

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
имени Н.М. ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СПОСОБУ АММОНИЗАЦИИ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

МОСКВА–1984

gost.e-ecolog.ru

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
имени Н.М. ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СПОСОБУ АММОНИЗАЦИИ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

МОСКВА–1984

УДК 624.138.4 : 624.131.23

Рекомендации по способу химической стабилизации лессовых грунтов водными растворами аммиака разработаны впервые. Рекомендации предназначены для проектирования оснований из стабилизированного лессового грунта и содержат сведения, касающиеся производства работ, подбора составов раствора, контроля качества стабилизации, и требования по технике безопасности.

Применение в фундаментостроении разработанного способа химической стабилизации лессовых грунтов аммонизацией позволит в ряде случаев заменить силикатизацию и снизить стоимость устройства оснований из этих грунтов.

Рекомендации по способу аммонизации лессовых просадочных грунтов разработаны инж. В.В.Семкиным (НИИ оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова Госстроя СССР) при участии канд.техн.наук В.А.Губкина (Харьковский институт механизации сельского хозяйства МСХ СССР) под руководством и при участии д-ра техн. наук В.Е. Соколовича (НИИ оснований и подземных сооружений) и одобрены Научно-техническим советом института.

Замечания и предложения по Рекомендациям просьба направлять по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., 6,НИИ оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова.

© Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова, 1984

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие Рекомендации распространяются на проектирование оснований из стабилизированного лессового грунта и технологию их устройства. Они разработаны в развитие главы СНиП 2.02.01-83 "Основания зданий и сооружений".

I.2. Стабилизацию лессового грунта водными растворами аммиака следует рассматривать как способ постоянного закрепления грунтов преимущественно в предпостроечный период, создания оснований из закрепленного грунта. Она осуществляется путем нагнетания через систему инъекторов (забиваемых в грунт или опускаемых в пробуренные скважины) водных растворов аммиака. Концентрация раствора определяется в зависимости от инженерно-геологических условий и назначения закрепленного грунта.

I.3. Стабилизация растворами водного аммиака является одним из способов закрепления лессовых просадочных грунтов. Она отличается экономичностью и простотой технологии.

I.4. Стабилизация производится с целью устранения просадочных свойств грунтов основания, повышения несущей способности грунтов за счет упрочнения их естественной структуры, придания им повышенной прочности и водостойкости, снижения коррозионной активности грунтов к стальным коммуникациям и должна выполняться:

в грунтовых условиях I типа по просадочности - в пределах деформируемой зоны или ее части;

в грунтовых условиях II типа по просадочности - на всю глубину просадочной толщи.

I.5. Лабораторная стабилизация грунтов, производство работ и контроль качества должны выполняться в соответствии с требованиями нормативных документов по закреплению грунтов.

I.6. Целесообразность применения стабилизации должна определяться конкретными условиями строительной площадки на основе результатов технико-экономического сравнения возможных вариантов проектных решений.

I.7. При строительстве новых объектов выполняется сравнение способа стабилизации водными растворами аммиака с различными способами усиления оснований и фундаментов.

I.8. В проекте по стабилизации оснований должны быть указаны необходимые параметры (концентрация растворов, норма закачки, радиус закрепления, давление нагнетания и т.д.), которые требуют дополнительных уточнений путем выполнения опытных работ до начала или в процессе строительства. При необходимости проектная организация должна своевременно скорректировать проект по результатам опытных работ, не задерживая выполнение строительных работ.

I.9. В проектах усиления оснований и других случаях применения способа стабилизации при реконструкции сооружений должно быть предусмотрено проведение натурных измерений деформаций оснований и фундаментов специальными марками и реперами.

I.I0. Программа и результаты наблюдений, проводившихся в период строительства, должны включаться в состав проектной документации, передаваемой заказчику после завершения работ.

2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

2.I. Настоящие Рекомендации следует применять при проектировании и строительстве зданий и сооружений на лессовых грунтах для повышения несущей способности в следующих случаях:

для усиления оснований существующих зданий и сооружений;

при строительстве новых объектов в предпостроечный период.

2.2. Усиление оснований существующих зданий и сооружений проводится в следующих случаях:

при недопустимых по величине или неравномерных осадках сооружения или его части, вызванных уплотнением под нагрузкой просадочных грунтов при их замачивании;

при увеличении эксплуатационных нагрузок (замена оборудования более тяжелым, увеличение этажности зданий и пр.).

2.3. При строительстве новых объектов рядом с существующими необходимо усиливать основания последних для предотвращения их деформаций как при производстве работ, так и во время эксплуатации. Применение аммонизации в этих случаях позволяет предотвратить подвижку и утечки грунта при повышении влажности. Кроме того, устройство стабилизированных оснований уменьшает влияние сооружаемых рядом объектов на существующие.

2.4. Способ стабилизации водными растворами аммиака применяет-

ся для закрепления лессовых грунтов со степенью влажности не выше 0,8 и с коэффициентом фильтрации не ниже 10^{-6} м/с.

2.5. Способ стабилизации применяется для лессовых грунтов различного химико-минералогического состава, имеющих емкость поглощения не менее 15 мг - экв. на 100 г сухого грунта.

3. ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

3.1. Изыскательские работы проводятся для получения материалов об инженерно-геологическом строении и гидрогеологических условиях строительного участка, необходимых для составления проекта стабилизации грунтов.

3.2. Материалы инженерно-геологических изысканий участка должны содержать следующие данные:

инженерно-геологическое строение и гидрогеологические условия участка;

плотность, пористость, влажность, прочностные характеристики, модуль деформации и коэффициент фильтрации природного грунта;

направление и скорость движения грунтовых вод и их химический состав;

временное сопротивление одноосному сжатию образцов грунта, стабилизированного в лабораторных или опытно-полевых условиях.

3.3. Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования для стабилизации грунтов проводят путем проходки скважин и шурфов. Образцы грунта отбирают из каждого слоя по 2 м по глубине, а пробы воды в количестве 2 л из каждого водоносного горизонта. Образцы грунта должны быть доставлены в лабораторию в виде монолитов нарушенной структуры и естественной влажности. Для этого образцы сразу после их отбора покрывают слоем парафина.

3.4. Число скважин и шурфов, их расположение на площадке назначают в зависимости от сложности геологического строения и размеров сооружения. Расстояние между разведочными выработками должно быть не более 40 м.

3.5. Данные инженерно-геологического обследования должны содержать:

план площадки в масштабе 1:500 с нанесенными контурами сооружения и точками разведочных выработок;

каталог выработок с указанием глубин;

чертежи колонок по отдельным выработкам;

инженерно-геологические продольные и поперечные профили в масштабе I:I00 (вертикальный) и I:200 (горизонтальный);

таблицы и графики с результатами исследования грунтов.

4. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ

4.I. Лабораторные исследования проводят для установления возможности стабилизации и определения данных, необходимых для составления проекта.

4.2. Основными параметрами физико-механических характеристик стабилизированных грунтов являются прочность, модуль деформации и водоустойчивость по агрегатному составу в воде.

4.3. Физико-механические характеристики стабилизированных грунтов устанавливаются после их лабораторной, полевой опытной стабилизации и в процессе контроля качества работ.

4.4. Нормативные и расчетные характеристики вычисляются по результатам непосредственных определений. При этом значения, используемые для вычисления нормативных и расчетных характеристик, должны быть получены единым методом.

4.5. Для установления возможности стабилизации грунта в лабораторных условиях определяют:

водопроницаемость;

гранулометрический состав;

пористость;

pH грунта и грунтовой воды;

содержание карбонатов;

емкость поглощения.

4.6. Подбор оптимальной рецептуры раствора состоит в установлении точной концентрации раствора аммиака.

4.7. Лабораторное испытание заключается в нагнетании в грунт с помощью инъекционного прибора раствора и последующего определения прочности при сжатии и водостойкости стабилизированного грунта. При необходимости определяют фильтрационные свойства, прочность и деформационные характеристики как естественного залегания, так и стабилизированного грунта. Изучение просадочности стабилизированных грун -

тов (коэффициент относительной просадочности, начальное просадочное давление при различных удельных расходах аммиака) ведется на образцах с предполагаемой отметки заложения фундаментов и далее с интервалом 2 м до непросадочных грунтов.

4.8. Закрепление образцов осуществляется в специальных приборах.

4.9. Раствор водного аммиака вводится в грунт из растворной колбы под давлением или при разряжении, создаваемом в образце путем откачки воздуха из колбы для сбора фильтрата.

4.10. Для стабилизации грунта образец диаметром 5 и высотой 6 см помещают в тонкую резиновую обойму. Обойма предназначена для бокового обжатия образца и предотвращения пристенной фильтрации. Она вмонтирована в стакан, закрываемый с обеих сторон крышками с патрубками, через которые фильтрующая жидкость поступает в образец и выводится наружу. Крышки стягиваются четырьмя сквозными болтами. В стакане также имеется патрубок, с помощью которого в обжимающей обойме создается избыточное давление. К нижней крышке при помощи шланга присоединяется колба с рабочим раствором , а к верхней - с фильтратом. При достаточно хорошей проницаемости грунта инъекцию раствора через него можно осуществить за счет разряжения, создаваемого вакуум-насосом в колбе для фильтрата.

4.11. Для расчета параметров стабилизации грунтов образцы пропитывают водными растворами аммиака концентрацией 3-8%.

4.12. Нагнетание раствора в образцы производится до того момента, когда объем фильтрата составит 15-20% объема образца.

4.13. При закреплении образца грунта проводят контрольные замеры:

концентрации раствора до нагнетания;
массы образца до и после инъецирования (P_I и P_2);
объема образца (V).

4.14. После закрепления образцы выдерживают 2-3 месяца в эксикаторе в воздушно-влажной среде, затем испытывают на сжатие, срез, сцепление.

4.15. Коэффициент, которым учитывается степень нарастания прочности в зависимости от химически. свойств грунта, вычисляется как среднее значение из нескольких определений.

5. ПОЛЕВЫЕ ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ

5.1. Полевые опытные работы по стабилизации грунтов назначаются для уточнения параметров стабилизации (радиуса закрепления, давления нагнетания, нормы закачки раствора и т.д.).

5.2. Опытные работы по стабилизации осуществляются путем нагнетания раствора через инъекторы, забитые в 3-4 точках.

5.3. Через 2-3 месяца после нагнетания производится проходка шурфа или бурение скважин и отбор образцов. Отобранные образцы испытывают в лаборатории на прочность, деформацию, просадочность, срез, сцепление.

5.4. Данные опытной стабилизации грунтов должны содержать:

план площадки опытного закрепления;

каталог выработок с указанием глубины;

чертежи колонок по отдельным выработкам;

инженерно-геологические продольные и поперечные профили в масштабе 1:100 (вертикальный) и 1:200 (горизонтальный);

таблицы и графики с результатами исследований стабилизированных грунтов.

6. СОСТАВ ПРОЕКТА

6.1. Для разработки проекта по стабилизации грунтов необходимы следующие материалы:

техническое задание;

материалы предыдущих стадий проектирования;

отчеты по геологическим изысканиям;

отчеты по специальным исследовательским или опытным работам (если таковые проводились);

технические данные о зданиях и сооружениях, о расположении подземных коммуникаций (водопровод, канализация, кабельная сеть, газопроводы и др.);

планы и разрезы фундаментов зданий и сооружений с указанием действующих на них нагрузок и допустимых осадок, а также нагрузки на полы;

результаты лабораторных и опытно-производственных работ по стабилизации грунтов;

основные конструктивные и компоновочные чертежи;

основные данные проекта организации и производства работ;

материалы для составления единичных расценок и сметы.

6.2. Основанием для разработки проекта по стабилизации грунтов является техническое задание.

6.3. Техническое задание составляется проектировщиком основного сооружения совместно с геологом, руководившим геологическими изысканиями.

6.4. Техническое задание является документом, в котором проектировщик основного сооружения ставит перед проектировщиком по стабилизации грунтов задачи, подлежащие решению для обеспечения надежной работы сооружения в строительный и эксплуатационный периоды.

6.5. Техническое задание состоит из краткой записки (собственно техническое задание) с соответствующими приложениями или указаниями источника для получения необходимых сведений в рабочем порядке.

6.6. В техническом задании должны быть указаны:

стадия проектирования;

допустимые абсолютные и относительные значения параметров стабилизации и отклонения от них;

оптимальные (требуемые, допустимые) размеры стабилизированного основания;

требования к организации и последовательность работ по стабилизации грунтов в увязке с общестроительными работами.

6.7. Сведения по организации и производству работ должны включать:

генеральный план строительной площадки;

календарный график строительства с указанием в первом приближении места и времени, отводимых для производства работ по стабилизации;

сведения о подсобном хозяйстве (базы, ремонтно-механические мастерские, энерго-, паро-, водо- и воздухоснабжение, внутренняя связь и возможности использования их для работ по стабилизации грунтов);

краткие сведения о способах производства основных строительно-монтажных работ, имеющие отношение к производству работ по стабилизации грунтов;

намеченного поставщика и базы основных материалов, их качество

жилищно-бытовые и административные учреждения и возможность их использования для обеспечения работ по стабилизации грунтов.

6.8. Сведения для составления единичных расценок и смет (сметно-финансовых расчетов) должны содержать:

указания о районе и группе строительства;

данные о специальных надбавках и коэффициентах, установленных для строительства (по зарплате и материалам);

стоимость основных материалов (аммиака, цемента, воды, пара, сжатого воздуха, электроэнергии).

6.9. В состав проекта должны входить:

пояснительная записка;

чертежи;

технические условия на производство работ;

сметно-финансовый расчет.

6.10. В пояснительной записке должны быть приведены следующие разделы:

общая часть (введение);

краткая характеристика сооружения;

природные условия;

требования к стабилизированному грунту - прочность, монолитность, водоустойчивость, водонепроницаемость, величина просадки;

состав и назначение специальных работ;

выбор и обоснование способа ведения специальных работ в данных природных условиях;

размеры и конструкции стабилизированных массивов;

ожидаемая эффективность проектируемых мероприятий;

объемы контрольного закрепления грунтов;

объемы работ и данные о контрольных выработках;

данные о количестве химических реагентов на одну заходку и на весь закрепляемый массив;

основные вопросы организации работ;

производство специальных работ;

календарный план и потребность в основном оборудовании и материалах;

техника безопасности;

особенности производства работ в зимних условиях;

контроль качества стабилизации.

6.11. В раздел Производство работ должны входить:

бурение скважин;

инъекция;

составы и свойства растворов;

исходные материалы для растворов;

приготовление растворов;

указания по режиму процесса стабилизации грунтов (удельные расходы и температуры применяемых растворов, давление и продолжительность нагнетания, порядок нагнетания реагентов, количество одновременно работающих инъекторов, решения по технологической последовательности работ, перечень и характеристика оборудования, указания по монтажу, а также потребность в рабочей силе и основных материалах),

6.12. Графическая часть проекта должна состоять из конструктивных чертежей и элементов организации работ.

6.13. Конструктивные чертежи должны содержать:

стройгенплан сооружения с нанесением основных параметров стабилизации;

продольный профиль и поперечные разрезы сооружений с указанием геологии;

схемы расположения инъекторов или рабочих и контрольных скважин с указанием их конструкций, глубин, диаметров и допустимых отклонений по направлению;

разрезы по отдельным сечениям с указанием направления забивки инъекторов, глубин их погружения, количества заходок и расположения их по глубине;

укрупненный план по элементам стабилизации;

таблицу объемов основных работ.

6.14. Чертежи организации работ должны содержать:

стройгенплан с перечнем оборудования для специальных работ и мероприятий, обеспечивающих его работу;

схемы установки и передвижения оборудования при сложных условиях работы (наклонные участки, стесненные условия и т.д.);

схемы удаления бурового шлама;

технологические схемы растворных трубопроводов;

календарный график, производительность основного оборудования и обоснование общего срока работ;

потребности и обеспечение работ электроэнергией, водой, сжатым воздухом, паром, канализацией и транспортом;

потребности в основном оборудовании (буровом, инъекционном и насосном) и материалах;

мероприятия по обеспечению работ в зимних условиях: способы бурения верхней промерзающей толщи грунта, утепление, оборудование на участке производства работ - буровые станки, насосы, трубопроводы;

совмещение работ по стабилизации с общестроительными;

передвижение буровых станков;

конструкцию и размещение инъекционных установок и растворных узлов.

6.15. В сметно-финансовый расчет должны входить: смета, калькуляция и единичные расценки.

Основные указания по проектированию

6.16. Глубина, объем и конфигурация закрепления назначаются на основании оценки инженерно-геологических условий площадки, величин и характера нагрузки.

6.17. Для предотвращения выбивания раствора с поверхности оставляется защитный слой грунта толщиной не менее 2 м.

6.18. Радиус закрепления грунта от одного инъектора назначается в зависимости от коэффициента фильтрации и уточняется по результатам опытных работ (таблица).

Зависимость радиуса стабилизации от коэффициента фильтрации грунта

Коэффициент фильтрации, 10^{-5} м/с	2-1	1-0,5	0,5-0,1
Радиус стабилизации, м	2-1,7	1,5-1,2	1,0-0,7

6.19. Для сплошной стабилизации массива грунта инъекторы или скважины располагаются в шахматном порядке. Расстояние между ними определяется по формуле:

$$d_1 = 1{,}5\,r, \qquad (1)$$

а расстояние между инъекторами или скважинами в ряду по формуле:

$$d_2 = 1{,}73\,r, \qquad (2)$$

где r - радиус стабилизации от одного инъектора или скважины.

6.20. Нагнетание раствора в грунт производится заходками. Величина одной заходки равна длине перфорированной части инъектора плюс 0,5 радиуса стабилизации при нагнетании растворов через инъектор. При нагнетании раствора через тампон величина одной заходки равна толщине слоя одинаковой проницаемости.

6.21. Стабилизация грунта заходками снизу - вверх производится:

при увеличении коэффициента фильтрации с глубиной;

при превышении коэффициента фильтрации в вертикальном направлении более чем в 1,5 раза горизонтального.

В однородных по проницаемости грунтах нагнетание можно производить заходками сверху-вниз.

6.22. Количество раствора аммиака рабочей концентрации, необходимое для стабилизации грунта через одну заходку, определяется по формуле:

$$Q_p = \pi \cdot r^2 \cdot \ell \cdot n \cdot a \cdot \kappa, \qquad (3)$$

где Q_p - объем раствора аммиака рабочей концентрации, м^3;

r - радиус закрепления, м;

ℓ - длина заходки, м;

n - пористость в долях единицы;

a - коэффициент, равный для лессов 0,8;

κ - коэффициент надежности (зависит от класса сооружения).

6.23. Количество концентрированного раствора аммиака, необходимое для стабилизации грунта на одну заходку, определяется по формуле:

$$Q_к = \pi r^2 \cdot \ell \cdot A, \qquad (4)$$

где A - расход концентрированного раствора аммиака на 1 м^3 грунта в м^3, зависит от пористости стабилизируемого грунта и плотности рабочего раствора.

6.24. Давление при нагнетании раствора аммиака должно быть менее предельного, при котором могут возникнуть разрывы закрепляемого пласта и прорывы раствора за пределы стабилизируемого контура, но не более 5 атм.

6.25. Прочность стабилизированного грунта назначается при проектировании, причем она должна начаться до 0,3 МПа.

6.26. В проекте стабилизации грунтов способом аммонизации могут быть предусмотрены дополнительные резервные скважины и инъекторы в количестве не более 10% их общего числа, определенного расчетом.

7. МАТЕРИАЛЫ

7.1. При химической стабилизации лессовых грунтов применяют водные растворы аммиака различной концентрации.

7.2. Аммиак доставляют к месту работы в виде водного раствора 25-30% -ной концентрации или в виде жидкого аммиака.

7.3. Промышленностью выпускается аммиак следующих марок: ТУ 9-77 (аммиак водный технический) и ГОСТ 6221-75 (аммиак жидкий синтетический).

7.4. Для закрепления грунтов применяют аммиачный раствор концентрацией от 3 до 8%.

7.5. Количество исходного концентрированного раствора аммиака $Q_к$, необходимое для приготовления заданного объема раствора рабочей концентрации, определяется по формуле:

$$Q_к = Q_р \frac{1-\rho_р}{1-\rho_к}, \qquad (5)$$

где $Q_р$ - объем раствора водного аммиака рабочей концентрации, л;

$\rho_к$ - плотность концентрированного раствора аммиака;

$\rho_р$ - плотность раствора водного аммиака рабочей концентрации.

Концентрации водного аммиака следует проверять ареометром (см. прил. I).

8. ОБОРУДОВАНИЕ

8.1. Выбор инъекционного оборудования должен производиться с учетом удельных расходов, давления и степени агрессивности химических растворов. Для инъекторов, погружаемых забивкой, должны приме - няться стальные цельнотянутые трубы с внутренним диаметром от 25 до 50 мм.

8.2. Для химической стабилизации грунтов используются:

при инъекции через скважины - буровые установки для бурения скважин, тампоны;

при инъекции через инъекторы - инъекторы; гидравлические домкраты грузоподъемностью 5-10 т для извлечения инъекторов.

Кроме того, для нагнетания раствора в грунт необходимы насосы, шланги, соединительные части, трубы, краны, контрольно-измерительная аппаратура (расходомеры, манометры, термометры, ареометры), закрытые емкости для хранения и приготовления растворов.

8.3. Для бурения скважин могут быть применены буровые установки различных типов, создающие вертикальные скважины диаметром не менее 50 мм, у которых стенки скважин не имеют повреждений:

станки шнекового бурения типа УГБ-50Г, БСН-24I и др;

станки колонкового бурения типа ЗИФ-I50, УГБ-5А/М.

8.4. Для нагнетания раствора в грунт могут быть использованы различные тампоны, обеспечивающие закачку раствора в скважину без выбивания раствора на поверхность (пневматические, гидравлические).

8.5. При закачке раствора через инъекторы могут быть применены инъекторы следующих типов:

инъектор с тампоном;

инъектор с перфорированным звеном.

8.6. Для погружения инъектора используются:

методом забивки - бетоноломы и пневматические молотки типа АМСП-5, СМ-2, ОМ-506;

методом задавливания - станки типа, ДПК, БТС-2 и др.

8.7. Керн отбирают буровыми станками типа ЗИФ-I50, ЗИФ-300 и др., диаметр образцов должен быть не менее I27 мм.

8.8. Для нагнетания раствора в грунт применяются консольные моноблочные насосы (типа ЗКМ-6), плунжерные насосы (типа ПС-4Б, НС-3, НД) и др., которые обеспечивают давление нагнетания до 5 атм и расход до 30 $м^3/ч$.

8.9. Для тампонирования скважин используют растворонасос с растворомешалкой.

8.I0. Контрольно-измерительная аппаратура включает:

расходомеры для жидкости (водомерные счетчики с расходом 3-I2 $м^3/ч$ к диаметру I"-2");

манометры с ценой деления не более 0,2 атм на I0 атм;

ареометры со шкалой 0,7-I,0 $г/см^3$ для измерения концентраций растворов;

термометры со шкалой до I00°С для измерения температуры химических растворов;

измерительные бачки.

8.II. Разводящая сеть состоит из труб стальных диаметром I,5 - - 3 мм для оборудования растворного узла, резиновых шлангов с внутренним диаметром 25 мм, рассчитанных на давление до I0 атм, частей для шлангов и насосов и инъекторов.

8.I2. Для хранения и приготовления растворов используются:

металлические емкости для чистой воды объемом 0,I-0,2 м^3;

металлические емкости для промывки инъекторов;

металлические емкости закрытые для приготовления и хранения растворов.

9. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

9.I. Химическая стабилизация лессовых грунтов производится в соответствии с проектом, изменения и отклонения от проекта допускаются только с ведома проектной организации и оформляются актом.

9.2. Основными элементами производства работ по химической стабилизации водными растворами аммиака являются: бурение скважин или погружение инъекторов, приготовление раствора водного аммиака рабочей концентрации, нагнетание растворов, извлечение тампонов или инъекторов, тампонирование скважин.

9.3. Работы по стабилизации могут быть начаты при условии наличия специально обученной бригады (4-6 человек), обеспеченной необходимым оборудованием и материалами.

9.4. Перед производством работ необходимо:

оборудовать места подключения к электросети и водопроводу;

доставить и разместить оборудование и аммиак;

провести разбивку мест бурения скважин, предварительно согласовав с лицами, ответственными за подземные коммуникации;

опробовать в производственных условиях смонтированные коммуникации, инъекторы, тампоны и установку для нагнетания растворов.

Бурение скважин

9.5. Разбивку мест размещения скважин и забивных инъекторов следует производить от основных осей сооружений с допустимыми отклонениями $\pm$ 5 см. Для бурения скважин и погружения инъекторов в грунт следует принимать меры, предупреждающие отклонения скважин и инъекторов от проектного направления путем установки кондукторов.

Максимальные отклонения должны не превышать 1% при глубине до 40 м и 3% - при большей глубине.

9.6. Способ погружения инъекторов в грунт (забивка с поверхности или погружение в заранее пробуренные скважины), а также порядок нагнетания растворов по глубине назначаются проектом.

9.7. Скважины диаметром 68-127 мм пробуривают буровой установкой, обеспечивающей получение скважины, удовлетворяющей проектным требованиям.

9.8. В процессе бурения следует контролировать вертикальность скважины.

9.9. Вынутый шнеками грунт следует использовать для тампонирования скважин.

9.10. После окончания бурения скважину следует очистить от насыпного грунта путем неоднократного погружения и извлечения шнеков или специальных стаканов. В случае затирания стенок скважин необходимо предусмотреть меры по рассечке стенок.

9.11. Необходимо исключить длительные перерывы между бурением скважин и нагнетанием в них раствора ввиду разрушения стенок скважин.

9.12. Во избежание выбивания раствора на поверхность должен быть оставлен слой толщиной не менее 1,5 принятого радиуса стабилизации.

Погружение и извлечение инъекторов

9.13. В зависимости от геологических условий площадки и применяемой конструкции погружение инъекторов в грунт может осуществляться одним из следующих двух приемов:

забивкой отбойным молотком на глубину до 10 м;

задавливанием.

9.14. В процессе погружения инъекторов в грунт необходимо вести журнал , в котором следует отмечать номер скважины, глубину погружения инъектора и первого манжета.

Приготовление раствора

9.15. Для приготовления рабочего раствора используется жидкий аммиак или аммиак водный технический.

9.16. Соответствие аммиака ГОСТу или ТУ проверяется в лаборатории путем анализа проб из каждой поступающей на площадку партии.

9.17. Концентрация аммиака в растворе проверяется ареометром.

9.18. При приготовлении рабочего раствора следует использовать водопроводную воду.

9.19. Емкости для приготовления рабочего раствора должны обеспечивать непрерывное производство работ.

9.20. Перемешивание раствора производится циркуляцией насосом, причем вход и выход должны быть расположены в разных частях емкости.

Нагнетание раствора

9.21. Обработка массива грунта по глубине зависит от способа погружения инъектора, характера и степени однородности грунта по водопроницаемости. Очередность обработки скважин устанавливается проектом.

9.22. Давление при нагнетании растворов в одну заходку устанавливается проектом и корректируется пробным нагнетанием раствора в грунт.

9.23. Давление при нагнетании раствора должно быть менее предельного, при котором могут возникнуть разрывы закрепляемого грунта и прорывы раствора за пределы закрепляемого контура.

9.24. Нагнетание раствора через инъекторы и тампоны, установленные в скважинах, производится заходками.

9.25. Порядок нагнетания по заходкам следующий. Бурится скважина до нижней отметки первой заходки, тампон устанавливается ниже защитного слоя, производится инъецирование первой заходки. Затем скважина бурится до нижней отметки второй заходки, производится инъецирование второй заходки и т.д.

9.26. Нагнетание раствора через инъектор производится после забивки инъектора на проектную глубину.

9.27. Норма раствора, нагнетаемого в заходку, контролируется по объему.

9.28. Давление при нагнетании раствора устанавливается проектом и корректируется при пробном нагнетании в грунт.

9.29. Нагнетание раствора ведется следующим образом:

открывается задвижка подачи раствора к инъектору и при плавном подъеме давления от 0 до проектного производится нагнетание раствора по режиму, отработанному при контрольном закреплении.

9.30. Нагнетание раствора можно проводить одновременно через несколько инъекторов. Расстояние между ними должно быть не менее пяти радиусов стабилизации.

9.31. Если при нагнетании раствор выбивается на поверхность, инъецирование прекращается, выясняются причины утечек раствора и принимаются меры по их устранению.

9.32. Если при нагнетании раствора в грунт обнаруживаются разрыхленные зоны или пустоты (значительно понижается давление при увеличении поглощения раствора), его необходимо прекратить. Разрыхленные зоны и пустоты должны быть затампонированы путем нагнетания под давлением цементного или цементно-глинистого раствора.

9.33. После окончания нагнетания давление в системе должно быть постепенно снижено до нуля. Только после этого разрешается отсоединять шланг от инъектора. Резкое снижение давления ведет к забивке инъектора грунтом.

9.34. Для тампонирования скважин в растворомешалке готовится цементно-глинистый раствор текучей консистенции. Готовый раствор насосом подается в скважину.

9.35. В конце каждой смены все оборудование промывается водой. Инъекторы прочищаются и промываются сразу после их извлечения из грунта.

9.36. Технический осмотр насосов производится ежедневно.

10. ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С АММИАКОМ

10.1. Стабилизация грунтов водными растворами аммиака является специальным видом работ. При ее выполнении необходимо соблюдать правила техники безопасности на общестроительные работы (глава СНиП III-4.II-80), а также общие правила содержания и обслуживания компрессорных, гидравлических и электрических установок и электросети.

10.2. Производство работ в стесненных условиях, закрытых помещениях должно производиться с применением вентиляции. Расчет вентиляции производится по нормам для горных выработок.

10.3. При нагнетании и приготовлении растворов не следует проливать их на землю. При случайном попадании химикатов смоченный участок должен быть присыпан слоем грунта толщиной 5-10 см.

10.4. Рабочие, занятые на работах по стабилизации, должны быть обеспечены спецодеждой (брезентовый костюм, резиновая обувь, рукавицы) и защитными очками.

10.5. К работе могут быть допущены только лица, прошедшие курс обучения безопасным методам труда. Программа обучения должна включать следующие разделы:

общестроительные работы;

электрические установки и электросети;

правила устройства, содержания и обслуживания воздушных компрессоров, сосудов и воздуховодов, работающих под давлением;

требования по технике безопасности при работе с химическими растворами.

После проверки знаний по технике безопасности всему обслуживающему персоналу выдаются удостоверения.

10.6. При попадании раствора аммиака на тело следует смыть раствор теплой водой. При попадании раствора в глаза необходимо тщательно промыть глаза сначала теплой водой, а затем 2%-ным раствором борной кислоты, после чего немедленно обратиться к врачу.

10.7. Установка для закачки водного раствора аммиака должна быть оборудована углекислотным или пенным огнетушителем и бачком с водой емкостью не менее 10 л, использование которой для питья, мытья рук и других целей запрещается.

10.8. Оператор должен иметь при себе фильтрующий противогаз с коробкой "КД" или "М", резиновые перчатки и прорезиненный фартук.

10.9. Оператор перед началом работ обязан осмотреть оборудование, проверить герметичность емкостей, контрольно-измерительные приборы, насосы, резиновые рукава и инъекторы.

10.10. Работы по инъекции аммиака должны быть немедленно прекращены в случае повреждения шлангов или пропуска аммиака при нарушении герметичности.

10.11. В случае аварии (разрывов шлангов и т.д.) оператор обязан:

выйти в безопасную зону (в наветренную сторону) и надеть сред-

ство индивидуальной защиты. При значительных пропусках аммиака следует надеть противогаз до выхода в безопасное место;

при разрыве рукавов немедленно перекрыть расходный вентиль;

принять меры к удалению людей из опасной зоны;

сообщить лицу, ответственному за исправное состояние оборудования, об аварии;

по возможности принять меры к устранению выявленных неисправностей оборудования.

10.12. Запрещается оставлять без надзора оборудование с емкостями, заполненными аммиаком.

10.13. Во избежание химического разрушения запрещается применять в механизмах и трубопроводах для закачки аммиака детали из меди или ее сплавов.

11. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ДОКУМЕНТАЦИЯ

11.1. В процессе производства работ по стабилизации аммиачными растворами ведется постоянный контроль качества аммиачного раствора (концентрация, чистота, температура), режима нагнетания и качества стабилизации грунта. При инъецировании раствора аммиака давление нагнетания должно обеспечивать проектный расход раствора.

11.2. Качество и размеры зоны стабилизированного грунта (прочность, монолитность и водопроницаемость) в зависимости от назначения следует проверять одним или сочетанием нескольких методов:

бурением контрольных скважин диаметром не менее 127 мм с отбором кернов;

вскрытием шурфов с отбором образцов и описанием характера закрепления;

определением водопроницаемости или удельного водопоглощения;

наблюдением за изменением режима грунтовых вод;

электроразведкой (вертикальное зондирование или электропрофилирование);

электрометрией скважин;

пенетрацией (вскрытые основания и фундаменты).

11.3. Число контрольных скважин должно составлять 5-10% скважин или точек инъекции, а число шурфов назначаться из расчета одного шурфа на 500-1000 м^3 стабилизированного грунта. Места расположения

контрольных выработок и их глубина устанавливаются заказчиком.

II.4. К контрольному бурению и вскрытию шурфов приступают не менее чем через 3 месяца после окончания работ по стабилизации.

При бурении и вскрытии шурфов отбирают образцы закрепленного грунта с указанием мест отбора для последующих их испытаний. Монолиты и керны стабилизированного грунта покрывают парафином во избежание высушивания. Образцы испытывают в лаборатории на одноосное сжатие и водоустойчивость по агрегатному составу.

II.5. Общий эффект от химической стабилизации грунтов оснований существующих зданий оценивается по результатам наблюдений за осадками фундаментов.

II.6. При производстве работ по стабилизации грунтов должны составляться следующие документы, предъявляемые при сдаче работ:

планы и профили стабилизированного массива с обозначением места положения инъекторов;

журнал работ по стабилизации грунтов;

данные контрольных испытаний образцов;

данные анализа аммиачного раствора;

данные наблюдений за осадками фундаментов.

Пример стабилизации

Требуется запроектировать стабилизацию основания под фундамент сооружения промышленного здания в лессовидных грунтах II типа по просадочности с применением способа аммонизации.

Расчетная нагрузка на грунт составляет 0,16 МПа, модуль деформации 17 МПа, ширина здания 20 м, длина 80 м.

Геологические условия площадки характеризуются следующим напластованием грунтов: сверху на глубину 16 м залегают лессовидные просадочные суглинки, которые подстилаются плотными глинами. Плотность просадочных суглинков равна 1,7 г/см^3, влажность 0,16, пористость 0,45, степень влажности 0,55. Емкость поглощения в 1 н. растворе едкого натрия составляет 23 мг - экв. на 100 г сухого грунта. В водонасыщенном состоянии модуль деформации 6 МПа, прочность 0,04 МПа. Минимальный коэффициент фильтрации 0,4 $\times$ 10^{-5} м/с.

Грунт в естественном состоянии имеет расчетные характеристики значительно ниже требуемых по проекту. Минимальный коэффициент фильтрации 0,4 х 10^{-5} м/с больше 10^{-6} м/с, степень влажности 0,55<0,8

(см. п.2.4), а емкость поглощения в I н. растворе едкого натрия на I00 г сухого грунта 23 > I5 мг-экв. (см. п.2.5). Стабилизация лессового грунта проводится раствором аммиака.

Для уточнения технологических параметров стабилизации назначают полевую опытную стабилизацию. Раствор 3-, 5-, 7%-ной концентрацией нагнетают через инъекторы, забитые в трех точках (вершины треугольника) на расстоянии 2 м один от другого (см. 2.5). Пропитку массива осуществляют сверху вниз двухметровыми зонами. Через 3 мес. после нагнетания раствора проходят шурф квадратного сечения со стороной 2 м) на глубину стабилизации с отбором монолитов, затем определяют радиус закрепления и т.д. Монолиты испытывают в лаборатории для получения необходимых расчетных характеристик стабилизированного грунта.

По результатам опытных работ расчетные значения стабилизированного грунта в водонасыщенном состоянии следующие: прочность 0,I0, 0,I5, 0,20 МПа; модуль деформации I2, I6, I9 МПа при концентрации аммиака в водном растворе соответственно 3,5,7%. При давлении 0,4 МПа просадки грунта не выявлены.

На основании заданных значений характеристик грунта и полученных в результате полевых опытных работ концентрация аммиака в водном растворе принимается равной 8%. При инъекции радиус распространения раствора равен I,I м, давление разрыва грунта 2,7 атм. Во время инъекции растворов выделены два различных по проницаемости слоя: верхний с меньшей проницаемостью и нижний - с большей.

Расчет параметров стабилизации выполняется в следующем порядке:

I. Так как грунт II типа по просадочности, аммонизация выполняется на всю толщу просадочного грунта инъекционным способом с помощью пробуренных скважин, оборудованных специальным тампоном.

2. Для исключения разрывов грунта давление нагнетания принимается равным 2,5 атм. Радиус распространения раствора составляет I,I м. Толщина защитного слоя 2 м (см. п.6.I7). Закачку скважин проводят двумя зонами сверху - вниз. Длина верхней зоны 9 м (малопроницаемый слой), длина нижней зоны 7 м (слой с бо́льшей проницаемостью).

3. Так как размеры сооружения в плане 20х80 м^2, примем участок для закрепления грунта равным 24 х 84 м^2 (выходит за контур здания с каждой стороны на два метра).

4. Для образования сплошного закрепленного массива скважины располагают в шахматном порядке. Расстояние между рядами вычислим

по формуле:

$$a_1 = 1{,}5\,r = 1{,}5 \times 1{,}1 = 1{,}65 \text{ м.}$$

Определим расстояние между скважинами:

$$a_2 = 1{,}73\,r = 1{,}73 \times 1{,}1 = 1{,}903 \text{ м.}$$

В расчетах расстояние между рядами принимается равным 1,6 м, а между скважинами - 1,9 м.

5. Подсчитаем число скважин, необходимых для закрепления массива

$$N = \frac{24}{1{,}6} \times \frac{84}{1{,}9} = 675 \text{ скв.}$$

6. Количество раствора на одну скважину рассчитаем по формуле:

$$Q_{р.скв.} = \pi \cdot r^2 \cdot \ell \cdot n \cdot \alpha \cdot K = 3{,}14 \times 1{,}1^2 \times 18 \times 0{,}45 \times 0{,}7 \times 1 = 21{,}5 \text{ м}^3.$$

Расход раствора на весь объем стабилизируемого грунта равен:

$$Q_р = 1{,}1 \times N \times Q_{р.скв.} = 1{,}1 \times 675 \times 21{,}5 = 15964 \text{ м}^3;$$

1,1 - коэффициент, учитывающий потери жидкого аммиака при его транспортировке и производстве работ.

7. Необходимое количество жидкого аммиака определяем по формуле:

$$Q_к = Q_р \cdot \frac{1-\rho_р}{1-\rho_к} = 15964 \times \frac{1-0{,}965}{1-0{,}670} = 1433 \text{ т,}$$

где $\rho_р$ - плотность водного раствора аммиака 8%-ной концентрации;

$\rho_к$ - плотность водного раствора жидкого аммиака при температуре + 20°С.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ РАСТВОРОВ АММИАКА

Таблица I. Плотность водного раствора аммиака

Плотность, г/см³, $\frac{20^0}{4^0}$ С	Содержание NH_3, г	
	в I00 г	в I л
0,994	I	9,94
0,990	2	I9,79
0,98I	4	39,24
0,973	6	58,38
0,965	8	77,2I
0,958	I0	95,75
0,950	I2	II4,0
0,943	I4	I32,0
0,936	I6	I49,8
0,930	I8	I67,3
0,923	20	I84,6
0,9I6	22	20I,6
0,9I0	24	2I8,4
0,904	26	235,0
0,898	28	25I,4
0,892	30	267,6

Таблица 2. Плотность жидкого аммиака в зависимости от температуры

Температура, °С	Плотность, г/см³
-70	0,7253
-50	0,7020
-30	0,6776
-I0	0,6520
0	0,6386
+I0	0,6247
+20	0,6I03
+30	0,5952

Продолжение таблицы 2

Температура, °С	Плотность, г/см³
+40	0,5795
+50	0,5629

Таблица 3. Коэффициенты растворимости жидкого аммиака в зависимости от температуры

Температура, °С	Коэффициент растворимости
0	1186
2	1125
4	1067
6	1010
8	957
10	903
14	852
16	763
18	721
20	683
25	602
30	539
45	409
50	375
60	255
70	203
80	150
90	98

Таблица 4. Поправки значений плотности раствора аммиака в зависимости от температуры (в интервале температур 15-25°С)

Плотность, г/см³, при 20°С	Поправка на 1°С
0,99	0,0002
0,95	0,0003
0,92	0,0005
0,90	0,0006

Таблица 5. Разбавление раствора аммиака плотностью 0,880 г/см^3

К 100 объемам воды прибавляют X объемов раствора аммиака плотностью 0,880 г/см^3 (35% по весу) и получают раствор аммиака плотностью d (при комнатной температуре).

d	0,98	0,97	0,94	0,92	0,90
X	18	45	92	187	433

Таблица 6. Давление паров аммиака над водным раствором, мм рт.ст., в зависимости от температуры

Концентрация $N H_3$,%	0°C	+10°C	+20°C	+30°C	+40°C
5	14,61	27,06	81,78	81,0	131,8
10	28,79	51,42	87,8	143,9	227,5
15	49,79	85,95	142,9	228,7	353,5
20	81,75	138,8	224,7	251,6	543,0
25	127,5	209,5	335,5	315,3	766,9

Приложение 2

Определение емкости поглощения лессовых грунтов в щелочном растворе

Для установления прогноза эффективности закрепления лессовых грунтов определяют величину их емкости поглощения в щелочном растворе по следующей методике.

Лессовые грунты, доведенные до воздушно-сухого состояния, растирают резиновым пестиком в фарфоровой ступке и просеивают через сито с отверстиями в 1 мм. Из подготовленного грунта берут навеску в виде средней пробы в 50 г, которую помещают в коническую колбу объемом 250-300 мм и заливают из пипетки 1 н. раствором едкого натрия в объеме 50 мл. Суспензию в течение 1 мин взбалтывают, затем 2-3 мин отстаивают, после чего отфильтровывают через складчатый фильтр. Из фильтрата отбирают пипеткой пробу объемом 15-20 мл и титруют по фенолфталеину 1 н.раствором соляной кислоты.

Уменьшение концентрации раствора едкого натрия, выраженное в мг-экв, на 100 г грунта, представляет величину емкости поглощения грунта. В расчете необходимо учитывать, что 1 мл 1 н. раствора щело-

чи соответствует I мг-экв. Расчет емкости поглощения П, мг-экв. на I00 г сухого грунта, ведут по формуле

$$П = \frac{(a N_{щ} - б N_{к}) \times K \times 100}{P} \times \frac{100}{100 - W},$$

где a - количество фильтрата, взятое для определения, мл;

$б$ - количество кислоты, использованной на титрование, мл;

$N_{щ}$ - нормальность раствора щелочи ($NaOH$);

$N_{к}$ - нормальность раствора кислоты (HCl);

K - коэффициент перевода на весь объем $NaOH$;

P - навеска грунта, г;

W - гигроскопическая влажность грунта, %.

Активные грунты, которые поддаются стабилизации, - лессовые грунты с емкостью поглощения в I н. щелочном растворе не менее I5 мг-экв. на I00 г сухого грунта.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3
2. Область применения 4
3. Изыскательские работы 5
4. Лабораторные исследования грунтов 6
5. Полевые опытные работы 8
6. Состав проекта. 8
7. Материалы 14
8. Оборудование. 14
9. Производство работ. 16
10. Требования по технике безопасности при работе с аммиаком 19
11. Контроль качества и документация. 21
Пример стабилизации. 22
Приложение 1. Основные параметры для растворов аммиака 25
Приложение 2. Определение емкости поглощения лессовых грунтов в щелочном растворе 27

Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СПОС

Отдел патентных исс
информации

Зав.отделом Б.И.Ку
Редактор Л.В.Пузан

Л 101234. Подп.к
Формат 60x90 1/16. Бум
Уч.-изд.л. 1,91. Тир

Производственные з
Госстроя СССР

121471, Москва, Можайск

gost.e-ecolog.ru