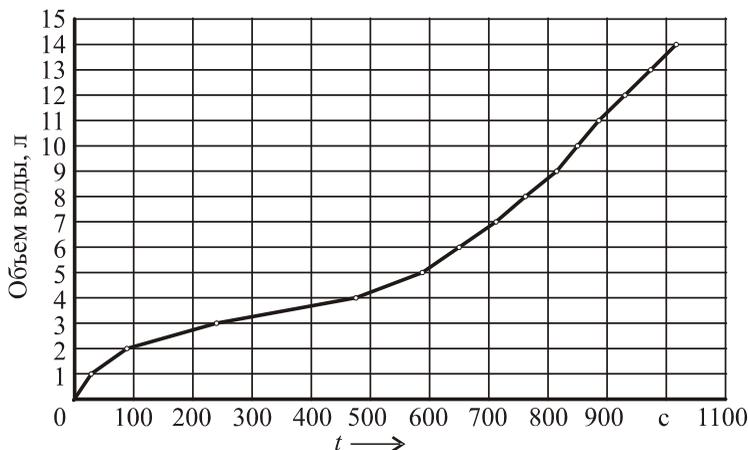


Рисунок 6 – График зависимости объема профильтровавшейся воды от времени

Общий объем профильтровавшейся воды – 14 л = $14 \cdot 10^{-3}$ м³.
Общее время фильтрации – 1010 с = 0,012 сут.

$$\text{Расход воды: } Q = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{0,012} = 1,17 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

$$\text{Коэффициент фильтрации: } K_{\phi} = \frac{Q}{F} = \frac{1,17}{0,0225} = 52 \text{ м/сут.}$$

Метод Нестерова несколько сложнее, но совершеннее других. Он основан на предположении, что благодаря конструкции прибора, состоящего из двух концентрически вдавливаемых в грунт цилиндров, на растекание расходуется вода, поступающая в грунт из кольцевого зазора, а вода внутреннего цилиндра просачивается вертикально вниз, т. е. площадь фильтрационного потока равна площади внутреннего цилиндра. На основании этого допущения измеряют и регистрируют в журнале опыта расход только из внутреннего цилиндра.

Прибор Нестерова (ПВН) (рисунок 7) состоит из двух цилиндрических рам диаметром 25 (8) и 50 см (9) и высотой 20–25 см, располагаемых концентрически на дне шурфа. Цилиндры вдавливают в дно на 5–8 см для защиты от размыва. На внешний цилиндр устанавливается штатив (5), ножки которого гайками (4) закрепляют на ободе большой рамы. На штативе размещаются два сосуда Мариотта (2) для автоматического поддержания уровня воды в цилиндрах. Для этой цели в нижней части бачков установлены трубки с кранами – водоспускные (7) и воздушные (6). Водоспускные трубки служат для подачи воды из бачков в кольца, воздушные – для воздуха. Конец воздушных трубок должен быть на уровне поверхности воды, а водоспускаемых – на 2–3 см ниже. Сначала открывают водоспускные, затем воздушные трубки. При понижении уровня воды в раме ниже края воздушной трубки через последнюю в бачок будет поступать воздух, вытесняя из него воду. Таким образом, в течение всего срока наблюдений

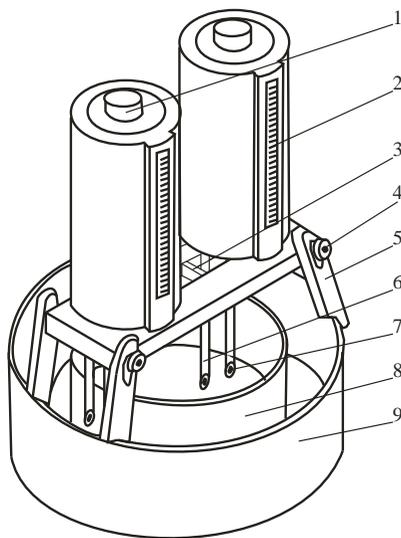


Рисунок 7 – Прибор ПВН:
1 – пробка; 2 – бачок (сосуд Мариотта);
3 – отвес; 4 – гайки; 5 – штатив;
6 и 7 – трубки; 8 и 9 – рамы

напор воды будет постоянным. На сосудах в верхней части имеется пробка (1) и прозрачная шкала, с помощью которой измеряется объем воды ΔV , профильтровавшейся в грунт за определенное время Δt . Горизонтальное положение прибора проверяют по отвесу (3).

Порядок работы:

1 Описать сущность метода, область его применения и дать схему прибора с указанием основных узлов.

2 Отрыть шурф в грунте на заданную глубину. На выровненную поверхность установить кольца. Вдавить их в грунт на 5–8 см. Установить сосуды Мариотта. Залить в них воду.

3 Подготовить журнал, форма которого приведена в таблице 8.

4 Залить воду во внутреннее и внешнее кольца, создав слой воды 10 см, открыть краны сосудов Мариотта для автоматического выпуска воды во внутреннее и внешнее кольца. С момента начала истечения воды во внутреннее кольцо включается секундомер.

Уровни воды в сосуде Мариотта фиксируются по мерной шкале и заносятся в журнал через определенные интервалы времени. Замеры производятся до получения установившейся величины расхода воды. За установившийся можно принять расход, который с течением времени меняется незакономерно (без затухания) и колеблется в пределах 20 % своей величины не менее 15 мин.

5 Результаты инфильтрации воды из малого кольца занести в таблицу 8. Обработать опытные данные (вычислить количество вылившейся воды и фильтрационный расход воды Q в м³/сут). Рассчитать значение коэффициента фильтрации при установившемся уровне расхода воды. Построить график зависимости расхода воды от времени.

Таблица 8 – Журнал определения коэффициента фильтрации методом Нестерова

Время замера		Интервал времени между замерами		Объем вылившейся воды за интервал времени между замерами, л	Фильтрационный расход, м ³ /сут
ч	мин	ч	мин		

Следует учитывать один недостаток этого прибора: при нагревании стенок бачка воздух внутри него тоже нагревается и выталкивает воды больше, чем ее впитывается в грунт. Особенно это может сказаться в жаркую погоду и при малой водопроницаемости. Поэтому при работе бачки следует предохранять от перегрева.

Пример. Обработать опытные данные (вычислить коэффициент фильтрации), полученные при изысканиях по таблице 9. Построить график зависимости объема профильтровавшейся воды от времени.

Таблица 9 – Исходные данные для определения K_{ϕ} маловлажных грунтов методом налива по А. К. Болдыреву

Время замера		Интервал времени между замерами		Объем вылившейся воды, л		Фильтрационные расходы, м ³ /сут
ч	мин	ч	мин	во время замера	между замерами	
9	00	0	0	1,500		
9	05	0	5	2,700	1,200	0,345
9	10	0	10	3,675	0,975	0,281
9	15	0	15	4,450	0,775	0,223
9	20	0	20	5,150	0,700	0,201
9	25	0	25	5,775	0,625	0,180
9	30	0	30	6,300	0,525	0,151
9	35	0	35	6,750	0,450	0,130
9	40	0	40	7,150	0,400	0,115
9	45	0	45	7,525	0,375	0,108
9	50	0	50	7,875	0,350	0,100
9	55	0	55	8,225	0,350	0,094
10	00	1	0	8,550	0,325	0,086
10	05	1	5	8,850	0,300	0,072
10	10	1	10	9,100	0,250	0,072
10	15	1	15	9,350	0,250	0,072
10	20	1	20	9,600	0,250	0,072

Для расчета фильтрационного расхода делим объем вылившейся воды в м³ на время, затраченное на это, в сут. За установившийся расход принимаем 0,072 м/сут. Рассчитываем коэффициент фильтрации, принимая площадь

$$\text{фильтрации } F = 0,196 \text{ м}^2: K_{\phi} = \frac{Q}{F} = \frac{0,072}{0,196} = 0,367 \text{ м/сут.}$$

Строим график зависимости объема профильтровавшейся воды от времени (рисунок 8).

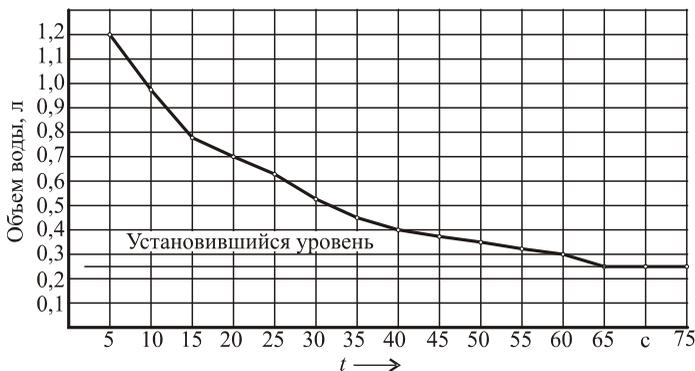


Рисунок 8 – График зависимости объема профильтровавшейся воды от времени

Определение коэффициента фильтрации грунтов методом откачек воды из скважин. Откачки применяются для определения коэффициента фильтрации пород, полностью насыщенных водой. Из скважины или колодца, вскрывающих водоносный горизонт, при помощи насоса извлекается вода, в результате чего происходит снижение уровня воды в выработке. При откачке воды из выработок снижение уровня в них происходит довольно быстро. В самом же водоносном пласте, вследствие трения воды о частицы грунта, понижение уровня подземных вод идет медленнее. Чем ближе к выработке, тем отчетливее отклонение. Пространство в водоносном пласте, оказавшееся свободным от воды, в плане имеет округлую форму, а в разрезе – воронкообразную. Сверху оно ограничено уровнем грунтовых вод, снизу – динамическим уровнем, а по бокам – плавными линиями (депрессионными кривыми), крутизна которых возрастает по мере приближения к оси скважины. Такая фигура называется *депрессионной воронкой* (рисунок 9).

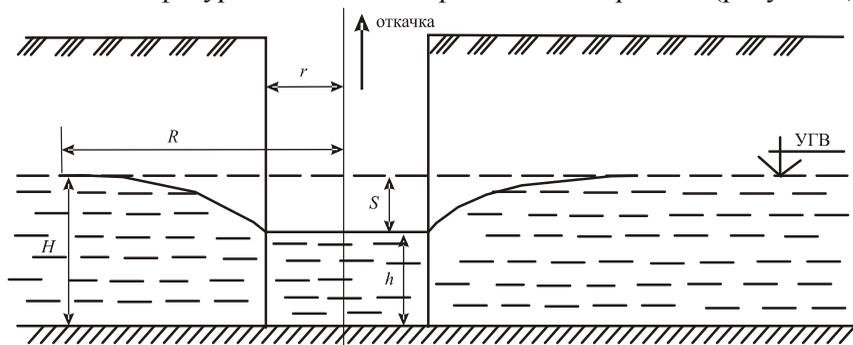


Рисунок 9 – Схема для определения гидрогеологических параметров грунтового водоносного горизонта

Установление границ депрессионной воронки, зависящих от водопроницаемости пород, имеет большое практическое значение при оценке фильтрационных свойств пород, выделении зон санитарной охраны подземных вод от их естественного загрязнения и т. д. Поэтому очень важным гидрогеологическим параметром для расчетов является *радиус депрессионной воронки (радиус влияния) R*. Чтобы получить его значение опытным путем, вдоль заданного направления (профиля) на определенном расстоянии друг от друга бурят три скважины (или более). Одна из скважин является центральной (опытной), из нее откачивают воду. Другие – наблюдательные, в них следят за понижением уровня. Это самый точный, хотя и дорогостоящий метод для определения радиуса влияния скважины.

Радиус депрессионной воронки нередко определяют по приближенным формулам:

– для безнапорных вод используют формулу Кусакина:

$$R = 2S\sqrt{HK_{\phi}},$$

где S – величина понижения уровня, м;

H – мощность слоя грунтовых вод, м;

K_{ϕ} – коэффициент фильтрации слоя, м/сут.;

– для напорных вод радиус влияния можно определить по формуле Зихардта:

$$R = 10S\sqrt{K_{\phi}}.$$

Дебит, или производительность (Q) горной выработки, – это объем воды, добытый из выработки в процессе откачки. Выражается чаще всего в м³/сут. При расчетах дебита используют формулу Дюпюи:

$$Q = \pi K_{\phi} \frac{(H^2 - h^2)}{\ln R - \ln r}.$$

Коэффициент водопроницаемости (T) представляет собой произведение коэффициента фильтрации (K_{ϕ}) на мощность водоносного пласта.

Для расчета коэффициента фильтрации при расположении двух наблюдательных скважин, размещенных в плане на одной прямой на расстояниях соответственно L_1 и L_2 от центральной, можно воспользоваться преобразованной формулой Дюпюи:

– для безнапорных вод

$$K_{\phi} = \frac{0,732Q(\lg L_1 - \lg L_2)}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)},$$

– для напорных вод

$$K_{\phi} = \frac{0,366Q(\lg L_1 - \lg L_2)}{m(S_1 - S_2)},$$

где m – мощность водоносного слоя.

Радиус влияния можно вычислить из уравнения:

$$\lg R = \frac{(S_1 \lg L_2 - S_2 \lg L_1)}{S_1 - S_2}.$$

Пример. Для определения гидрогеологических параметров артезианского водоносного горизонта был заложен куст скважин, состоящий из центральной и двух наблюдательных скважин, расположенных в плане на одной прямой на расстоянии соответственно L_1 и L_2 от центральной. Всеми скважинами под слоем водоупорных глин вскрыты водоносные пески на полную мощность m . При этом пьезометрический уровень установился ниже поверхности земли. Из центральной скважины производилась откачка воды с определением дебита Q , а в наблюдательных скважинах замерялись понижения уровней S_1 и S_2 . Используя приведенные ниже результаты замеров (таблица 10), постройте схему и определите коэффициент фильтрации песков, коэффициент водопроницаемости водоносного слоя и радиус влияния.

Таблица 10 – Исходные данные для определения гидрогеологических параметров артезианского водоносного горизонта

L_1 , м	L_2 , м	m , м	Q , м ³ /сут	S_1 , м	S_2 , м
60	130	28,3	612	2,80	1,90

Схема куста скважин приведена на рисунке 10.

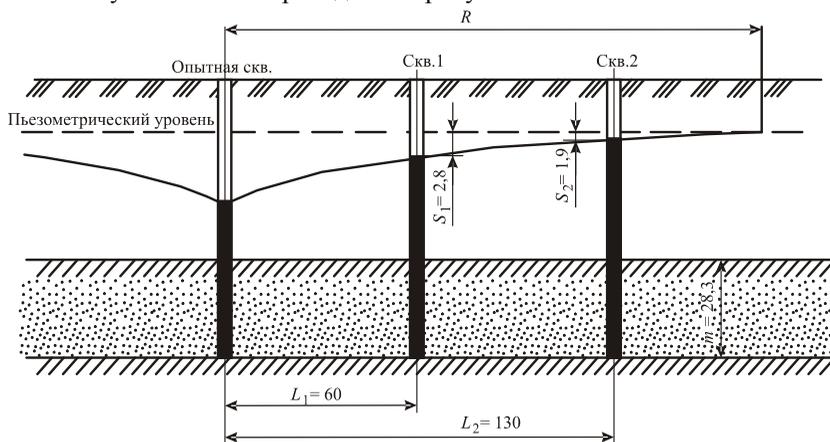


Рисунок 10 – Схема для определения гидрогеологических параметров в артезианском водоносном горизонте

Определяем коэффициент фильтрации:

$$K_{\phi} = \frac{0,366Q(\lg L_2 - \lg L_1)}{m(S_1 - S_2)} = \frac{0,366 \cdot 612(\lg 130 - \lg 60)}{28,3(2,80 - 1,90)} = 2,9 \text{ м/сут.}$$

Коэффициент водопроницаемости:

$$T = K_{\phi}m = 2,9 \cdot 28,3 = 82,07 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Радиус влияния:

$$\lg R = \frac{S_1 \lg L_2 - S_2 \lg L_1}{S_1 - S_2} = \frac{2,8 \cdot \lg 130 - 1,9 \lg 60}{2,8 - 1,9} = 2,82.$$

$R = 661$ м.

3.2.6 Разведка месторождений строительных материалов

В комплекс инженерно-геологических исследований под строительство входят поиски и разведка естественных строительных материалов. Наличие строительных материалов в районе строительства часто играет решающую роль в выборе типа и конструкции сооружений. Скопление в земной коре определенных горных пород, разработка которых представляет практический интерес, называется месторождением.

В состав месторождений входят горные породы, которые являются естественным строительным материалом или сырьем для их производства. Все эти породы составляют так называемые нерудные полезные ископаемые. К естественным строительным материалам относят различные горные породы (граниты, известняки, галечники и др.), которые можно использовать в строительстве в естественном виде. Таким же образом получают строительный камень, песок, глину, щебень и т. д. В ряде случаев горные породы являются сырьем для изготовления искусственных строительных материалов: мергель – для получения цемента, глины и суглинки – для кирпича и т. д.

По каждой площадке (участку) источников получения (размещения) отдельных видов грунтовых строительных материалов приводят топографический план и план подсчета количества (объемов) грунтовых строительных материалов с указанием на нем контуров подсчета, пройденных горных выработок, геофизических и других точек исследований, мощностей вскрышных пород и полезной толщи.

Целесообразность разработки месторождения устанавливается на основе технико-экономического анализа и во многом определяется соотношением между мощностью вскрышных пород H и мощностью слоя полезного ископаемого h . Отношение H/h носит название геологического коэффициента. Ценность месторождения повышается с уменьшением значения этого коэффициента. Экономически допустимо соотношение $2 : 1$, для месторождений линзовидной формы допускают $1 : 1$, но только в случае, если полезный слой залегает на глубине не более $3-5$ м от поверхности.

Подсчет количества строительного материала в месторождении производят обычно среднеарифметическим методом. Вначале устанавливают среднюю мощность полезного ископаемого:

$$h_{\text{ср}} = (h_1 + h_2 + \dots + h_n)/n,$$

где h_1, h_2, \dots, h_n – мощность слоя полезного ископаемого в данном сечении;
 n – число сечений.

Далее, зная площадь полезного ископаемого, устанавливают его объем. Аналогичным путем определяют объем вскрышки пород, подлежащих удалению перед разработкой полезных ископаемых.

3.2.7 Ликвидация горных выработок

По окончании документирования и опробования шурфов производят их немедленную засыпку с тщательной утрамбовкой грунта и выравниванием поверхности земли. Выполненную работу по ликвидации шурфов в реальных условиях оформляют в виде акта с подписью лиц, производивших засыпку, на практике – контролируется руководителем. Так же должны быть ликвидированы и другие выработки: буровые скважины, приямки гидрогеологических работ.

4 КАМЕРАЛЬНЫЙ ЭТАП

При инженерно-геологических изысканиях камеральные работы ведутся непрерывно. Они направлены на систематизацию материалов, получаемых при полевых и лабораторных исследованиях.

4.1 Лабораторные испытания грунтов

В лабораторных условиях с целью уточнения наименования грунтов, их состояния и физических свойств определяют естественную влажность, гранулометрический состав, влажность на границе текучести и границе раскатывания, плотность грунта и плотность частиц грунта. Также для отобранных грунтов определяется коэффициент фильтрации (в приборе КФ-00М; в трубке Каменского), высота капиллярного поднятия, угол естественного откоса и набухание грунта.

На основании лабораторных испытаний вносят окончательные коррективы в полевое определение грунтов и их описание, которые зафиксированы в полевом журнале.

4.1.1 Определение угла естественного откоса несвязных грунтов

Угол естественного откоса – это наибольший угол, который может быть образован откосом свободно насыпанного грунта в состоянии равновесия с горизонтальной плоскостью.

Угол естественного откоса зависит от гранулометрического состава и формы частиц. С уменьшением размера зерен угол естественного откоса становится положе. В воздушно-сухом состоянии угол естественного откоса песчаного грунта равен $30\text{--}40^\circ$, под водой – $24\text{--}33^\circ$.

Значение угла естественного откоса для сухих и водонасыщенных песчаных грунтов в рыхлом состоянии практически совпадает с углом внутреннего трения, но определяется значительно проще последнего.

Для определения угла естественного откоса песчаного грунта в воздушно-сухом состоянии используют прибор УВТ-2 (рисунок 11) или прибор, входящий в состав полевой лаборатории Литвинова ПЛЛ-9, изображенный на рисунке 12.

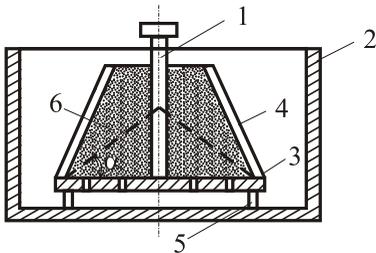


Рисунок 11 – Прибор УВТ-2:

- 1 – шкала; 2 – резервуар;
3 – перфорированная подставка; 4 – обойма;
5 – градуированная опора; 6 – образец песка

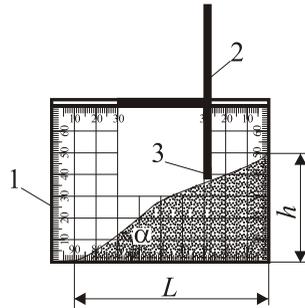


Рисунок 12 – Прибор для определения угла естественного откоса:

- 1 – корпус прибора; 2 – заслонка; 3 – грунт

Величина угла естественного откоса определяется отношением высыпаемого грунта к его заложению:

$$\operatorname{tg} \alpha = h/L = 1/m,$$

где α – угол естественного откоса, в градусах;

h – высота высыпаемого грунта, см;

L – заложение грунта, см;

m – коэффициент откоса или заложения откоса, определяющий его крутизну и, следовательно, устойчивость ($m = L/h$).

Определение угла естественного откоса песков в воздушно-сухом состоянии.

Порядок работы:

1 Прибор поставить на стол или иную горизонтальную поверхность. Выдвижная створка при этом должна быть опущена до дна.

2 В малое отделение прибора насыпать песок небольшими порциями через воронку вровень с краями.

3 Песок разровнять ножом.

4 После этого постепенно поднять выдвижную створку, следя, чтобы не было толчков; при этом прибор следует придерживать рукой.

5 Песок частично пересыпать в другое отделение, пока не наступит положение устойчивого равновесия; угол между плоскостью свободного откоса и горизонтальной плоскостью и есть угол естественного откоса.

6 По делениям на днище и боковой стенке отсчитать высоту и заложение откоса и вычислить тангенс угла естественного откоса. Отсчеты вести с точностью 1 мм.

7 Испытания провести три раза.

8 Числовое значение тангенса угла естественного откоса определить как среднее арифметическое из результатов трех замеров.

9 Результаты определений занести в таблицу 11.

Таблица 11 – Результаты определения угла естественного откоса

№ п/п	Условия испытания	Высота h , см	Заложение L , см	$\operatorname{tg} \alpha$	Угол естественного откоса α , град	Коэффициент откоса m
1	Воздушно-сухое					
2						
3						
1	Под водой					
2						
3						

Определение угла естественного откоса песков под водой.

Порядок работы:

1 Прибор поставить на стол или иную горизонтальную поверхность. Выдвижная створка при этом должна быть опущена до дна.

2 В малое отделение прибора насыпать песок небольшими порциями через воронку вровень с краями.

3 Песок разровнять ножом.

4 После того, как в малое отделение прибора был насыпан испытываемый грунт, в большое отделение налить доверху воду (рисунок 13, а).

5 После этого выдвигающую створку поднять на несколько миллиметров, чтобы вода могла проникнуть в малое отделение.

6 Когда грунт пропитается водой, постепенно поднять выдвигающую створку, следя, чтобы не было толчков; при этом прибор придерживают рукой.

7 Песок частично пересыпать в другое отделение, пока не наступит положение устойчивого равновесия; угол между плоскостью свободного откоса и горизонтальной плоскостью и будет углом естественного откоса (рисунок 13, б).

8 По делениям на днище и боковой стенке отсчитать высоту и заложение откоса и вычислить тангенс угла естественного откоса (таблица 12).

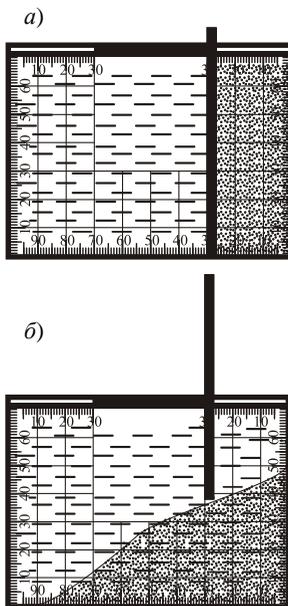


Рисунок 13 – Определение угла естественного откоса песков под водой

Таблица 12 – Величина тангенсов для вычисления угла естественного откоса

α , град	$\operatorname{tg} \alpha$						
0	0,000	16	0,287	32	0,625	48	1,111
1	0,017	17	0,306	33	0,649	49	1,150
2	0,035	18	0,325	34	0,675	50	1,192
3	0,052	19	0,344	35	0,700	51	1,235
4	0,070	20	0,364	36	0,727	52	1,280
5	0,087	21	0,384	37	0,754	53	1,327
6	0,105	22	0,404	38	0,781	54	1,375
7	0,123	23	0,424	39	0,810	55	1,428
8	0,141	24	0,445	40	0,839	56	1,483
9	0,158	25	0,466	41	0,869	57	1,540
10	0,176	26	0,488	42	0,900	58	1,600
11	0,194	27	0,510	43	0,932	59	1,664
12	0,212	28	0,532	44	0,966	60	1,732
13	0,231	29	0,554	45	1,000		
14	0,249	30	0,577	46	1,036		
15	0,268	31	0,301	47	1,072		

9 Испытания провести три раза.

10 Числовое значение тангенса угла естественного откоса определить как среднее арифметическое из результатов трех замеров.

11 Результаты определений занести в таблицу 11.

4.1.2 Определение высоты капиллярного поднятия в трубке

Под капиллярными свойствами грунтов следует понимать высоту и скорость капиллярного поднятия в них воды.

Схема установки для определения высоты капиллярного поднятия (h_k) показана на рисунке 14.

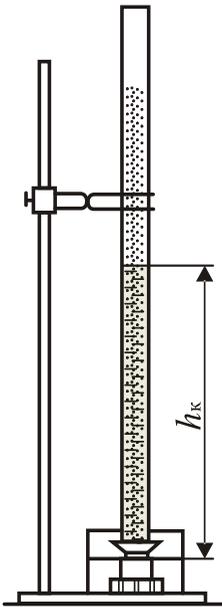


Рисунок 14 – Схема установки для определения высоты капиллярного поднятия

Высота и скорость капиллярного поднятия воды в грунтах зависят от их гранулометрического состава. Мелкозернистый грунт имеет меньшие поры и, соответственно, большую высоту капиллярного поднятия. Скорость капиллярного поднятия воды, наоборот, больше в крупнозернистых грунтах и меньше в мелкозернистых.

Кроме гранулометрического состава на водоподъемную способность влияют влажность, температура и другие факторы. Во влажном грунте капиллярное поднятие воды совершается быстрее и достигает большей высоты, чем в сухом. Повышение температуры увеличивает скорость поднятия воды в грунтах, но понижает предельную высоту поднятия.

Определение капиллярных свойств имеет большое практическое значение при инженерно-геологических изысканиях, определении глубины заложения фундаментов, проектировании гидроизоляции и дренажей.

Порядок работы:

1 Привести испытуемые грунты в воздушно-сухое состояние.

2 Обвязать стеклянную трубку (предварительно проградуированную) диаметром 2–3 см и высотой 0,5–1 м с одного конца марлей и наполнить через воронку грунтом.

Грунт необходимо загружать в трубку так, чтобы не происходило сортировки зерен, падающих внутрь трубки. Для этого надо присоединить к концу воронки резиновую трубку и вначале опустить ее на дно трубки, а затем, по мере загрузки, приподнимать вверх.

3 Укрепить наполненную песком трубку на штативе, опустив нижний конец ее в воду на 0,5–1 см. Указанный уровень необходимо поддерживать в течение всего опыта.

4 Зафиксировав время погружения трубки в воду, следить за скоростью поднятия воды по окраске песка, изменяющейся вследствие увлажнения его поднимающейся водой. При неравномерном поднятии воды отсчеты брать по среднему уровню. *Считать следует не от погруженного конца трубки, а от поверхности воды.*

5 Положение уровня воды отмечать сначала через 5; 10; 20; 30 мин, а затем через большие промежутки.

6 Данные опытов заносят в журнал (таблица 13). По результатам опыта построить график зависимости высоты капиллярного поднятия от времени.

Таблица 13 – Журнал определения высоты капиллярного поднятия воды

№ п/п	Краткая характеристика грунтов	Время от начала опыта	Высота капиллярного поднятия воды h_k , см

4.1.3 Определение набухания грунтов в приборе ПНГ

Набухание грунта – увеличение объема грунта при его взаимодействии с водой или другой жидкостью. Свойственно главным образом глинистым грунтам.

Набухание грунта определяется в приборе ПНГ (рисунок 15), который состоит из режущего кольца 5, обоймы 3 с винтом 2, в отверстие которого устанавливается индикатор 1 перфорированного поддона 6, поршня 4 и ванночки 7.

Порядок работы:

1 Перед началом опыта прибор разобрать. С помощью кольца произвести отбор пробы из монолита. Для этой цели на срезанную горизонтальную поверхность монолита установить кольцо, ост-

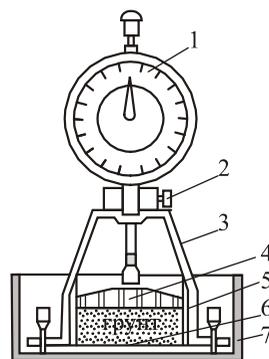


Рисунок 15 – Прибор ПНГ

рым краем вниз вдавить в грунт. Кольцо вдавливается до появления над верхним краем слоя грунта высотой 1–1,5 см, аккуратно срезать его вровень с краями кольца.

2 Прибор собрать в следующем порядке: в углубление диска положить бумажный фильтр, поставить кольцо с грунтом, поверх него положить второй бумажный фильтр, на который установить поршень. Собранный прибор установить на дно ванночки.

3 Индикатор укрепить в обойме так, чтобы его ножка касалась головки поршня.

4 Отметить первоначальное показание по индикатору.

5 Ванночку с установленным в ней прибором заполнить водой и отметить время заливки.

Следя за показаниями индикатора, записывать их через определенные промежутки времени до тех пор, пока набухание грунта полностью не прекратится (таблица 14). За критерий условной стабилизации деформаций набухания глинистых грунтов следует принимать деформацию не более 0,01 мм за 16 часов.

6 Относительное набухание определить по формуле

$$e_{sw} = \Delta h/h,$$

где Δh – приращение высоты образца по показаниям индикатора, мм;
 h – начальная высота грунта в кольце, мм.

Т а б л и ц а 14 – Журнал определения набухания грунта в приборе ПНГ

Время, мин	Показатель индикатора, мм	Деформация образца грунта, мм	Относительное набухание e_{sw}

4.1.4 Определение коэффициента фильтрации в приборе КФ-ООМ

В состав прибора КФ-00М, конструкция которого приведена на рисунке 16, входят: фильтрационная трубка 1, состоящая из прямого полового цилиндра с заостренными краями внутренним диаметром 56,5 мм (площадь поперечного сечения трубки – 25 см²) и высотой 100 мм, перфорированного дна 3 с отверстиями размером 2×2 мм, надеваемого на нижнюю часть цилиндра 1, и муфты 2 с латунной сеткой 4, устанавливаемой на верхней части цилиндра; мерный стеклянный баллон (сосуд Мариотта) 9 объемом 140 см³ и высотой 110 мм со шкалой объема фильтрующейся жидкости; телескопическое приспособление для на-

8 Заполнить мерный баллон 9 водой, предварительно измерив ее температуру, зажать отверстие большим пальцем и, быстро опрокинув, вставить в муфту 2 так, чтобы горлышко баллона соприкасалось с латунной сеткой.

Мерный баллон – приспособление, создающее постоянный напор воды. Когда сосуд перевернут отверстием вниз, вода из него будет вытекать только в том случае, если под вогнутую часть проникает наружный воздух. Если вода из-под вогнутой части расходуется на фильтрацию, то ее расход компенсируется из сосуда, при этом уровень воды во время испытания практически совпадает с поверхностью грунта. Этим обеспечивается постоянство напора при проведении испытания. Шкала на поверхности сосуда позволяет измерять расход воды. Мерный баллон автоматически поддерживает над грунтом постоянный уровень воды в 1–2 мм.

При нормальном ходе опыта в мерный баллон поднимаются мелкие пузырьки воздуха. Если в мерный баллон прорываются крупные пузырьки воздуха, то баллон следует опустить ниже на 1–2 мм и добиться того, чтобы в него равномерно поднимались мелкие пузырьки воздуха.

После этого установить планку 10 на градиент $I = 0,6$ и долить воду в корпус 6 до верхнего края.

9 Отметить время, когда уровень воды достигнет деления шкалы мерного баллона, отмеченного цифрой 10 (или 20) см^3 ; принимая это время за начало фильтрации воды. В дальнейшем фиксируют время, когда уровень воды достигнет соответственно делений: 20, 30, 40, 50 (или 20, 40, 60, 80) см^3 или других кратных значений.

Производят четыре отсчета.

10 Опустив цилиндр с грунтом 11 в крайнее положение, снять мерный баллон 9, заполнить его водой и вновь вставить в муфту 2.

11 Установить планку 10 на напорный градиент $I = 0,8$ и долить воду в корпус 6 до верхнего края. Далее поступить согласно п. 5. Так произвести определения для любого напорного градиента (всего 6 раз). Для $I = 1$ телескопическим приспособлением можно не пользоваться, установив фильтрационную трубку на любую ровную поверхность.

12 По окончании работы прибор КФ-00М разобрать, все детали промыть чистой водой и вытереть насухо.

13 По результатам проведенных испытаний составить таблицу (таблица 15).

Т а б л и ц а 15 – Журнал определения коэффициента фильтрации в трубке КФ-00М

№ п/п	Вид грунта	Сложение грунта	Влажность w , доли ед.	Масса, г			Плотность, г/см ³			Коэффициент пористости e	Время фильтрации, с		Объем профильтровавшейся воды V_w , см ³	Температура воды T_w , °С	Градиент напора	Коэффициент фильтрации K_{10} , м/сут
				цилиндра с грунтом	цилиндра	грунта	частиц грунта ρ_s	грунта ρ	сухого грунта ρ_d		отдельные замеры	среднее				

14 Коэффициент фильтрации K_{10} , м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре 10 °С, вычислить по формуле:

$$K_{10} = \frac{864V_w}{t_m A T I},$$

где 864 – переводной коэффициент из см/с в м/сут;

V_w – объем профильтровавшейся воды, см³;

t_m – средняя продолжительность фильтрации при одинаковых расходах воды, с;

A – продолжительность поперечного сечения цилиндра фильтрационной трубки, см²;

I – градиент напора;

T – поправка для проведения значения коэффициента фильтрации к условиям фильтрации воды при температуре 10 °С,

$$T = (0,7 + 0,003 T_w),$$

T_w – фактическая температура воды, °С.

4.1.5 Определение коэффициента фильтрации в трубке Г. Н. Каменского

Чрезвычайно простым методом определения коэффициента фильтрации песков является метод, разработанный Г. Н. Каменским, при котором коэффициент фильтрации определяют в приборе, получившем название трубки Г. Н. Каменского. При одинаковой площади сечения трубки по всей ее длине скорость фильтрации будет равна скорости падения уровня воды в трубке.

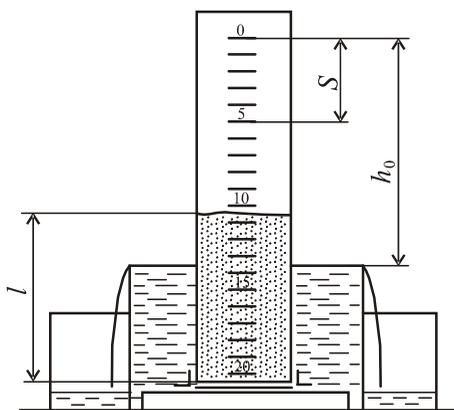


Рисунок 17 – Схема установки трубки Каменского при фильтрации

Трубка Каменского – стеклянная, имеет длину 23–25 см и диаметр 2–4 см (рисунок 17). На трубке сверху вниз нанесены деления через 1 см от 0 до 20. Деление 20 должно точно совпадать с нижним краем трубки, который обвязывают марлей или сеткой. Трубку укрепляют на штативе или устанавливают на специальной металлической подставке.

Порядок работы:

1 Трубку поместить в банку высотой 15–20 см и загрузить испытуемым песком. Наполнение ее песком производить слоями по 2–3 см, сопровождать легкой трамбовкой и насыщать водой, для чего в банку налить воду в таком количестве, чтобы уровень ее не превышал высоты слоя песка. Трубку загрузить песком до высоты 10 см.

2 Когда песок будет полностью насыщен водой, в банку добавить воды в таком количестве, чтобы уровень ее был выше уровня песка в трубке на 1–2 см и дожидаться момента, когда уровни воды в трубке и банке сравняются.

3 На утрамбованный и насыщенный песок в трубке насыпать гравий слоем 1–2 см для предохранения песка от размыва. Если испытываемый песок мелкий и проходит через сетку, следует предварительно на сетку заложить буферный слой толщиной 1 см более крупного песка и на него загрузить слой толщиной 10 см испытываемого песка.

4 На насыщенный водой песок налить сверху воды до уровня на 1–2 см выше нуля. Затем трубку быстро приподнять над банкой и закрепить на штативе или, быстро вынув трубку из банки, установить ее в чашке на специальной металлической подставке.

5 Засечь секундомером время прохождения уровня воды в трубке от 0 до деления 5 (для малопроницаемого песка до деления 3). Замерить температуру воды.

6 Данные опыта занести в журнал (таблица 16).

Таблица 16 – Журнал определения коэффициента фильтрации в трубке Каменского

№ опыта	Краткое описание грунта	Первоначальный напор h_0 , см	Падение уровня S , см	Время фильтрации T , с	S/h_0	$\varphi(S/h_0)$	Длина пути фильтрации, см	Коэффициент фильтрации K , см/с	Температура воды t , °C	Температурная поправка $\tau = 0,7 + 0,03t$	Коэффициент фильтрации при 10 °C, $K_{10} = 864K/\tau$, см/с

7 На основании полученных данных вычислить коэффициент фильтрации:

$$K = \frac{l}{T} \varphi \left(\frac{S}{h_0} \right),$$

где K – коэффициент фильтрации, см/с;

l – длина пути фильтрации, см (высота столба песка в трубке);

T – время понижения уровня воды в трубке от 0 до деления 3 или 5, с;

S – понижение уровня воды в трубке (см) за время T , с;

h_0 – первоначальный напор, см.

Для удобства вычислений Г. Н. Каменским составлена таблица

(таблица 17) ряда значений $\varphi \left(\frac{S}{h_0} \right)$, которой следует пользоваться при вычислении коэффициента фильтрации.

Таблица 17 – Таблица значений функции $\varphi \left(\frac{S}{h_0} \right)$

$\frac{S}{h_0}$	$\varphi \left(\frac{S}{h_0} \right)$	$\frac{S}{h_0}$	$\varphi \left(\frac{S}{h_0} \right)$	$\frac{S}{h_0}$	$\varphi \left(\frac{S}{h_0} \right)$	$\frac{S}{h_0}$	$\varphi \left(\frac{S}{h_0} \right)$
0,01	0,010	0,12	0,128	0,23	0,261	0,34	0,416
0,02	0,020	0,13	0,139	0,24	0,274	0,35	0,431
0,03	0,030	0,14	0,151	0,25	0,288	0,36	0,446
0,04	0,040	0,15	0,163	0,26	0,301	0,37	0,462
0,05	0,051	0,16	0,174	0,27	0,315	0,38	0,478
0,06	0,062	0,17	0,186	0,28	0,329	0,39	0,494
0,07	0,073	0,18	0,196	0,29	0,346	0,40	0,510
0,08	0,083	0,19	0,210	0,30	0,357	0,41	0,527
0,09	0,094	0,20	0,223	0,31	0,371	0,42	0,545
0,10	0,105	0,21	0,236	0,32	0,385	0,43	0,562
0,11	0,117	0,22	0,248	0,33	0,400	0,44	0,580

Окончание таблицы 17

$\frac{S}{h_0}$	$\varphi\left(\frac{S}{h_0}\right)$	$\frac{S}{h_0}$	$\varphi\left(\frac{S}{h_0}\right)$	$\frac{S}{h_0}$	$\varphi\left(\frac{S}{h_0}\right)$	$\frac{S}{h_0}$	$\varphi\left(\frac{S}{h_0}\right)$
0,45	0,598	0,59	0,892	0,73	1,309	0,87	2,040
0,46	0,616	0,60	0,916	0,74	1,347	0,88	2,120
0,47	0,635	0,61	0,941	0,75	1,386	0,89	2,207
0,48	0,654	0,62	0,967	0,76	1,427	0,90	2,303
0,49	0,673	0,63	0,994	0,77	1,470	0,91	2,408
0,50	0,693	0,64	1,022	0,78	1,514	0,92	2,526
0,51	0,713	0,65	1,050	0,79	1,561	0,93	2,659
0,52	0,734	0,66	1,079	0,80	1,609	0,94	2,813
0,53	0,755	0,67	1,109	0,81	1,661	0,95	2,996
0,54	0,777	0,68	1,39	0,82	1,715	0,96	3,219
0,55	0,799	0,69	1,172	0,83	1,771	0,97	3,507
0,56	0,821	0,70	1,204	0,84	1,833	0,98	3,912
0,57	0,844	0,71	1,238	0,85	1,897	0,99	4,605
0,58	0,868	0,72	1,273	0,86	1,966		

Для получения средней величины коэффициента фильтрации опыт повторяют несколько раз при различных значениях S , т. е. при различных понижениях уровня воды в трубке в см за время T (с).

4.2 Составление отчета по практике

После выполнения лабораторных работ приводят в порядок записи в полевом журнале, вычерчивают геологические колонки шурфов и скважин, геолого-литологические разрезы, план глазомерной инженерно-геологической съемки, определяют физико-механические характеристики грунтов и т. д., в соответствии с заданием на геологическую практику. Геологические колонки и разрезы, остальные графики вычерчиваются на миллиметровке формата А4.

Отчет по практике составляется один на бригаду и содержит разделы, изложенные ниже.

1 *Введение*. В данном разделе указывают цель и задачи инженерно-геологической съемки и учебной практики, организацию и объем выполненных работ, состав бригады, участие в написании отчета и обработке материала.

2 *Инженерно-геологические условия района инженерно-геологических изысканий*. Здесь приводится абрис строительной площадки (трассы) и физико-географический очерк места прохождения практики (общее административное и географическое положение, характер рельефа, степень его расчлененности, абсолютные отметки поверхности, особенности речной сети, климат, растительность, население, экономические особенности района, полезные ископаемые и т. п.).

3 Геологическое строение и инженерно-геологические свойства грунтов. В данном разделе приводятся микропенетрационные исследования, выполняемые при проходке шурфа; описываются шурфовочные работы и методика отбора проб грунта, буровые работы, динамическое и статическое зондирования; геологические колонки, разрезы, графики зондирования. Детально описывают явления и процессы (оползни, оврагообразование, просадки, заболачивание, суффозия и т. п.), которые могут оказать негативное влияние на устойчивость сооружений в процессе их строительства или эксплуатации.

4 Лабораторные методы исследования физико-механических свойств грунтов. Здесь приводятся понятия и методики, а также полученные результаты лабораторных испытаний грунтов.

5 Поиск и разведка месторождений строительных материалов. Дается характеристика материалов, которые могут использоваться для строительства, в т. ч. возведения земляного полотна, устройства дорожной одежды, для строительства моста. Указывают ориентировочные запасы материалов.

6 Гидрогеологические наблюдения. Описываются цели проведения гидрогеологических исследований, результаты определения коэффициента фильтрации полевыми методами. Приводят данные о наличии подземных вод и глубине их залегания.

7 Заключение. В заключении указывают наиболее благоприятные участки строительной площадки, трассы автомобильной (железной) дороги, мостового перехода с точки зрения несущей способности грунтов, глубины залегания подземных вод, рельефа местности. Дается характеристика неблагоприятных участков для возведения инженерных сооружений (оползни, болота, просадочные грунты и т. п.). Предлагаются мероприятия по улучшению свойств грунтов (закрепление, уплотнение и др.).

5 ПРИЕМ ЗАЧЕТА ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Полностью законченный отчет должен быть сдан руководителю практики в день ее окончания.

Студент, пропустивший какой-либо вид работ, не допускается к зачету.

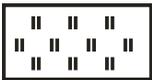
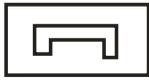
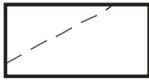
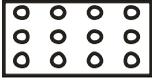
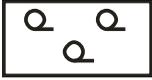
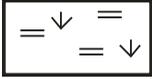
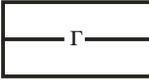
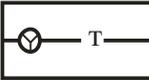
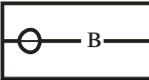
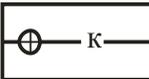
Защита отчета производится в присутствии полного состава исполнителей (бригады студентов).

Зачет по практике оформляется после положительной оценки отчета, просмотра преподавателем полевого дневника каждого студента, а также индивидуального собеседования со студентами по материалу отчета.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Условные графические обозначения

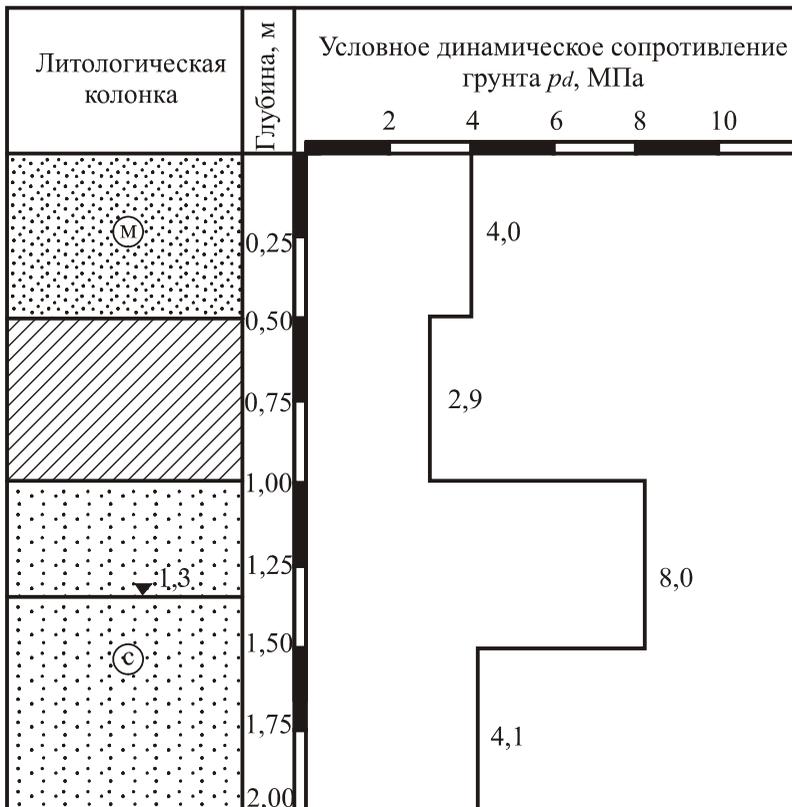
	Мост		Луг
	Здания, сооружения		Огород
	Грунтовая дорога		Пашня
	Тропа		Вырубленный лес
	Шоссе		Фруктовый сад
	Железная дорога		Кустарник
	Железнодорожная станция		Редкий лес
	Линия связи		Болото
	Линия электропередачи		Отдельстоящее дерево
	Газовый трубопровод		Лиственный лес
	Трасса		Хвойный лес
	Водопровод		Овраг
	Канализация		Карьер
	Озеро		Обрыв

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

**Образец графического оформления результатов испытания грунта
методом динамического зондирования**

Масштаб графика:

- по вертикали: для глубины 1 см – 0,25 м;
- по горизонтали: для p_d 1 см – 2 МПа.



ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Нормативные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов по данным динамического зондирования

Таблица В.1 – Нормативные значения c_n , φ_n песчаных грунтов по данным динамического зондирования

Вид песчаных грунтов	Обозначение характеристик грунтов	Характеристика песчаных грунтов при условном динамическом сопротивлении грунта p_d , МПа						
		1,5	2	3	5	10	15	17,5
Крупные	c_n , кПа	–	0	0	0,5	0,8	1,5	2,0
	φ_n , град	–	34	36	38	39	40	41
Средние	c_n , кПа	0	0	0	1,1	1,7	2,5	3,0
	φ_n , град	31	32	33	35	37	38	39
Мелкие	c_n , кПа	0	1,1	1,5	2,1	3,5	4,0	4,5
	φ_n , град	28	29	30	32	35	36	37
Пылеватые мало-влажные и влажные	c_n , кПа	15	2,0	3,0	4,1	5,5	6,0	6,5
	φ_n , град	24	26	28	30	33	34	35
<i>Примечания</i>								
1 Для песчаных грунтов с промежуточными значениями p_d значения c_n и φ_n следует определять интерполяцией.								
2 При значениях p_d более 17,5 МПа значения c_n и φ_n следует принимать как для $p_d = 17,5$ МПа.								
3 Для малопрочных песчаных грунтов значения c_n и φ_n следует уточнять прямыми испытаниями.								

Таблица В.2 – Нормативные значения c_n , φ_n пылевато-глинистых грунтов по данным динамического зондирования

Генетический тип грунтов	Вид грунта	Обозначение характеристик грунтов	Характеристика грунтов при условном динамическом сопротивлении грунта p_d , МПа						
			1,2	2,4	3,6	6	9	12	> 15
Ледниковые (моренные)	Супеси	c_n , кПа	23	26	30	36	40	42	48
		φ_n , град	26	27	27	28	29	30	31
	Суглинки	c_n , кПа	30	35	40	45	50	52	56
		φ_n , град	25	26	26	27	28	29	29
Озерно-ледниковые	Суглинки и глины	c_n , кПа	36	42	56	65	85	100	130
		φ_n , град	14	14	13	12	11	10	9
Лессовидные (непросадочные)	Супеси	c_n , кПа	18	22	25	30	32	34	36
		φ_n , град	22	26	27	27	28	28	29
	Суглинки	c_n , кПа	25	28	34	36	40	45	52
		φ_n , град	21	23	24	25	26	27	28
Пылевато-глинистые четвертичные отложения (кроме вышперечисленных) с содержанием органики до 10 %	Супеси	c_n , кПа	11	14	15	17	19	21	24
		φ_n , град	18	21	24	27	29	29	30
	Суглинки	c_n , кПа	15	22	25	28	35	40	47
		φ_n , град	16	18	20	22	24	25	26
<i>Примечания</i>									
1 При промежуточных значениях p_d значения c_n и φ_n следует определять интерполяцией.									
2 Значения c_n и φ_n при значениях p_d более 15,0 МПа следует уточнять прямыми испытаниями.									

Таблица В.3 – Нормативные значения модуля деформаций грунта E по данным динамического зондирования

Генетический тип и вид грунтов	E , МПа, при условном динамическом сопротивлении грунта p_d , МПа					
	1,2	2	3	5	10	15
Пески гравелистые, крупные, независимо от влажности	11	14	16	23	40	55
Пески средние, независимо от влажности	10	14	16	22	35	50
Пески мелкие, независимо от влажности	9	12	15	21	33	45
Пески пылеватые маловлажные и влажные	8	11	14	20	32	46
Моренные супеси и суглинки	10	13	16	22	38	54
Озерно-ледниковые суглинки и глины	9	12	18	–	–	–
Лессовидные супеси и суглинки	8	12	15	19	30	–
Пылевато-глинистые четвертичные отложения (кроме вышеперечисленных) с содержанием органики до 10 %	6	8,5	13	16	–	–
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 При промежуточных значениях p_d значения E следует определять интерполяцией.</p> <p>2 При значениях p_d более 15,0 МПа значения E следует принимать как для $p_d = 15,0$ МПа.</p>						

Таблица В.4 – Условное расчетное сопротивление грунта основания R_0 по данным динамического зондирования

Генетический тип грунтов	Вид грунтов	R_0 , МПа, при условном динамическом сопротивлении грунта p_d , МПа						
		1,2	1,5	2	3	5	10	15
Пески естественного сложения	Крупные	–	–	–	0,35	0,41	0,48	0,53
	Средние	–	–	–	0,29	0,35	0,43	0,47
	Мелкие	–	–	0,19	0,23	0,28	0,35	0,41
	Пылеватые	–	0,14	0,18	0,21	0,25	0,33	0,37
Моренные	Супеси, суглинки	0,20	0,28	0,38	0,44	0,51	0,57	–
Озерно-ледниковые	Суглинки, глины	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30	–	–
Лессовидные (неводонасыщенные и непросадочные)	Супеси, суглинки	0,15	0,18	0,20	0,24	0,30	0,35	0,40
Пылевато-глинистые четвертичные отложения (кроме вышеперечисленных) с содержанием органики до 10 %	Супеси, суглинки	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	–	–
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 При промежуточных значениях p_d значения R_0 следует определять интерполяцией.</p> <p>2 При значениях p_d более 15,0 МПа значения R_0 следует принимать как для $p_d = 15,0$ МПа.</p>								

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

Нормативные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов по данным статического зондирования

Т а б л и ц а Г.1 – Нормативные значения c_n , φ_n песчаных грунтов по данным статического зондирования

Вид песчаных грунтов	Обозначение характеристик грунтов	Характеристика песчаных грунтов при условном динамическом сопротивлении грунта q_s , МПа									
		1	2	3	5	8	10	15	20	30	> 30
Крупные	c_n , кПа	–	–	–	–	–	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
	φ_n , град	30	32	34	36	38	39	40	41	42	43
Средние	c_n , кПа	–	–	–	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003
	φ_n , град	28	30	32	35	36	37	38	38	39	40
Мелкие	c_n , кПа	–	–	0,001	0,002	0,002	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006
	φ_n , град	26	29	30	32	34	35	36	36	37	38
Пылеватые	c_n , кПа	–	0,002	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,006	0,007	0,008
	φ_n , град	24	26	28	30	32	33	34	34	35	36

Примечание – При промежуточных значениях q_s значения c_n и φ_n определять интерполяцией.

Т а б л и ц а Г.2 – Нормативные значения c_n , φ_n пылевато-глинистых грунтов по данным статического зондирования

Генетический тип грунтов	Вид грунта	Обозначение характеристик грунтов	Характеристика грунтов при условном динамическом сопротивлении грунта q_s , МПа							
			1	2	3	5	8	10	> 12	
Ледниковые (моренные)	Супеси	c_n , кПа	0,023	0,027	0,031	0,036	0,040	0,042	0,048	
		φ_n , град	26	27	27	28	30	30	31	
	Суглинки	c_n , кПа	0,030	0,036	0,040	0,045	0,049	0,052	0,056	
		φ_n , град	25	26	26	27	28	29	29	
Озерно-ледниковые	Суглинки и глины	c_n , кПа	0,036	0,043	0,056	0,066	0,087	0,102	0,130	
		φ_n , град	14	14	13	12	11	10	9	
Лессовидные (непросадочные)	Супеси	c_n , кПа	0,018	0,022	0,026	0,030	0,032	0,034	0,036	
		φ_n , град	22	26	27	27	28	28	29	
	Суглинки	c_n , кПа	0,025	0,030	0,034	0,036	0,041	0,046	0,052	
		φ_n , град	21	23	24	25	26	27	28	
Пылевато-глинистые четвертичные отложения (кроме вышеперечисленных) с содержанием органики до 10 %	Супеси	c_n , кПа	0,011	0,013	0,015	0,017	0,019	0,021	0,024	
		φ_n , град	18	21	24	27	29	29	30	
	Суглинки	c_n , кПа	0,016	0,023	0,025	0,028	0,035	0,039	0,047	
		φ_n , град	16	18	20	22	24	25	26	

Примечание – При промежуточных значениях q_s значения c_n и φ_n определять интерполяцией.

Таблица Г.3 – Нормативные значения модуля деформаций грунта E по данным статического зондирования

Песчаные грунты разного генетического образования	E , МПа, при условном динамическом сопротивлении грунта q_s , МПа								
	1	2	4	6	8	10	12	15	20
Пески гравелистые, крупные, средние, независимо от влажности	10	15	21	25	32	38	45	50	60
Пески мелкие, независимо от влажности	8	12	18	22	26	30	36	42	50
Пески пылеватые неводонасы- щенные	7	10	14	18	21	25	30	35	40
Пески пылеватые водонасыщенные	6	8	10	14	18	21	25	30	35
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 При значениях q_s более указанных в таблице значения E следует принимать по максимальным значениям, указанным в таблице.</p> <p>2 Для грунтов с промежуточными значениями q_s значения E следует определять интерполяцией.</p> <p>3 Модуль деформации E пылегато-глинистых грунтов определяется по формуле</p> $E = \frac{3,14\alpha(\mu)(3 - 4\mu)}{16(1-\mu)} q_s,$ <p>где α – эмпирический коэффициент, равный для супесей – 8,8; суглинков – 9,5; глин – 11; μ – коэффициент Пуассона, определяемый в лабораторных условиях по приборам трех- осного сжатия или ориентировочно равный для супесей – 0,35; суглинков – 0,4; глин – 0,45.</p>									

Таблица Г.4 – Условное расчетное сопротивление грунта основания R_0 по данным статического зондирования

Генетический тип грунтов	R_0 , МПа, при условном динамическом сопро- тивлении грунта q_s , МПа						
	1	2	3	5	8	10	15
Моренные глинистые грунты	0,13	0,21	0,29	0,45	0,60	0,60	0,60
Пылегато-глинистые (кроме моренных)	0,10	0,18	0,25	0,35	0,45	0,50	0,60
Пески гравелистые, крупные и средние независимо от влажности	–	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,70
Пески мелкие, независимо от влажности	0,12	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50
Пески пылеватые неводонасыщенные	0,10	0,12	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35
Пески пылеватые водонасыщенные	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 При промежуточных значениях q_s значения R_0 следует определять интерполяцией.</p> <p>2 При значениях q_s более 15,0 МПа значения R_0 следует принимать как для $q_s = 15,0$ МПа.</p>							

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Трацевская, Е. Ю.** Инженерно-геологические условия города Гомеля : [монография] / Е. Ю. Трацевская ; Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2005. – 210 с.

2 **Тюменцева, О. В.** Методические указания к выполнению полевой практики по инженерной геологии для студентов специальностей 291000 и 291100 / О. В. Тюменцева. – Омск : СибАДИ, 2002. – 29 с.

3 **Чернышев, С. Н.** Задачи и упражнения по инженерной геологии : учеб. пособие / С. Н. Чернышев, А. Н. Чумаченко, И. Л. Ревелис. – Минск : Выш. шк., 2002. – 254 с.

4 **Гомелюк, И. В.** Механика грунтов, основания и фундаменты : журнал для выполнения лабораторных работ / И. В. Гомелюк, И. В. Кожемякина. – Могилев: ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2014. – 40 с.

5 **Трацевская, Е. Ю.** Методические указания к учебной практике по инженерной геологии. Ч. II. Лабораторные и камеральные работы / Е. Ю. Трацевская. – Гомель: БелИИЖТ, 1993. – 31 с.

6 **СТБ 21.302–99.** Инженерно-геологические изыскания для строительства. – Введ. 1999–02–15. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 1999. – 66 с.

7 **СТБ 943–2007.** Грунты. Классификация. – Взамен СТБ 943–93 ; введ. 2007–07–18. – Минск : Госстандарт Респ. Беларусь, 2007. – 20 с.

8 **ГОСТ 19912–2012.** Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. – Взамен ГОСТ 19912–2001 ; введ. 2013–01–01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 24 с.

9 **ТКП 45-5.01-17–2006 (02250).** Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным динамического зондирования. Правила определения. – Введ. 2006–03–03. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2006. – 20 с.

10 **ТКП 45-5.01-15–2005 (02250).** Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным статического зондирования и пенетрационного каротажа. Правила определения. – Введ. 2005–09–19. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2005. – 21 с.

11 **Чаповский, Е. Г.** Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов / Е. Г. Чаповский. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : Недра, 1975. – 304 с.

12 **Ананьев, В. П.** Инженерная геология : учеб. для строит. спец. вузов / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2000. – 511 с.

Учебное издание

БЕСПАЛОВА Марина Вячеславовна

Геологическая практика

Учебно-методическое пособие

Редактор *Л. С. Репикова*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Компьютерный набор и верстка *М. В. Беспаловой, Т. И. Шляхтовой*

Подписано в печать 12.06.2018 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,75. Тираж 100 экз.
Зак. № . Изд. № 28

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
№ 3/1583 от 14.11.2017.
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель.

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

Кафедра «Строительные технологии и конструкции»

М. В. БЕСПАЛОВА

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Учебно-методическое пособие

Гомель 2018