ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ЗАКРЕПЛЕНИЮ НЕКАРБОНАТНЫХ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ПРИ ПРОХОДКЕ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК

СИ
МОСКВА—1973

gost.e-ecolog.ru

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ЗАКРЕПЛЕНИЮ НЕКАРБОНАТНЫХ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ПРИ ПРОХОДКЕ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК

МОСКВА
СТРОЙИЗДАТ
1973

УДК 624.138.4:624.131.212

Рекомендации по закреплению некарбонатных песчаных грунтов при проходке подземных выработок. М., Стройиздат, 1973, 31 с. (Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений Госстроя СССР).

В Рекомендациях изложены способы получения новых гелеобразующих растворов для глубинного закрепления грунта на основе нетоксичной карбамидной смолы — крепителя М-3, сульфитно-спиртовой барды и азотнокислого аммония, используемого в качестве стабилизатора.

Разработанные в Институте оснований гелеобразующие растворы с применением нетоксичной карбамидной смолы позволяют рекомендовать их для закрепления грунта при проходке подземных выработок.

При разбавлении смол кислыми растворами сульфитно-спиртовой барды стоимость гелеобразующего раствора снижается более чем на 25% по сравнению с разбавленными водой смолами при одинаковой прочности закрепления грунта.

В подразделе «Оборудование» приведены для нагнетания растворов новые марки насосов серии НД с подачей, регулируемой в широких диапазонах, а также предназначаемое для извлечения инъекторов устройство, основанное на использовании гидроцилиндров типа Э25-15.

Табл. 5.

© Стройиздат, 1973

Р $\frac{0324—527}{047(01)—73}$ Инструкт.-нормат., I вып.—19—73

ПРЕДИСЛОВИЕ

Способ закрепления песчаных грунтов карбамидной смолой марки КМ (крепитель М) нашел широкое применение в практике строительства для усиления несущей способности грунта в основании фундаментов.

При проходке выработок, особенно подземных, применение крепителя М, в котором содержание свободного формальдегида составляет до 3,5%, нежелательно. При разработке грунта, закрепленного крепителем М, количество выделяющегося формальдегида значительно превышает предельно допустимую норму.

В настоящее время выпускается нетоксичная смола — крепитель М-3, содержание свободного формальдегида в которой составляет всего 0,5—0,3%.

В соответствии с общим планом работ в данных Рекомендациях излагаются технология закрепления и рецептуры гелеобразующих растворов, составленные на основе крепителя М-3, сульфитно-спиртовой барды, а также азотнокислого аммония в качестве стабилизатора.

Возросший за последнее время объем работ по строительству подземных сооружений в застроенных городских массивах (станции и тоннели метрополитенов, коллекторы, переходы и т. п.) вызывает необходимость производства работ по искусственному закреплению грунтов при их устройстве.

Приводимые здесь рецептуры на основе крепителя М-3, разработанные в лаборатории закрепления грунтов НИИ оснований и подземных сооружений, позволяют расширить область применения мочевиноформальдегидных смол в строительной практике, используя их как при закреплении грунтов в основании зданий и сооружений, под коммуникациями, создании подпорных стенок и т. д., так и при проходке в закрепленном грунте различного рода подземных выработок.

В основу Рекомендаций положены результаты лабо-

раторных и полевых опытных работ, проведенных НИИ оснований за период 1970—1971 гг.

Рекомендации составлены канд. техн. наук Н. А. Блескиной и инж. Горловым В. С. под руководством д-ра техн. наук Б. А. Ржаницына и д-ра техн. наук В. Е. Соколовича.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие рекомендации следует применять при проектировании инъекционных работ при проходке подземных выработок для закрепления сухих и водонасыщенных грунтов с коэффициентом фильтрации 0,3—50 *м/сут*.

1.2. В рекомендациях наряду с известными приводятся новые составы гелеобразующих растворов, состоящие из раствора карбамидных смол с пониженным содержанием формальдегида, раствора сульфитно-спиртовой барды и раствора азотнокислого аммония в качестве стабилизатора.

Прочность на одноосное сжатие песчаных грунтов, обработанных рекомендуемыми растворами, составляет от 5 до 50 *кгс/см*^{2}.

1.3. Закреплению рекомендуемыми составами подлежат песчаные грунты с незначительным содержанием карбонатов (не более 0,1% по весу). При содержании карбонатов от 0,1 до 3% необходима предварительная обработка песчаного грунта раствором соляной кислоты 3—7%-ной концентрации.

2. ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ И СОСТАВ ПРОЕКТА

2.1. Для установления целесообразности закрепления грунта в конкретных условиях его залегания следует представлять следующие материалы:

а) конструктивные чертежи существующих зданий и план их размещения с отметками заложения фундаментов;

б) планы и разрезы подземных коммуникаций в районе строительства с отметками;

в) инженерно-геологические и гидрогеологические исследования с целью выявления геологического строения и залегания грунтов, подлежащих закреплению (уровень грунтовых вод, коэффициент фильтрации грунта, направление и скорость грунтового потока).

2.2. Для определения возможности закрепления грунта химическими растворами проводятся:

а) полевые и лабораторные исследования;

б) опытные работы на стройплощадке.

Полевые и лабораторные исследования

2.3. Полевые работы проводятся с целью:

а) уточнения геологических и гидрогеологических условий;

б) отбора образцов грунта и проб грунтовых вод, анализа их в лаборатории;

в) определения интенсивности поглощения растворов грунтом.

2.4. Лабораторными исследованиями грунтов устанавливается:

а) гранулометрический состав;

б) пористость;

в) коэффициент фильтрации (методом Каменского в трубке);

г) химический состав грунтовых вод и карбонатность грунтов (приложение 2);

д) возможность закрепления грунта смолами (приложение 3);

е) прочность и водоустойчивость закрепленного грунта;

ж) состав закрепляющего материала (рецептура).

2.5. Опытные работы по химическому закреплению грунтов производятся с целью уточнения радиуса закрепления и соответствующей ему нормы закачки растворов, единичного расхода, давления и продолжительности нагнетания в одну заходку.

Опытное закрепление грунтов осуществляется путем нагнетания гелеобразующего раствора смолы через 2—3 инъектора, забиваемые в подлежащие закреплению слои (см. приложение 1). Через 7 суток после нагнетания производятся проходка шурфа или бурение скважин и отбор образцов закрепленного грунта. Затем закрепленные образцы испытываются в лаборатории на прочность и водоустойчивость. Испытание закрепленного грунта на прочность производится раздавливанием на прессе кубических образцов размером $7 \times 7 \times 7$ *см*.

Водоустойчивость закрепленного грунта определяется обычным испытанием образцов на размокание в воде.

Закрепленные образцы грунта хранятся в воздушно-

влажных условиях (в эксикаторе над водой или во влажном песке).

2.6. Проект по закреплению грунтов смолами должен содержать:

а) планы, разрезы, конфигурацию и объем закрепленного массива;

б) план расположения отдельных инъекторов, глубину забивки и конструкцию скважин в случае бурения через фундамент или труднопроходимые забивкой грунты, а также количество заходок и их расположение по глубине;

в) данные об объеме работ по смолизации и о контрольных выработках;

г) данные о количестве химических растворов, закачиваемых в одну заходку и в весь закрепляемый массив;

д) данные о величине давления и продолжительности нагнетания химических растворов;

е) требования к грунту, закрепленному смолой — прочность, монолитность, водоустойчивость, водонепроницаемость и др.;

ж) схему организации производства работ (порядок нагнетания растворов, количество одновременно работающих инъекторов, перечень и характеристику оборудования, указания по монтажу, а также потребность в рабочей силе и основных материалах);

з) смету, калькуляцию и единичные расценки;

и) данные общестроительного характера по транспорту, вспомогательным устройствам, мероприятиям в зимнее время и пр.;

к) календарный план.

Указания по проектированию

2.7. Радиус закрепления r назначается в зависимости от проницаемости грунта.

Коэффициент фильтрации, *м/сут*	Радиус закрепления грунта, *м*
0,3—1	0,3—0,5
1—5	0,5—0,65
5—10	0,65—0,85
10—20	0,8—0,95
20—50	0,9—1,0

Радиус закрепления можно определять по формуле

$$r = \sqrt{\frac{Q\,\tau \cdot 100}{\pi\, l\, n}},$$

где Q — интенсивность поглощения раствора грунтом или расход, *м³/мин*;

τ — время закачки раствора, *мин.*;

l — величина заходки, равная 1 *м*;

n — пористость, %.

Для грунтов с коэффициентом фильтрации 1—10 *м/сут* время закачки взято равным 90 *мин*, а для грунтов, имеющих коэффициент фильтрации 10—50 *м/сут*, — 60—40 *мин* $\tau = t \cdot a$, где τ — время закачки, *мин.*; t — время гелеобразования, *мин.*; a — коэффициент запаса, равный 0,8.

2.8. Количество химических растворов X в *л*, необходимое для закрепления грунтов, определяется по формуле

$$X = 10 v n,$$

где v — объем закрепляемого грунта, *м³*;

n — пористость грунта, %;

10 — коэффициент размерности.

Количество раствора в *л* на одну заходку определяется по формуле

$$v = \pi r^2 l n \cdot 10.$$

2.9. Расход раствора рекомендуется назначать в зависимости от коэффициента фильтрации, учитывая при этом период времени гелеобразования.

Коэффициент фильтрации, *м/сут*	**Расход раствора**, *л/мин*
0,3—5	1—5
5—10	5—10
10—20	10—15
20—50	15—30

Давление при установившемся режиме нагнетания растворов должно быть не более 5 *атм*.

Объем растворов, закачиваемых на одну заходку, и время закачки корректируются при проведении опытных работ (приложение 1).

2.10. Значение вязкости гелеобразующих растворов колеблется в пределах от 2 до 25 *спз*.

Песчаные грунты, имеющие коэффициент фильтрации 0,3—10 *м/сут*, рекомендуется закреплять растворами с низкой вязкостью от 2 до 10 *спз*, а песчаные грунты с коэффициентом фильтрации 10—50 *м/сут* — растворами вязкостью 10—25 *спз*.

2.11. Прочность закрепленного грунта при одноосном сжатии в зависимости от концентрации смолы, коэффициента фильтрации грунта и степени его плотности колеблется от 5 до 50 *кгс/см*^{2}.

2.12. Для монолитного закрепления грунтов инъекторы в плане располагаются рядами в шахматном порядке.

Расстояние между рядами инъекторов определяется по формуле

$$a = 1{,}5\,r \ м.$$

Расстояние между инъекторами в ряде вычисляется по формуле

$$b = 1{,}73\,r \ м.$$

2.13. Для закрепления грунтов при проходке подземных выработок инъекторы располагаются согласно примерным схемам, показанным на рис. 1.

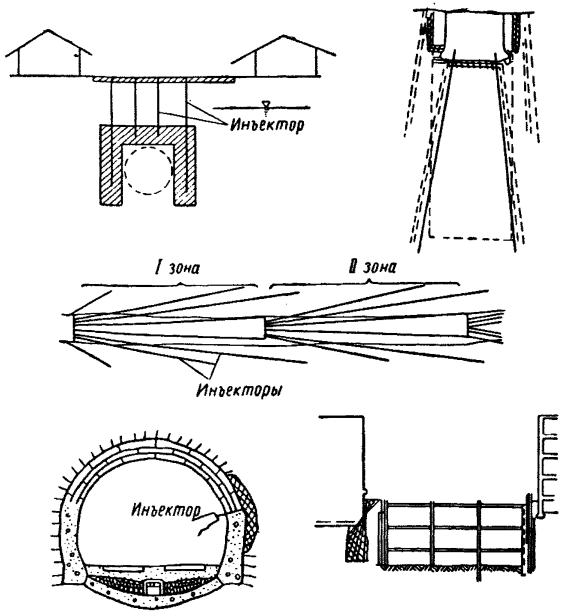


Рис. 1. Расположение инъекторов при закреплении выработок

2.14. Закрепление грунтов (нагнетание растворов) одним инъектором по глубине выполняется отдельными зонами, называемыми «заходками».

Величина одной заходки по глубине равна длине перфорированной части инъектора плюс 0,5 *r*.

2.15. В зависимости от геологических условий площадки погружение инъекторов в грунт может осуществляться одним из следующих трех технологических приемов:

а) забивкой при глубинах погружения менее 15 *м*, если выше области закрепления залегают рыхлые грунты (песок, гравий и др.);

б) опусканием в предварительно пробуренные скважины до глубины на 1—1,5 *м* выше зоны закрепления с последующей забивкой, если выше закрепляемого массива залегают связные или крупнообломочные грунты, которые трудно пройти забивкой; при этом пространство между глухими трубами инъекторов и стенками скважин тампонируется глиной с песком;

в) опусканием в скважины на всю глубину закрепления, если забивка на такие глубины окажется невозможной или встретит большие трудности.

2.16. Порядок нагнетания растворов устанавливается в зависимости от способа погружения инъекторов и степени однородности грунтов по водопроницаемости.

В однородных по водопроницаемости грунтах нагнетание растворов следует производить заходками сверху вниз при погружении инъекторов забивкой и снизу вверх — при погружении инъекторов в предварительно пробуренные скважины.

В неоднородных по водопроницаемости грунтах, отличающихся более чем на 30%, порядок нагнетания растворов определяется согласно правилу: слой грунта с большей водопроницаемостью закрепляется в первую очередь.

2.17. Работы по смолизации допускается вести при температурах грунтов в области закрепления не ниже +1°С; в зимнее время при более низких температурах для этого используют специально оборудованные тепляки, в которых поддерживается постоянная положительная температура.

Оборудование

2.18. При закреплении грунтов смолами применяются следующие оборудование и аппаратура:

а) инъекторы и насосы для нагнетания растворов в грунты;

б) пневматические молотки, бетоноломы типа ЭС-358 для забивки инъекторов;

в) шнековый станок БСН-241 для бурения скважин.

г) шарнирный станок грузоподъемностью около 10 *т* (конструкции А. Г. Медведева) или приспособление (рис. 2), выполненное в НИИ оснований на основе гидравлических домкратов типа Э25-15 для извлечения инъекторов из грунта;

д) разводящая сеть (шланги, соединительные части, краны);

е) контрольно-измерительная аппаратура (манометры, ареометры, термометры и др.);

ж) бачки для приготовления и хранения растворов;

з) компрессорная установка для питания пневматических молотков.

2.19. Инъекторы для смолизации изготавливают из стальных цельнотянутых труб с внутренним диаметром от 19 до 42 *мм* и толщиной стенок не менее 5 *мм*.

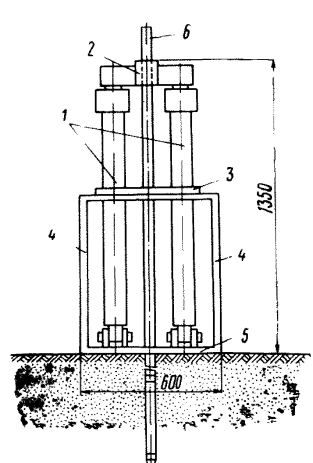


Рис. 2. Устройство для извлечения инъекторов

1 — гидроцилиндры; *2* — зажим; *3* — направляющие устройства; *4* — рама; *5* — площадка; *6* — инъектор

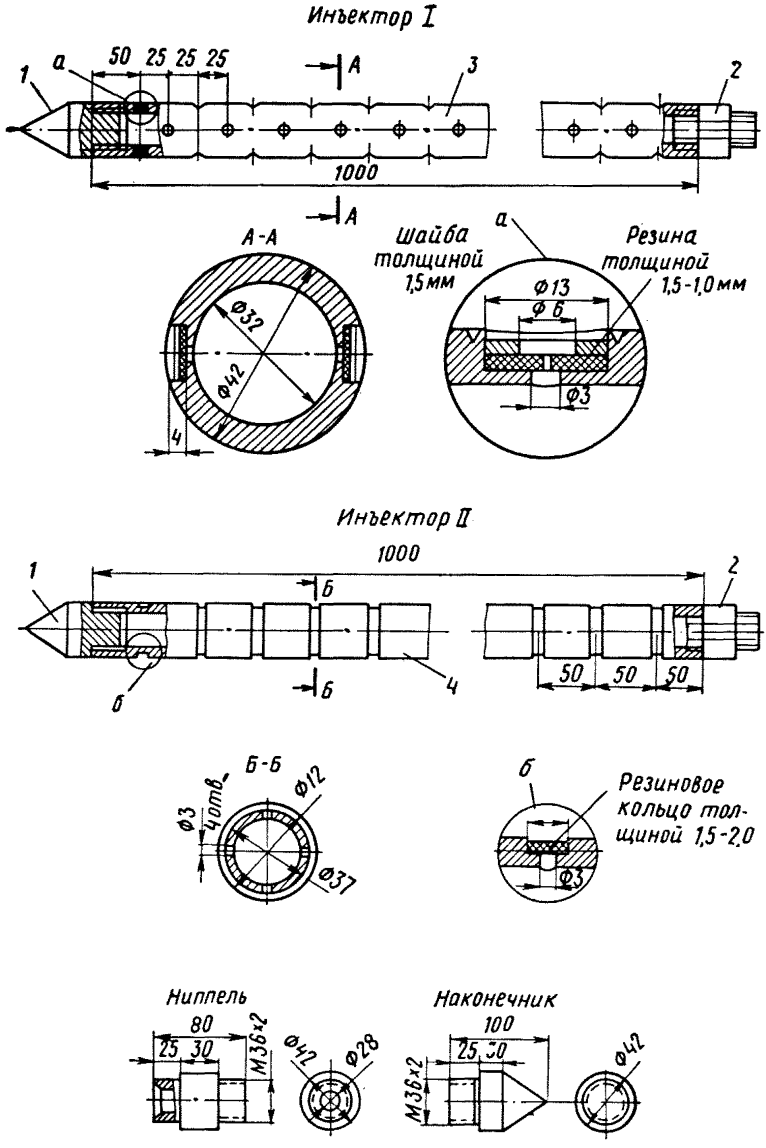


Рис. 3. Инъекторы *I* и *II* для смолизации песчаных грунтов
1 — наконечник; *2* — ниппель; *3* и *4* — перфорированные звенья

Инъектор состоит из наголовника, колонны глухих звеньев труб, перфорированного звена, наконечника и соединительных частей.

При забивке инъектора временно устанавливают упрощенный наголовник без деталей.

Колонну глухих труб инъектора составляют из звеньев длиной 1—1,5 *м*, имеющих на концах внутреннюю метрическую резьбу на длине 35 *мм*. Звенья труб соединяют ниппелем.

Перфорированное звено инъектора должно иметь длину 0,5—1,5 *м* и отверстия диаметром 2—3 *мм*.

На рис. 3 представлены инъекторы двух типов. Инъектор первого типа изготовлен из цельнотянутой толстостенной трубы, по периметру которой выполнены отверстия диаметром 3 *мм*, расположенные четырьмя рядами в шахматном порядке из расчета 60—80 отверстий на 1 *м* длины. Отверстия защищены от засорения грунтом резиновыми клапанами, состоящими из резинового кольца толщиной 1,5—1 *мм* и металлической шайбы толщиной 1,5 *мм*.

Второй тип инъектора, получивший наибольшее распространение, состоит из толстостенной трубы диаметром 32—42 *мм*, на боковой поверхности которой проточены круговые канавки и в которых просверлены отверстия ∅ 2—3 *мм*. Отверстия эти закрыты резиновыми кольцами, уложенными в канавки на глубину 2—3 *мм*. Ширина канавки 8—10 *мм*.

Толщина стенок цельнотянутых труб равна 8 *мм*.

2.20. Забивают инъекторы обычно пневматическими молотками. При отсутствии сжатого воздуха, если наклон инъекторов к вертикали не превышает 5°, можно применять механические копры с подвесной бабой весом 50—150 *кг*.

2.21. Для нагнетания химических растворов могут быть рекомендованы плунжерные насосы типа ПС-4Б Лебедянского завода, а также насосы-дозаторы серии НД Рижского завода химического машиностроения. Наиболее пригоден для целей химического закрепления из этой серии насос марки НД-1000/10 (рис. 4). Насосы-дозаторы серии НД представляют собой одноплунжерные горизонтальные насосы простого действия с подачей, регулируемой вручную при остановленном электродвигателе.

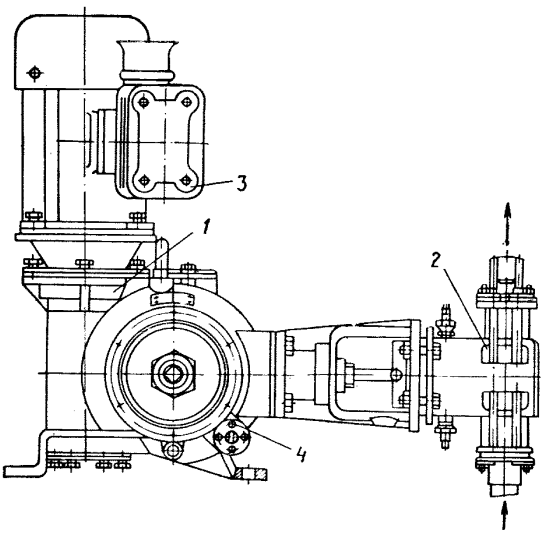


Рис. 4. Насос-дозатор серии НД для смолизации грунтов
1 — редуктор; *2* — гидравлическая часть; *3* — электродвигатель; *4* — регулятор подачи жидкости

Насосы-дозаторы предназначаются для объемного напорного дозирования различных чистых нейтральных и агрессивных жидкостей, эмульсий и суспензий с концентрацией неабразивной твердой фазы до 10% по весу, с кинематической вязкостью до 1500 *сст*.

2.22. Разводящая сеть включает:

а) резиновые воздушные шланги внутренним диаметром 19—25 *мм*, рассчитанные на давление 10 *атм*;

б) части соединения насосов со шлангами и шлангов с инъекторами (ниппели, штуцера, соединительные гайки, хомутики и т. п.);

в) резиновые шланги с тканевыми прокладками внутренним диаметром 25 *мм*, рассчитанные на давление до 30 *атм*.

2.23. В состав контрольно-измерительной аппаратуры входят:

а) манометры жидкостные, рассчитанные на давление до 30 *атм* с погрешностью измерения порядка 0,5 *атм*; для предохранения от порчи при работе с ра-

створами они должны быть дооборудованы диафрагмой;

б) манометры воздушные, рассчитанные на давление 10 *атм*, для компрессоров;

в) ареометры для измерения концентрации растворов по уд. весу от 1 до 1,3 *г/см*^{3};

г) термометры со шкалой до 100°С для измерения температуры химических растворов;

д) измерительные бачки, оборудованные водомерными стеклами с тарированной шкалой, или специальные расходомеры.

3. ХИМИЧЕСКИЕ РАСТВОРЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ

3.1. При закреплении песчаного грунта рекомендуется применять следующие химические растворы:

1. Водные растворы карбамидных смол:

а) крепитель М-2 уд. весом 1,16—1,09 *г/см*^{3} (ТУ 6-05-1596-72);

б) смола МФ-17 уд. весом 1,16—1,09 *г/см*^{3} (МРТУ 6-05-1006-66);

в) крепитель М-3 уд. весом 1,178—1,12 *г/см*^{3} (ТУ 6-05-1596-72).

2. Водные растворы сульфитно-спиртовой барды уд. весом 1,2—1,15 *г/см*^{3} Камского ЦБК (ГОСТ 8518—57), Сухонского ЦБК (МРТУ 130435-66).

3. Водные растворы азотнокислого аммония уд. весом 1,26—1,10 *г/см*^{3} (ГОСТ 2—65).

4. Водные растворы соляной кислоты уд. весом 1,023—1,013 *г/см*^{3} (ГОСТ 1382—69).

5. Водные растворы щавелевой кислоты уд. весом 1,023—1,019 *г/см*^{3} (ТУ МХП-1391-50).

3.2. Для закрепления песчаных грунтов в основании фундаментов рекомендуется применять растворы крепителя М-2 и смолы МФ-17.

Для закрепления грунтов при проходке подземных выработок следует применять растворы крепителя М-3, а также смеси, состоящие из крепителя М-3 и раствора азотнокислого аммония или раствора сульфитно-спиртовой барды.

3.3. Разведение смолы водой производится в металлических резервуарах емкостью от 1 до 10 *м*^{3}.

Крепитель М-2 разбавляется водой (1 : 0,8) до удельного веса 1,09 *г/см*^{3}, являющегося нижним пределом его разбавления.

Для крепителя М-3 нижним пределом разбавления (1 : 0,5) является удельный вес 1,12 *г/см*^{3}, а для смолы МФ-17 — удельный вес 1,08 *г/см*^{3} при разбавлении 1 : 2.

Для получения стабильных растворов при большем разбавлении рекомендуется смолу разбавлять не водой, а раствором азотнокислого аммония или сульфитно-спиртовой бардой.

3.4. При разбавлении крепителя М-3 раствором азотнокислого аммония в 2—3 раза вязкость равна 2—5 *спз*.

При разбавлении крепителя М-3 раствором сульфитно-спиртовой барды в 2—4 раза вязкость изменяется от 15 до 25 *спз*.

3.5. При приготовлении гелеобразующих растворов следует руководствоваться данными, указанными в табл. 1.

3.6. Опытом установлено, что физико-химические свойства раствора смолы с течением времени изменяются. Поэтому для каждой партии смолы перед началом работ требуется уточнение соотношения компонентов в гелеобразующем растворе, обеспечивающего заданный период времени гелеобразования (приложение 4).

Время гелеобразования указанных в табл. 1 смесей находится в пределах 1—2,5 *ч*.

3.7. Для получения раствора смолы и кислоты рабочей концентрации исходный раствор разбавляют водопроводной водой, количество которой в *л* определяется формулой:

$$b = \frac{a_1 - a_2}{a_2 - 1}\, m,$$

где a_1 — удельный вес исходного раствора;

a_2 — удельный вес раствора рабочей концентрации;

m — количество исходного раствора в *л*.

3.8. Гелеобразующий раствор приготавливается в специальных бачках-дозаторах емкостью, равной объему раствора на одну заходку.

Внутренняя поверхность бачков должна иметь антикоррозионное покрытие (кислотоупорный лак № 411, перхлорвиниловые эмали ХСЗ-1, ХСЗ-3, ХСЗ-6 и др. или расплавленные битумы марок IV—V).

Для предохранения от коррозии металлической тары (с крепкой соляной кислотой) и инъекционного оборудования в кислоту следует добавлять ингибитор (уротропин или «Уникол-2») в количестве 1%.

Таблица 1

Наименование компонентов гелеобразующего раствора	Удельный вес раствора при 18°С	Объемное соотношение в частях	Порядок приготовления раствора
Крепитель М-2 Соляная кислота (5%-ный раствор)	1,09—1,1 1,023	100 7—8	В емкость вначале заливают смолу, а затем при помешивании приливают воду и после этого кислоту
Смола МФ-17 Соляная кислота (3%-ный раствор)	1,08—1,09 1,013	100 8—10	То же
Крепитель М-3 Соляная кислота (5%-ный раствор)	1,12—1,13 1,023	100 3—5	»
Крепитель М-3 Азотнокислый аммоний Соляная кислота (5%-ный раствор)	1,178—1,18 1,1—1,2 1,023	100 100—200 8—10	Вначале смешивают раствор крепителя М-3 с раствором азотнокислого аммония, после чего добавляют раствор кислоты
Крепитель М-3 Сульфитно-спиртовая барда[1] Соляная кислота	1,178—1,18 1,15—1,16 1,013	100 100—200 25—35	К раствору сульфитно-спиртовой барды приливают раствор соляной кислоты, а затем приготовленный кислый раствор сульфитно-спиртовой барды смешивают с раствором крепителя М-3.
Крепитель М-3 Сульфитно-спиртовая барда[2] Азотнокислый аммоний Соляная кислота	1,178—1,18 1,2—1,22 1,25—1,26 1,023	100 55—215 25—50 20—35	а) Раствор сульфитно-спиртовой барды смешивается с раствором азотнокислого аммония, после чего в смесь вводится соляная кислота;
Крепитель М-2 Сульфитно-спиртовая барда[2] Азотнокислый аммоний Соляная кислота	1,15—1,16 1,2—1,22 1,25—1,26 1,023	100 58—200 24—67 18—33	б) приготовленная по п. «а» смесь при помешивании вводится в раствор карбамидной смолы

[1] Использована сульфитно-спиртовая барда на натриевом основании Сухонского ЦБК. Содержание иона Ca^{2+} составляет 0,65%.

[2] Использована сульфитно-спиртовая барда на кальциево-натриевом основании Камского ЦБК. Содержание иона Ca^{2+} составляет 1,4—1,5%.

Примечание. Применение раствора щавелевой кислоты в качестве отвердителя рекомендуется при закреплении песчаных грунтов, содержащих более 3% карбонатов.

Технологическая схема приготовления растворов

3.9. В производственных условиях для приготовления химических растворов рекомендуется придерживаться технологической схемы, изображенной на рис. 5.

3.10. Химические реагенты хранятся в специально отведенных для этой цели складах. Раствор смолы рабочей концентрации готовится попеременно в одной из частей емкости, расположенной на эстакаде и разделенной пополам. Смола подается со склада насосом. Затем готовый раствор смолы поступает самотеком в один из дозаторов, оборудованных водомерными стеклами с тарированной шкалой. В этот же дозатор самотеком поступает из мерной емкости в заданном количестве кислота. Приготовленный гелеобразующий раствор насосом закачивается в инъектор.

По мере расходования гелеобразующего раствора из первой половины емкости во второй половине готовится новый объем рабочего раствора.

Для приготовления рабочего раствора кислоты из цистерны концентрированная кислота самотеком переливается в емкость, заглубленную в землю и предварительно наполненную в расчетном количестве водой.

Отсюда кислота насосом перекачивается в емкость, установленную на эстакаде. В этой емкости производится окончательная доводка плотности кислоты до заданной величины. Из емкости через систему кранов рабочий раствор соляной кислоты самотеком поступает в дозатор, служащий для подачи заданного объема кислоты

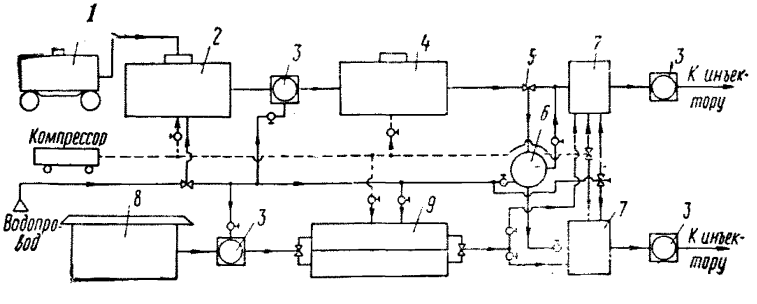


Рис. 5. Технологическая схема приготовления и закачки реагентов

1 — цистерна с концентрированной кислотой; *2* и *4* — емкости для приготовления и расхода рабочего раствора кислоты; *3* — насосы; *5* — трехходовой кран; *6* — дозатор рабочего раствора кислоты; *7* — дозаторы гелеобразующего раствора; *8* — склад со смолой; *9* — сдвоенная емкость для приготовления и расхода рабочего раствора смолы

при предварительной обработке грунта, и в мерную емкость, предназначенную для дозирования кислоты в гелеобразующем растворе. Перемешивание растворов осуществляется с помощью сжатого воздуха.

4. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

4.1. Работы по закреплению грунта смолами должны выполняться строго по проекту: изменения и отклонения от проекта допускаются лишь с ведома проектной организации и оформляются актом.

К указанным работам можно приступить только после опробования всех смонтированных на площадках установок и коммуникаций.

4.2. В целях предотвращения возможности выбивания растворов наружу при работах непосредственно с дневной поверхности земли или с поверхности дна котлована над областью закрепления рекомендуется оставлять слой незакрепленного грунта не менее 1 *м*.

4.3. Основными элементами производства работ по смолизации грунтов являются: погружение инъекторов, нагнетание растворов, извлечение инъекторов и вспомогательные работы.

Погружение и извлечение инъекторов

4.4. Способ погружения инъекторов в грунт (забивкой с поверхности, забивкой в забуренные скважины или с предварительным бурением на всю глубину), а также порядок погружения, соответствующий порядку закрепления по глубине (заходками сверху вниз, снизу вверх или по отдельным слоям), назначаются проектом.

4.5. По мере забивки в грунт инъекторы наращивают глухими звеньями. Во время наращивания необходимо следить за тщательностью соединения звеньев.

4.6. При погружении инъекторов в предварительно пробуренные скважины необходимо соблюдать следующий порядок работ.

Первоначально на заданную глубину пробуривается скважина диаметром около 100 *мм*. Затем в скважину в собранном виде опускается инъектор. Пространство между стенками скважины и глухой трубой инъектора заполняется порциями смеси песка с глиной.

Для герметизации устья скважины можно использовать металлический конус конструкции Медведева А. Г.,

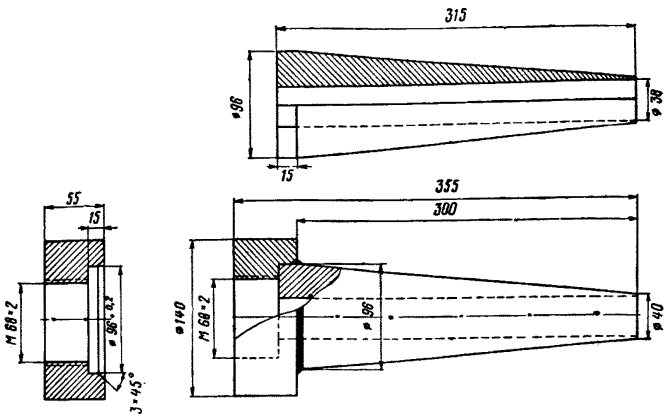


Рис. 6. Устройство для тампонажа устья инъекционной скважины

который надевается на трубу инъектора и забивается до отказа отбойным молотком (рис. 6).

Если закрепляются водонасыщенные грунты (плывуны), то бурение ведется с обсадкой. Инъектор из грунта извлекается домкратом или автокраном.

Нагнетание растворов

4.7. Порядок нагнетания растворов по глубине, зависящий от способа погружения, характера и степени однородности грунтов по водопроницаемости, устанавливается проектом.

Располагать инъекторы рекомендуется рядами в шахматном порядке, при этом нагнетание в ряду должно производиться в две очереди через один инъектор.

4.8. Нагнетание растворов при предварительной обработке грунта кислотой производится в следующей последовательности: вначале в каждую заходку нагнетают раствор соляной кислоты 3—5%-ной концентрации, затем прокачивают небольшое количество воды (20—30 *л*) и после этого нагнетают телеобразующий раствор.

Перерыв во времени между нагнетанием соляной кислоты и нагнетанием телеобразующего раствора не должен быть более 1 *ч*.

4.9. Давление при нагнетании растворов устанавливается проектом в соответствии с п. 2.9. и не должно превышать 5 *атм*.

Если раствор в заданном количестве при установленном давлении не закачивается, необходимо извлечь инъектор из грунта, промыть его, опустить вновь и продолжать нагнетание раствора.

В случае преждевременного образования геля нагнетание следует прекратить, инъектор извлечь и все оборудование (насос, шланги и инъектор) тщательно прочистить и промыть.

4.10. Если при нагнетании в грунте обнаруживаются разрыхленные зоны или пустоты (значительно понижается давление при увеличенном поглощении растворов), нагнетание также необходимо прекратить.

Разрыхленные зоны и пустоты должны быть затампонированы путем нагнетания под давлением цементного или цементно-глинистого раствора.

4.11. После окончания нагнетания давление в системе должно быть постепенно снижено до нуля. Только после этого разрешается отсоединять шланг от инъектора (резкое снижение давления приводит к забиванию инъектора грунтом).

Вспомогательные работы

4.12. К вспомогательным работам относятся: приготовление растворов рабочей концентрации и гелеобразующих смесей, промывка и прочистка оборудования, тампонаж скважин и устройство тепляков в зимнее время.

4.13. Приготовление химических растворов производится согласно рекомендациям, изложенным в разделе «Химические растворы и технология их приготовления».

4.14. Инъекторы следует промывать и прочищать каждый раз после извлечения их из грунта. Промывка производится водой, а при работе с гелеобразующими растворами на основе карбамидных смол и сульфитно-спиртовой барды инъектор и насос промываются небольшим количеством раствора азотнокислого аммония, а затем водой.

4.15. Насосы, шланги, баки и прочее оборудование периодически во время работы и после ее окончания должны промываться водой. Ежедневно необходимо производить технический осмотр насосов, обращая особое внимание на состояние клапанов, которые легко подвергаются коррозии, нуждаются в периодической притирке, а иногда и в замене. Сальники подбивают по мере не-

обходимости в процессе работы. Необходимо также систематически проверять исправность манометров.

4.16. Остающиеся после извлечения инъектора скважины надлежит затампонировать цементно-песчаным раствором (в фундаментах) или пластичной глиной с трамбованием штангой или шестом.

Техника безопасности

4.17. При производстве работ по смолизации должны соблюдаться общие правила по технике безопасности для работ на паровых, компрессорных, гидравлических и электрических установках, и для общестроительных и горных работ (СНиП III-А.11-70 «Техника безопасности в строительстве»).

4.18. При работе с кислотой следует применять специальную защитную одежду (брюки и бушлат из грубой шерсти, резиновые перчатки, передники, резиновые сапоги и специальные защитные очки).

4.19. Переливать крепкую солянную кислоту из одной емкости в другую разрешается с помощью специального насоса, при этом необходимо применять противогаз.

4.20. Хранение суточного запаса кислоты разрешается в специально отведенном месте, огражденном и имеющем предупреждающий транспарант.

4.21. При нагнетании и приготовлении растворов не следует проливать их на землю. При случайном проливании химикатов смоченный участок должен быть присыпан слоем песка толщиной 5—10 *см*.

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

Контроль качества, документация и сдача работ

4.23. В процессе выполнения работ необходимо постоянно контролировать качество исходных химических растворов согласно приложению 6 и п. 3.1, а также качество рабочих растворов (удельный вес, время гелеобразования, температуру и др.).

4.24. При нагнетании химических растворов следует строго соблюдать режим, установленный опытными работами и проектом (интенсивность поглощения раствора грунтом, давление и температуру).

Интенсивность поглощения растворов грунтом определяется наблюдением за расходом растворов в единицу времени.

4.25. Качество закрепления (прочность, монолитность и водопроницаемость) в зависимости от назначения проверяется:

а) бурением контрольных скважин с отбором образцов;

б) вскрытием шурфов;

в) определением удельного водопоглощения.

Контроль качества бурением или шурфованием обязателен при любом назначении закрепления и производится с целью проверки монолитности, прочности и водоустойчивости закрепленного грунта.

4.26. Расположение контрольных выработок на площадке и их глубина устанавливаются проектной организацией исходя из необходимости проверки монолитности закрепления (сращивания заходок) и оценки свойств закрепленного грунта.

Количество контрольных скважин должно составлять 5—10% общего количества точек инъекции, а количество шурфов назначается из расчета одного шурфа на 50 $м^3$ закрепленного грунта.

4.27. Контрольное бурение производится колонковым способом. Диаметры скважин должны быть не менее 84 *мм*. При бурении производится тщательное описание извлекаемых образцов грунта с оценкой закрепления; через каждые 0,75—1 *м* по глубине отбирают керны закрепленного грунта для последующего испытания на прочность и водоустойчивость.

При вскрытии шурфов, так же как и при бурении производится отбор образцов закрепленного грунта и оформляется акт с подробным описанием и зарисовкой характера закрепления.

Отверстия, оставшиеся после бурения контрольных скважин, тампонируют, а шурфы засыпают грунтом при тщательном трамбовании.

4.28. При сдаче работ по закреплению составляются следующие документы:

а) журнал работ по смолизации грунтов (приложение 5);

б) журнал анализов химических материалов;

в) профиль по осям закрепленного массива и план расположения скважин.

Опытное определение интенсивности поглощения раствора грунтом и уточнение времени закачки раствора и прочности закрепления

Через инъектор, погруженный на заданную глубину, закачивают химические растворы (кислоты, смола и др.), рекомендуемые для закрепления данного грунта (рис. 7).

При этом замеряются величина давления и расход раствора (*л/мин*). Опыты проводят при давлении не более 5 *атм*.

Инъектор, шланги, соединительные части, краны, контрольно-измерительная аппаратура, а также насосы для нагнетания растворов должны быть тщательно проверены до того, как производить работы по нагнетанию.

Для проведения опыта берется инъектор определенной конструкции с учетом гидрогеологических условий залегания грунта. Нагнетание растворов производится насосом производительностью 5—20 *л/мин* или с помощью пневматической установки.

В процессе инъекции могут возникнуть колебания величины давления в ту или другую сторону, свидетельствующие о нарушении нормального хода процесса.

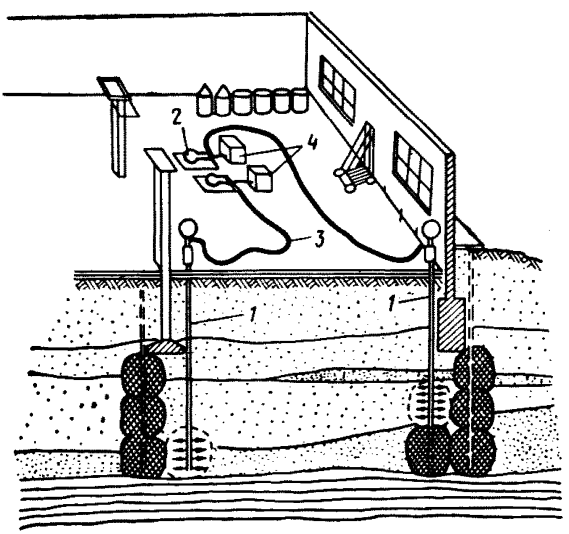


Рис. 7. Схема опытного определения интенсивности поглощения раствора грунтом

1— инъектор; *2*— насос для нагнетания растворов; *3* — шланги; *4* — емкости для растворов с водомерными стеклами

Увеличение давления (>5 *атм*) объясняется: повышением вязкости раствора в связи с началом образования геля, заполнением инъектора грунтом или гелем и расположением инъектора в прослойке малопроницаемого грунта (супесь, суглинок и т. п.). При увеличении давления инъектор необходимо извлечь, тщательно прочистить и промыть, после этого его следует забить в другом месте и продолжать нагнетание раствора.

Уменьшение давления при инъекции происходит в том случае, когда раствор просачивается на дневную поверхность или в какие-либо подземные коммуникации, каналы, дренажи и т. п. Для того чтобы прекратить выход раствора на поверхность, необходимо приостановить инъекцию на время, необходимое для образования геля. При этом инъектор следует извлечь.

На основании данных опытной инъекционной закачки уточняется объем гелеобразующего раствора, интенсивность поглощения раствора грунтом (*л/мин*), давление и время закачки.

Время закачки определяется по формуле

$$\tau = \frac{V}{Q},$$

где V — объем раствора, закачиваемого в одну заходку, *л*;

Q — интенсивность поглощения раствора грунтом или расход, *л/мин*.

При больших скоростях грунтовых вод и высокой проницаемости грунта время гелеобразования рекомендуется брать минимальным. При закреплении слабопроницаемых грунтов время гелеобразования увеличивают. Целесообразно для инъекции применять гелеобразующий раствор, pH которого колеблется от 1,8 до 2,5. При этом время гелеобразования составляет 40—120 *мин*. В случае необходимости закачки большого объема гелеобразующего раствора в слабопроницаемые грунты при малом периоде гелеобразования целесообразно применять метод инъекции гелеобразующего раствора дозами. В этом случае заданный объем раствора на одну заходку готовится в несколько приемов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Методика определения карбонатов в грунте

1. Для получения ориентировочных данных определение карбонатов грунта следует производить по вскипанию пробы образца от прибавления 2—3 капель 10%-ного раствора HCl, руководствуясь показателями, приведенными в табл. 2.

2. Для точного определения содержания CO_2 карбонатов в грунте рекомендуется следующая методика.

Песчаный грунт в воздушно-сухом состоянии в количестве 20 *г* растирают в фарфоровой ступке в течение 5 *мин*. Из подготовленного песка берется на аналитических весах навеска (4—5 *г*), которую помещают в коническую колбу емкостью 150—200 *мл* и прибавляют 70—80 *мл* дистиллированной воды.

Суспензию перемешивают около 30 *сек*, добавляют несколько капель индикатора фенолфталеина, в случае щелочной реакции ней-

Таблица 2

Вскипание	Содержание $CaCO_3$	Величина навески, *г*
Очень сильное (бурное)	>10%	0,5—1
Сильное и продолжительное	5—10	1—1,5
Заметное, но кратковременное	4—3	1,5—2
Слабое и кратковременное	3—2	2—3
Очень слабое и малозаметное	2—1	3—5
Вскипание отсутствует	1	5

трализуют раствор 0,5 или 0,1 N раствором HCl до исчезновения розовой окраски индикатора.

В нейтрализованный раствор вводят около 4 *г* кристаллического х. ч. фторида натрия. Суспензию взбалтывают и нагревают до кипения. Кипятят в течение 5 *мин*, затем охлаждают до 25—30°, добавляют дополнительно несколько капель фенолфталеина. Образовавшийся раствор карбоната натрия титруют 0,5 или 1 N раствором HCl до исчезновения розовой окраски индикатора в осветленном слое суспензии.

Расчет ведут только на кислоту, израсходованную на нейтрализацию раствора карбоната натрия, образовавшегося от разложения карбонатов раствором фторида натрия.

Расчет $CaCO_3$ в % производится по следующей формуле:

$$CaCO_3 = \frac{v N 0,1 \cdot 100}{a} \cdot \frac{100}{100 - w},$$

где N — нормальность раствора HCl;

v — количество соляной кислоты, пошедшей на титрование, *мл*;

a — навески грунта, *г*;

0,1 — граммовое значение *мг·экв* $CaCO_3$;

w — гигроскопическая влажность грунта, %.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Методика определения закрепляемости грунта

Испытание грунтов на закрепляемость рекомендуется производить на приборе (рис. 8), состоящем из штатива с двумя стойками. На одной из этих стоек крепится металлическая трубка, а на другой мерный цилиндр из оргстекла объемом до 1 *л*.

Металлическая трубка имеет диаметр 40—50 *мм*, высоту 200—250 *мм*, внутренняя поверхность ее парафинируется. На нижний конец трубки навинчивается крышка с перфорированным дном и тубусом для стекания раствора. Первоначально на дно трубки запружается слой чистого песка (фильтр) толщиной 1—1,5 *см*. Песок должен быть более проницаемым по сравнению с закрепляемым грунтом.

Затем производится загрузка испытуемого песчаного грунта (120—130 *г*) небольшими порциями с капиллярным подсосом воды.

Для этого конец трубки помещают в стакан. По мере наполнения трубки песком в стакан доливают воду.

Образец закрепляемого грунта извлекается через 24 *ч* путем выталкивания с помощью шомпола при легком напревании трубки горячей водой.

Испытание закрепленного грунта на прочность производится через 7 суток путем определения предела прочности при сжатии на прессе цилиндрических образцов диаметром и высотой 4 *см*. Водоустойчивость закрепленного грунта определяется кратковременным испытанием образца на размокание в воде. Хранение образцов воздушно-влажное.

В случае, если образец не закрепится, повторное закрепление грунта производят с предварительным прокачиванием через него 3—5%-ного раствора соляной или щавелевой кислоты. Загрузка и насыщение грунта водой производятся в той же последовательности. Гелеобразующий раствор заливается в трубку после того, как вся кислота пройдет через раствор.

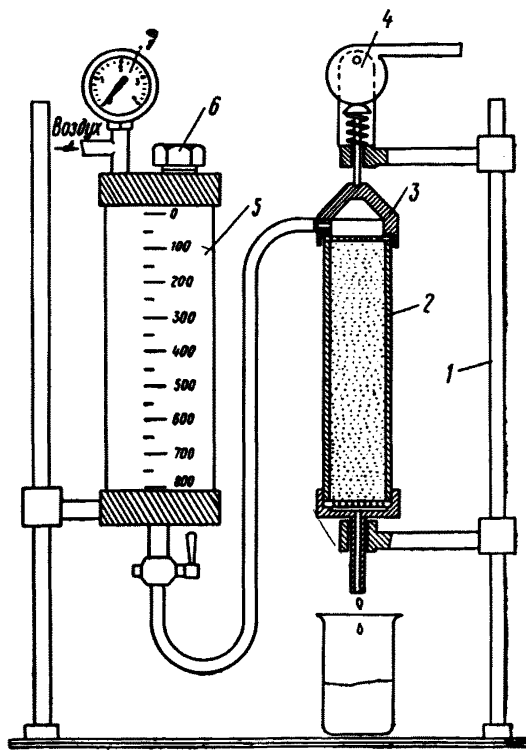


Рис. 8. Прибор для лабораторного закрепления грунтов

1 — штатив; *2* — трубка с грунтом; *3* — крышка; *4* — уплотнитель кулачковый; *5* — цилиндр мерный; *6* — отверстие заливки раствора; *7* — манометр

Методика определения времени гелеобразования

Испытуемый раствор определенной концентрации наливают по 100 *см*³ в 5—6 стаканчиков. В каждый стаканчик из бюретки при помешивании добавляют соответствующий объем кислоты.

Начало гелеобразования отсчитывается с момента введения кислоты. Условным концом гелеобразования считается момент перехода смеси из жидкого состояния в желеобразное. Вначале определяют время гелеобразования раствора смолы с 3%-ным раствором соляной кислоты. Если с применением 3%-ного раствора кислоты образования геля в указанные сроки не происходит, то опыт в том же порядке повторяют с 5%-ным раствором соляной кислоты.

Примерная дозировка соляной кислоты и порядок записи при определении времени гелеобразования приведены в табл. 3.

Таблица 3

№ стаканов	Количество смолы удельного веса 1,08, *г/см*³	Количество 3%-ного раствора HCl	Гелеобразование		Время гелеобразования
			начало	конец	
			ч—мин		
1	100	6	12—00	12—10	10 *мин*
2	100	5	12—50	13—05	15 *мин*
3	100	4	13—00	14—25	1 *ч* 25 *мин*
4	100	3	13—10	16—20	3 *ч* 10 *мин*

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Форма журнала производства работ по смолизации грунтов

Забивка инъекторов					Нагнетание гелеобразующего раствора							
дата	смена	№ скважины	№ заходки	продолжительность, *мин*	дата	начало, *ч-мин*	конец, *ч-мин*	продолжительность, *мин*	количество раствора, *л*	давление, *атм*	температура, °С	время гелеобразования, *ч-мин*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Физико-химические свойства карбамидных смол

Кусковским химзаводом выпускаются в настоящее время мочевиноформальдегидные (карбамидные) смолы следующих марок: крепитель М-2, крепитель М-3 и смола МФ-17.

Основные физико-химические свойства этих марок смол приведены в табл. 4.

Таблица 4

Наименование показателей	Показатели на смолы марок		
	КМ-2	КМ-3	МФ-17
Внешний вид	Сиропообразная жидкость однотонная по цвету. Допускается появление мути в виде устойчивых кристаллов		
Плотность при 20°С, *г/см*³	1,15—1,2	1,15—1,25	1,25—1,27
Вязкость при 20°С, по вискозиметру ВЗ-1, *сек*	4—10	4—35	40—100
Концентрация водородных ионов (pH)	7,2—9,0	7,0—9,0	7,5—8,5
Содержание свободного формальдегида %, не более	1,5—2,0	0,3—0,5	3,0—3,5
Растворимость в воде	Не определяется	В соотношении 1 : 1	При соотношении воды и смолы 1:2 не должно коагулировать

Примечание. Срок хранения смол марок КМ-2 и КМ-3 составляет не более трех месяцев, смолы марки МФ-17 — два месяца. Хранить смолы следует в складском помещении, защищенном от действия прямых солнечных лучей.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Технико-экономические показатели

Использование сульфитно-спиртовой барды для разбавления карбамидных смол позволяет получить экономичные гелеобразующие растворы при закреплении песчаного грунта.

В табл. 5 приведены сравнительные данные стоимости гелеобразующих растворов и прочности при сжатии образцов грунта, закрепленного водными гелеобразующими растворами карбамидных смол и растворами, приготовленными на основе карбамидной смолы и кислого раствора сульфитно-спиртовой барды.

Гелеобразующие растворы на основе карбамидных смол и сульфитно-спиртовой барды имеют ряд преимуществ по сравнению с известными гелеобразующими растворами, приготовленными разбавлением смолы водой. Они стабильны во времени даже при разбавлении в 3—4 раза, в то время как разбавление смолы водой

Таблица 5

Наименование компонентов гелеобразующего состава	Разбавление (смола; кислый р-р)	Уд. вес раствора, *г/см³*	Объемное соотношение	Предел прочности при сжатии, *кгс/см²*	Стоимость гелеобразующего состава, необходимого для закрепления 1 *м³* грунта, руб.
Крепитель М-2	1 : 1	1,16	50	21,0	22,0
Вода		—	42		
Соляная кислота		1,023	8		
Крепитель М-2	1 : 1	1,16	50	37,0	24,0
Сульфитно-спиртовая барда		1,2	29		
Азотнокислый аммоний		1,25	12		
Соляная кислота		1,023	9		
Крепитель М-2	1 : 2	1,16	34	22,0	17,0
Сульфитно-спиртовая барда		1,2	50		
Азотнокислый аммоний		1,25	10		
Соляная кислота		1,023	6		
Крепитель М-2	1 : 3	1,16	25	10,0	15,0
Сульфитно-спиртовая барда		1,2	52		
Азотнокислый аммоний		1,25	16		
Соляная кислота		1,023	7		
Крепитель М-3	1:1,3	1,178	50	25,0	30
Сульфитно-спиртовая барда		1,16	50		
Соляная кислота		1,023	12		
Крепитель М-3	1:2,3	1,178	25	15,0	22
Сульфитно-спиртовая барда		1,16	75		
Соляная кислота		1,023	7		
Крепитель М-3	1 : 3	1,178	25	20,0	17
Сульфитно-спиртовая барда		1,2	57		
Азотнокислый аммоний		1,25	10		
Соляная кислота		1,023	8		

Примечание. Стоимость закрепления грунта приводится из расчета объема закачиваемого раствора, равного 400 *л* на 1 *м³* грунта.

допускается не более, чем в 2—1,5 раза. При большем разбавлении повышается чувствительность водных растворов смол по отношению к электролитам. При введении в более разбавленные водой растворы смол кислого отвердителя наблюдается преждевременное выделение хлопьевидного осадка. Поэтому, например, крепитель М-3 может быть разбавлен водой только до удельного веса 1,12 *г/см*^{3} (1 : 0,5), а крепитель М-2 — до удельного веса 1,09 (1 : 0,8).

При одинаковой величине прочности закрепления стоимость гелеобразующего раствора на основе смолы и сульфитно-спиртовой барды (1 : 3) снижается более, чем на 20% по сравнению с раствором на основе разбавленных водой смол.

При разбавлении смол растворами сульфитно-спиртовой барды в 4 раза стоимость гелеобразующего раствора снижается на 30%, при этом прочность закрепления снижается до 10 *кгс/см*^{2}, что вполне отвечает требованиям СНиП при закреплении грунта в строительных целях.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие положения	5
2. Изыскательские работы и состав проекта	5
Полевые и лабораторные исследования	6
Указания по проектированию	7
Оборудование	11
3. Химические растворы и технология их приготовления	15
Технологическая схема приготовления растворов	18
4. Производство работ	19
Погружение и извлечение инъекторов	19
Нагнетание растворов	20
Вспомогательные работы	21
Техника безопасности	22
Контроль качества, документация и сдача работ	22
Приложение 1. Опытное определение интенсивности поглощения раствора грунтом и уточнение времени закачки раствора и прочности закрепления	24
Приложение 2. Методика определения карбонатов в грунте	25
Приложение 3. Методика определения закрепляемости грунта	26
Приложение 4. Методика определения времени гелеобразования	28
Приложение 5. Форма журнала производства работ по смолизации грунтов	28
Приложение 6. Физико-химические свойства карбамидных смол	28
Приложение 7. Технико-экономические показатели	29

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОСНОВАНИЙ
И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОССТРОЯ СССР

Рекомендации по закреплению некарбонатных песчаных грунтов при проходке подземных выработок

Редактор издательства Л. Г. Бальян
Технический редактор И. В. Панова
Корректор Е. А. Степанова

Сдано в набор 17/V 1973. Подписано к печати 22/VIII 1973 г.
Т-14503 Формат 84×108 1/32 д. л. Бумага типографская № 2
1,68 усл. печ. л. (1,7 уч.-изд. л.)
Тираж 9 000 экз. Изд. № XII —4183 Зак № 302 Цена 9 к.

Стройиздат
103777, Кузнецкий мост, д. 9

Подольская типография Союзполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25

gost.e-ecolog.ru