РУКОВОДСТВО

по производству песчано-гелевых материалов

для сооружения противомиграционных завес

Оглавление

[Авторское право по Руководству 3](#_Toc147685423)

[1. Введение 4](#_Toc147685424)

[2. Требования к материалам и компонентам 6](#_Toc147685425)

[2.1. Зернистый компонент (песок) 6](#_Toc147685426)

[2.2. Жидкое стекло (силикат натрия) 8](#_Toc147685427)

[2.3. Сернокислый алюминий (Al2(SO4)3) 9](#_Toc147685428)

[2.4. Щавелевая кислота ((COOH)2·2H2O) 9](#_Toc147685429)

[2.5. Вода 10](#_Toc147685430)

[2.6. Материальный баланс процесса 10](#_Toc147685431)

[3. Система автоматизации процесса 11](#_Toc147685432)

[4. Блок-схема технологического процесса приготовления ПГМ как исходной базы для получения ПГСМ 11](#_Toc147685433)

[4.1. Приготовление жидкого стекла 11](#_Toc147685434)

[4.2. Приготовление отвердителя 12](#_Toc147685435)

[4.3. Приготовление ЩАС раствора 12](#_Toc147685436)

[4.4. Порядок приготовления ПГМ 13](#_Toc147685437)

[5. Технология создания геохимического барьера на основе ПГСМ-Ксерогеля для локализации очагов загрязнения 13](#_Toc147685438)

[5.1. Состав и приготовление ПГСМ 13](#_Toc147685439)

[5.1.1. Стационарные и мобильные смесительные установки 14](#_Toc147685440)

[5.1.2. Техника смешивания 14](#_Toc147685441)

[5.1.3. Процесс высушивания 15](#_Toc147685442)

[5.3. Хранение 16](#_Toc147685443)

[5.4. Укладка ПГСМ 16](#_Toc147685444)

[5.4.1. Горизонтальный барьер 17](#_Toc147685445)

[5.4.2. Вертикальный барьер 20](#_Toc147685446)

[5.5. Осуществление аналитического контроля за качеством материалов 21](#_Toc147685447)

[6. Обеспечение и контроль качества (ОК / КК) 21](#_Toc147685448)

[6.1 Программа обеспечения качества (ПОК) 21](#_Toc147685449)

[6.2. Общие требования к контролю качества 22](#_Toc147685450)

[6.3. Документация по обеспечению качества 22](#_Toc147685451)

[6.4. Предварительное исследование и тестирование 23](#_Toc147685452)

[6.5. Методика определения поглощающей способности ПГСМ-Ксерогеля в лабораторных условиях 25](#_Toc147685453)

[6.5.1. Методика изучения сорбции в статике 25](#_Toc147685454)

[6.5.2. Методика изучения сорбции в динамике 25](#_Toc147685455)

[6.6. Определение коэффициента фильтрации ПГСМ 26](#_Toc147685456)

[6.7. Полевые испытания 27](#_Toc147685457)

[6.7.1. Опытный фрагмент горизонтального экрана 27](#_Toc147685458)

[6.7.2. Опытный фрагмент вертикального экрана 29](#_Toc147685459)

[7. Требования безопасности и охраны окружающей среды 29](#_Toc147685460)

[8. Правила приемки 30](#_Toc147685461)

[9. Транспортирование 31](#_Toc147685462)

[10. Методы контроля и гарантии изготовителя 31](#_Toc147685463)

[11. Примеры расчетов и результатов экспериментальных работ 32](#_Toc147685464)

[11.1. Расчет предельного времени эксплуатации барьера из ПГСМ-Ксерогеля 32](#_Toc147685465)

[11.2. Пример сорбционных характеристик ПГСМ-Ксерогеля в отношении тяжелых металлов и радионуклидов 33](#_Toc147685466)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Нормативные ссылки 35](#_Toc147685467)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Химизм технологии получения сорбента высокой проницаемости на основе ПГМ 36](#_Toc147685468)

|  |  |
| --- | --- |
| Авторское право по Руководству Авторские права на материалы, содержащиеся в этом документе, принадлежат ООО\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Воспроизведение этого документа в любой форме запрещено без письменного разрешения ООО\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Права на интеллектуальную собственность в этом документе могут принадлежать автору (авторам) и / или ООО\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Все права защищены.  Этот документ содержит общую информацию и описывает только характерные свойства ПГСМ-Ксерогеля. Он публикуется для использования лицами, имеющими достаточную квалификацию и способность решить, подходят ли продукты, упомянутые в данном Руководстве, для намеченных проектных целей. Гарантия не дается, ответственность не принимается; Использование этих данных и использование продуктов, как описано здесь, полностью зависит от риска пользователя.  Пожалуйста, уведомите ООО\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ по адресу [\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_,](mailto:info@trisoplast.com) если вы заметили какие-либо ошибки, у вас есть замечания или предложения, которые следует рассмотреть и включить в следующее издание Руководства. |  |

# Введение

Ксерогель - это инновационный материал, приготовленный на основе песчано-гелевого материала (ПГМ), обладающий рядом преимуществ в сравнении с другими материалами, используемыми для сооружения геохимических барьеров. Тестирование и текущие исследования подтверждают его эффективность.

Назначение и область применения:

1. использование в качестве горизонтального геохимического барьера для очистки жидких промышленных отходов от тяжелых металлов и радионуклидов;
2. использование в качестве вертикального геохимического проницаемого барьера при миграции загрязнителей (тяжелых металлов и радионуклидов) с потоком грунтовых вод.

Ксерогель обладает следующими характеристиками проницаемого реакционного барьера (ПРБ):

*Реактивность* – норма реакции и равновесия, используется, чтобы определить требуемое время эксплуатации и размер ПРБ; для того, чтобы быть эффективным, барьер должен остановить загрязнители в пределах реактивного материала.

*Стабильность* – реакционный материал должен быть активным и сохраняться в приповерхностной среде в течение достаточно длительного времени (в течение всего времени эксплуатации объекта), т.к. извлекать и заменять реактивную среду трудоемко и дорого.

*Доступность и невысокая стоимость* – реакционный материал не должен быть дефицитным и иметь разумную стоимость для осуществления рентабельной стратегии защиты водных ресурсов.

*Гидравлические характеристики* – гидравлическая проницаемость реактивного материала должна быть равной или большей, чем проницаемость водоносного горизонта, чтобы минимизировать ограничение потока.

*Совместимость с окружающей средой* – размер зерна реактивного материала должен максимально совпадать с аналогичными параметрами приповерхностной среды с тем, чтобы минимизировать изменения в потоке подземных вод; кроме того, в процессе взаимодействия загрязненного потока с ПРБ не должны образовываться нежелательные побочные продукты.

Ксерогель готовится из следующих компонентов:

* Природный песок
* Щавелево-алюмосиликатный (ЩАС) раствор (жидкое стекло, сернокислый алюминий, щавелевая кислота, вода), который спустя время гелеобразования переходит в гель.

Подготовка материала геохимического барьера включает три стадии:

I - приготовление песчано-гелевого материала: в емкость заливается ЩАС-раствор со временем гелеобразования 1-2 часа объемом не более 55% от объема емкости; далее в эту емкость засыпают песок в объеме, при котором жидкая фаза сравнивается с поверхностью песка;

II - выемка из емкости песчано-гелевого материала и его механическое разрушение

III - перевод ЩАС геля в форму тонкой аутигенной пленки на поверхности песчаных частиц

Чтобы контролировать дозирование компонентов, необходимо заранее определить количество песка и принять это во внимание при расчете масс для правильной настройки смесительной установки.

Готовность Ксерогеля определяется его сыпучестью. Готовая смесь рыхлая, имеет зернистый вид, является удобной в обращении. Ксерогель обрабатывается и перемещается обычным оборудованием для земляных работ (телескопические или длинноковшовые экскаваторы и легкие катки / уплотнители).

Ксерогель должен укладываться на сухой, хорошо уплотненный стабильный грунт либо засыпаться в траншею по периметру участка загрязнения. В любом случае конструкция и способ сооружения при разработке проекта зависит от применения и остается за инженером- проектировщиком.

Руководство разработано с учетом последних результатов исследовательской работы по Ксерогелю. Руководство основано на общепринятых системах качества для производства традиционных защитных барьерных слоев и было адаптировано для использования Ксерогеля. В Руководстве содержатся требования и рекомендации по изготовлению Ксерогеля, укладке материала и контролю качества.

Цель состоит в том, чтобы обеспечить постоянное высокое качество барьерной системы из Ксерогеля везде, где это применимо, и сформировать основу для конкретных планов обеспечения качества проекта. В зависимости от региона и требований к готовому защитному барьеру поставляется готовый Ксерогель или конкретные компоненты. В последнем случае дальнейшая обработка будет производиться местными подрядчиками и/или поставщиками. Чтобы иметь возможность обеспечить стабильно высокое качество барьерной системы из Ксерогеля, доступ ко всем связанным с Ксерогелем данным и документам по разрабатываемому проекту будет предоставляться ООО \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ или его локальным лицензиатами в любое время. Образцы материалов будут предоставлены по запросу. Все инструкции, изложенные в настоящем Руководстве, должны неукоснительно соблюдаться для обеспечения качества Ксерогеля. Для поставок Ксерогеля другими сторонами, кроме ООО\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, обращаться к руководству лицензиатов.

Разработка проекта с использованием Ксерогеля не является предметом настоящего Руководства и не является ответственностью ООО \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_- или его Лицензиатов. Проектировщик / Исполнитель проекта сам несет ответственность за состав проекта и должен гарантировать, что все компоненты, используемые при производстве Ксерогеля, совместимы и отвечают требованиям конкретного проекта. ООО\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ окажет содействие в поиске оптимального решения в любое время, но не принимает на себя ответственности за состав проекта.

# 2. Требования к материалам и компонентам

Ксерогель состоит из следующих компонентов: зернистого наполнителя - природного песка, геля щавелево-алюмосиликатного (ЩАС) раствора, приготовленного на основе жидкого стекла, сернокислого алюминия, щавелевой кислоты и воды. Жидкое стекло может иметь исходную плотность в пределах от 1,44г/см3 до 1,50г/см3, но его модуль (т.е. отношение SiO2 к Na2O) не должен выходить за пределы диапазона 2,85 – 3,00. Каждый из компонентов отвердителя может использоваться в любой степени дисперсности (порошок, гранулы). В подготовке геохимического барьера может использоваться любая чистая вода.

Прежде, чем утвердить какой-либо компонент для производства Ксерогеля, его пригодность должна быть подтверждена предварительными испытаниями (п.6.4.). Следует обеспечить, чтобы выбранные материалы соответствовали требованиям соответствующей спецификации, описанной ниже.

Предварительное исследование должно быть проведено заблаговременно. В частности, для оценки эффективности работы Ксерогеля в качестве геохимического барьера необходимо 4-5 недель. В идеале предварительная оценка должна начинаться, по меньшей мере, за 8-10 недель до планируемой даты сооружения защитного барьера и после утверждения испытаний образцов и контроля качества компонентов, которые выполняются при поставках в соответствии с планом тестирования, описанным в пп. 6.4.-6.6. Тестирование контроля качества при поставке в соответствии с настоящим Руководством заключается в подтверждении того, что используемые материалы соответствуют указанным требованиям. Поэтому Исполнитель проекта несет ответственность за качество поставляемых материалов и иметь систему обеспечения качества, которая гарантирует, что все поставки материалов соответствуют требованиям, установленным для производства Ксерогеля.

При любых отклонениях от стандартных спецификаций необходимы дополнительные испытания, подтверждающие пригодность, и консультации с ООО\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Любые вещества, которые могут вызвать загрязнение почвы или грунтовых вод, не могут быть использованы для производства Ксерогеля без индивидуального разрешения.

## 2.1. Зернистый компонент (песок)

Песок для производства Ксерогеля должен удовлетворять следующим требованиям, указанным в спецификации:

Таблица 1. Спецификация зернистого компонента (песка)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Требование | Допустимые варианты для средних значений результатов  предварительного исследования |
| Минеральные частицы ≤ 0,005 мм | <3% на сухую массу | ≤ +2% по сухой массе |
| Минеральные частицы > 10.0 мм | 0,0% на сухую массу | - |
| Диаметр частиц 50%  (d 50 или M50) | 0,5 мм – 2,0 мм | ≤ 1,0 мм |
| Содержание органического материала | 0,0% | - |
| Содержание влаги | < 2 % | - |
| Происхождение / источник | Природный песок | - |

ГОСТ 12536-2014. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.

ГОСТ 23740-2016. Методы определения содержания органических веществ.

ГОСТ Р- 59537-2021. Методы лабораторного определения влажности за счет незамерзающих вод.

Разброс значений полевых испытаний и строительных работ не должен отличаться от указанного отклонения по сравнению со средними значениями, измеренными на репрезентативных образцах, которые были поставлены во время предварительного испытания, и должен оставаться в пределах указанного диапазона / пределов.

Предпочтительным является однородный песчаный материал с содержанием фракций глины менее 3%. Если такой материал окажется труднодоступным возможно рассмотреть использование исходных материалов с содержанием мелких фракций до 10%.

Влажность: предпочтительно до 2%. В зависимости от метода смешивания и установки, а также типа песка может быть приемлемым более высокое содержание влаги.

Оптимальным по гранулометрическому составу следует считать среднезернистый и крупнозернистый песок, в котором отсутствуют (или находятся в малом количестве) пылеватые и глинистые разности. Зернистость песка будет определять коэффициент фильтрации получаемого ксерогеля.

Исключается использование гравелистых песков, т.к. поверхность сухого сорбирующего ЩАС материала по сравнению с его поверхностью на более мелких песчаных разностях резко сокращается.

Песок не должен содержать каких-либо острых или посторонних частиц, таких как строительный щебень, комки суглинка или корни. Альтернативные гранулированные компоненты (в качестве инертного материала), не входящие в общую спецификацию, могут использоваться после того, как их пригодность подтверждена дополнительными испытаниями.

При производстве Ксерогеля для сооружения защитного экрана песок должен быть того же качества и должен поступать из того же источника / места, что и для предварительного исследования. Каждая партия песка, а также образец, отправленный поставщиком для проведения предварительного исследования, должны сопровождаться сертификатом происхождения, выданным производителем песка. В этом сертификате происхождения должны быть указаны имя производителя, название, природа и источник песка, а также любая другая соответствующая информация.

## 2.2. Жидкое стекло (силикат натрия)

Производство силиката натрия регулируется ГОСТ 13078-2021. Жидкое стекло должно отвечать следующим техническим требованиям:

Таблица 2: Спецификация жидкого стекла

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование показателя** | **Требование** | **Допустимые отклонения** |
| Внешний вид | Густая жидкость желтого или серого цвета без механических примесей и включений, видимых невооруженным глазом | Допускается выпадение осадка при хранении |
| Массовая доля диоксида кремния, % | 24,3 – 35,0 |  |
| Массовая доля оксидов железа и алюминия, %, не более,  в т.ч. оксида железа | 0,25  (не регламентируется) |  |
| Массовая доля оксида кальция, %, не более | 0,2 |  |
| Массовая доля серного ангидрида, %, не более | 0,15 |  |
| Силикатный модуль | 2,85 – 3,0 |  |
| Плотность, г/см | 1,36 – 1,50 |  |

Разброс значений показателей состава силиката натрия, используемого при производстве Ксерогеля, не должен отличаться от средних значений, измеренных на репрезентативных образцах, используемых во время предварительного испытания, и должен оставаться в пределах указанного диапазона / пределов.

Когда происходят неприемлемые отклонения, образцы предварительной проверки и полевых испытаний следует тестировать в одной и той же лаборатории, чтобы исключить отклонения, связанные с различными методиками испытаний.

Жидкое стекло для производства ксерогеля должно быть того же качества и поступать из того же источника, что и для предварительного исследования. Каждая партия жидкого стекла, а также образец, отобранный для первоначального предварительного исследования, должны сопровождаться сертификатом происхождения, выданным производителем жидкого стекла. В этом сертификате должны указываться имя производителя, название продукта и его технические характеристики. Образец для предварительных испытаний должен быть репрезентативным и сопровождаться соответствующими характеристиками, выданными поставщиком в соответствии с вышеуказанной спецификацией. Образец жидкого стекла, удовлетворяющий вышеуказанным требованиям, должен быть индивидуально представлен ООО\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ или его лицензиатам для принятия решения о его использовании для производства Ксерогеля. Для получения одобрения характеристик жидкого стекла необходимо отправить репрезентативный образец, или характеристики, включающие все вышеупомянутые данные, в головной офис ООО \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ или его местных лицензиатов.

При выборе производителя жидкого стекла необходимо учитывать:

- Логистику (жидкое стекло является низкомаржинальным продуктом, поэтому затраты на его транспортировку могут быть существенной частью общей стоимости).

- Упаковку и хранение

При положительной температуре и в закрытой инертной таре жидкое стекло может храниться на протяжении неограниченного времени. Заморозка-разморозка продукции может привести к потере некоторых функциональных свойств, поэтому её лучше не допускать.

В условиях транспортировки при низких температурах и отсутствии мест для оттаивания замороженного жидкого стекла удобным и практичным аналогом является гидросиликат натрия - сухое жидкое стекло, которое, однако, требует предварительной подготовки.

.

Таблица 3. Спецификация гидросиликата натрия

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование** | **Показатель** |
| Массовая доля диоксида кремния, % | 51,1 – 74,0 |
| Массовая доля оксида натрия, % | 17,5 – 26,8 |
| Силикатный модуль | 2,8 – 3,3 |
| Насыпная плотность, г/см | 0,1 – 1,0 |

## 2.3. Сернокислый алюминий (Al2(SO4)3)

Сернокислый алюминий - вещество в виде бесцветных кристаллов.

Таблица 4. Спецификация сернокислого алюминия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Процентное содержание** | **Высший сорт** | **1 сорт** | **2 сорт** |
| Оксид алюминия | не менее 16% | не менее 16% | не менее 15% |
| Нерастворимый остаток | не более 0,3% | не более 0,3% | не более 0,7% |
| Оксид железа | не более 0,02 % | не более 0,02 % | не более 0,3 % |
| Свободная серная кислота | в допусках | в допусках | не более 0,1 % |
| Оксид мышьяка | не более 0,001 % | не более 0,001 % | не более 0,003 % |

## 2.4. Щавелевая кислота ((COOH)2·2H2O)

[Щавелевая кислота](https://pcgroup.ru/catalog/?keyword=%D1%89%D0%B0%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D1%8F%20%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0) (этандиовая) – двухосновная предельная карбоновая кислота, принадлежащее к классу сильных органических кислот. Она представляет собой химическое вещество в виде бесцветных кристаллов, растворимых в воде, не полностью – в диэтиловом и этиловом спирте, нерастворимы в бензоле, хлороформе, петролейном эфире.

Таблица 5. Спецификация щавелевой кислоты

|  |  |
| --- | --- |
| **Процентное содержание** | **%** |
| Массовая доля основного вещества | не менее 99,6 % |
| Массовая доля сульфатов (как SO4) | не более 0,08 % |
| Массовая доля тяжелых металлов (как Pb) | не более 0,001 % |
| Масовая доля железа (Fe) | не более 0,0015 % |
| Масовая доля хлоридов (Cl) | не более 0,003 % |
| Остаток после сжигания | не более 0,08 % |

## 2.5. Вода

Перед принятием в производство Ксерогеля вода должна удовлетворять следующим требованиям (питьевая вода обычно соответствует этим требованиям):

Таблица 6: Спецификация воды

|  |  |
| --- | --- |
| **Параметр** | **Требование** |
| Минерализация | <1,0 г/л |
| Кислотность (рН) | 5.0 – 9.0 |
| Электропроводность | ≤ 500 (до 1,500) 8 μS/см |

Для производства Ксерогеля может использоваться техническая вода после проведения предварительных испытаний.

## 2.6. Материальный баланс процесса

В таблице представлены данные необходимого веса и объемов компонентов материала для геохимического барьера высокой проницаемости объемом 1,0 м3 и 100 000 м3. Последнее соотношение позволит создать экран протяженностью 10 км, толщиной 1,0 м и глубиной 10,0 м.

Таблица 7 Соотношение компонентов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Объем материала геохимического барьера, м3** | **Компоненты материала геохимического барьера** | | | | |
| **песок,**  **т** | **жидкое стекло 1,46 г/см3,**  **м3** | **сернокислый алюминий,**  **т** | **щавелевая кислота,**  **т** | **вода,**  **м3** |
| 1 | 1,56 | 0,12 | 0,0084 | 0,0084 | 0,31 |
| 100 000 | 156 000 | 12 000 | 840 | 840 | 31 000 |

Химические процессы образования Ксерогеля изложены в Приложении 2.

# **3. Система автоматизации процесса**

При приготовлении ЩАС раствора должны использоваться быстроходные двух- или трехлопастные мешалки. Особое внимание необходимо обращать на тщательное перемешивание раствора при постепенном добавлении отвердителя в силикат натрия.

Лопасти мешалок должны размещаться в емкостях перед приготовлением ЩАС раствора и выниматься сразу после его готовности. При одновременном приготовлении больших объемов ксерогеля высокой проницаемости на стадии его высушивания потребуется использовать перемешивающее устройство песчано-гелевого материала. Толщину слоя подготовленного к просушиванию материала при этом рекомендуется поддерживать около 5 см.

Если при сооружении вертикальных экранов с использованием Ксерогеля, его засыпка производится в траншею, заполненную водой, то засыпка должна начинаться с погружения ковша экскаватора с ПГСМ на дно траншеи. Это необходимо во избежание расслоения материала и, как следствие, возникновения неоднородности по проницаемости и сорбирующей способности сооружаемого экрана.

Длина стрелы экскаватора должна обеспечивать погружение ковша до дна траншеи.

# 4. Блок-схема технологического процесса приготовления ПГМ как исходной базы для получения ПГСМ

## 4.1. Приготовление жидкого стекла

Для разработанного геохимического барьера должно использоваться жидкое стекло плотностью 1,19 г/см3. Рыночные образцы в основном представлены вариантами с плотностью от 1,44 до 1,50 г/см3. Получение стекла плотностью 1,19 г/см3 осуществляется путем разбавления поступившего жидкого стекла водой. Объем добавляемой воды зависит от исходной плотности жидкого стекла.

Необходимое количество воды определяется по формуле:

**(1)**

Где γ1 – исходная плотность жидкого стекла

γ2 – востребованная плотность жидкого стекла (1,19г/см3)

γ3 – плотность воды (1,0 г/см3)

Например, при γ1 = 1,46 г/см3, γ2 = 1,19 г/см3, γ3 = 1,0 г/см3 по формуле **1** получаем величину 1,42. Это означает, что для получения жидкого стекла плотностью 1,19г/см3, необходимо на каждый 1 м3 исходного жидкого стекла (плотностью 1,46 г/см3) добавить (при включенной мешалке) 1,42 м3 воды.

Разбавление силиката натрия водой выполняется в емкости, оборудованной быстроходной мешалкой, куда предварительно заливается жидкое стекло исходной (заводской) плотности.

Время хранения поступившего от производителя жидкого стекла высокой плотности неограниченно.

Срок хранения приготовленного жидкого стекла плотностью 1,19 г/см3 не должен превышать 3-х суток. Раствор должен храниться при положительной температуре.

## 4.2. Приготовление отвердителя

Приготовление отвердителя производится путем введения и растворения в единице объема воды сернокислого алюминия (Al2 (SO4)3\*18H2O) и щавелевой кислоты (H2C2O4 \*2H2O).

Для этого на 1 м3 воды добавляется одновременно 60 кг сернокислого алюминия и 60 кг щавелевой кислоты. Добавление компонентов отвердителя в воду при включенной мешалке осуществляется в любой последовательности. Время перемешивания составляет 15-20 минут (до полного растворения реагентов) в зависимости от дисперсности компонентов отвердителя.

Срок хранения приготовленного отвердителя не ограничен.

## 4.3. Приготовление ЩАС раствора

В емкость с раствором жидкого стекла заданного объема с плотностью γ=1,19 г/см3 при включенной мешалке постепенно вливается приготовленный отвердитель.

Время подачи отвердителя на 1 м3 раствора жидкого стекла не должно быть менее 5 минут. Соответственно, на 2 м3 раствора жидкого стекла – 10 минут.

Объем отвердителя на 1 м3 жидкого стекла может изменяться от 0,45 м3 до 0,55 м3 в зависимости от заданного времени гелеобразования ЩАС раствора. Наиболее приемлемым в производственных условиях является время гелеобразования на протяжении 1,5 -2,0 часа. Время гелеобразования менее 1 часа исключается.

Приготовленный ЩАС раствор немедленно после смешивания (до начала процесса гелеобразования) должен использоваться для приготовления ПГМ (п. 4.4.), а все емкости и оборудование для смешивания должны быть промыты водой.

Определение времени гелеобразования должно осуществляться для каждой поступившей новой партии жидкого стекла. Отсюда следует, что поставщиком жидкого стекла должен быть один и тот же крупный производитель, что позволяет избежать многоразовых работ по подбору соотношения компонентов ЩАС раствора.

Объем приготавливаемого ЩАС раствора зависит от объема емкостей для производства ПГМ (см. п.4.4).

## 4.4. Порядок приготовления ПГМ

В емкость, в которой будет готовиться ПГМ, заливается подготовленный по п.4.3. ЩАС раствор. Объем заливаемого раствора должен составлять 45% от объема емкости.

После заливки ЩАС раствора в емкость засыпается песок. При засыпке песка исключается наличие в нем комков любого размера. Объем введенного в емкость песка должен обеспечивать выравнивание уровней песка и поднявшегося уровня ЩАС раствора в емкости.

Через заданное время произойдет гелеобразование ЩАС раствора в емкости, после чего. ПГМ начнет набирать прочность. До завершения этого процесса он должен оставаться в емкости (от трех часов до суток). После этого подготовленный материал должен поступить в зону производства Ксерогеля (ПГСМ) – см. п.5.

# 5. Технология создания геохимического барьера на основе ПГСМ-Ксерогеля для локализации очагов загрязнения

Конструкция и технология сооружения геохимического барьера из ПГСМ-Ксерогеля должны разрабатываться в соответствии с настоящим Руководством.

Ксерогель состоит из зернистого компонента (обычно песка) и ЩАС геля. Спецификация отдельных компонентов, процентные соотношения, процедуры смешивания и укладки, а также контроль качества должны быть указаны в плане обеспечения качества (ПОК) для проекта и должны соблюдаться соответствующим образом.

Материал геохимического барьера готовится на поверхности, а затем засыпается в траншею, пройденную до местного водоупорного горизонта. При необходимости создания участка для очистки загрязненных вод (например, ливневых сточных вод) подготовленный материал укладывается на уплотненную поверхность в основании участка размещения загрязненных стоков и засыпается в траншеи по его периметру.

## 5.1. Состав и приготовление ПГСМ

Состав смеси может варьироваться в зависимости от требований проектировщика. «Стандартный» состав компонентов для смешивания на 1 м3 ПГСМ: 1 м3 природного воздушно сухого песка (около 1560 кг); 0,12 м3 жидкого стекла плотностью 1,46 г/см3; щавелевая кислота – 8,4 кг; сернокислый алюминий – 8,4 кг; вода 0,31 м3 (см. п.11 для примера расчета). Процесс смешивания описан ниже.

На первой стадии готовится ПГМ (см. 4.4.). Все компоненты должны взвешиваться на калиброванном весовом оборудовании. Данные взвешивания и время смешивания должны записываться в протоколе приготовления смеси, который является составной частью отчета контроля качества.

Технические характеристики смесительной установки и описание процесса смешивания, содержащего запланированные дозы и время смешивания, будут предоставлены пользователю для утверждения до начала фактического производства.

Качество процесса смешивания с использованием выбранной смесительной установки в соответствии с вышеупомянутым описанием должно быть продемонстрировано во время приготовления пробной смеси. Перед началом фактического производства результаты этих испытаний и окончательный протокол смешивания (включая любые необходимые изменения / улучшения) будут представлены клиенту / руководителю на утверждение.

Во время обработки, транспортировки и хранения исходные материалы и смесь должны быть защищены от неблагоприятных воздействий, таких как увлажнение, высыхание, экстремальные температуры, а также химическая атака или загрязнение, вызванные смешением с другими материалами. Материал, который получил одно из вышеперечисленных отрицательных воздействий, должен быть удален, чтобы гарантировать качество Ксерогеля.

### 5.1.1. Стационарные и мобильные смесительные установки

В местах реализации проекта, где экраном из Ксерогеля должны быть закрыты большие площади, ПГСМ-Ксерогель обычно производится на месте в специальных передвижных смесителях. С экономической и организационной точки зрения это не оправдано для небольших проектов. Чтобы закрыть заказы на такие проекты и последующие более мелкие заказы готовая смесь Ксерогеля может быть произведена на стационарных установках периодического смешивания в выбранных местах вне площадки и храниться (погодное защищенное хранилище) для своевременной поставки на стройплощадки в качестве сыпучего материала в биг-бэгах, контейнерах. Метод смешивания, тип используемых компонентов и точность дозировки одинаковы для мобильных и стационарных установок. Они отличаются только размерами, установкой и расположением компонентов. В следующем разделе описывается технология смешивания для мобильных установок на месте. Эти общие процедуры также применимы к стационарным установкам.

|  |  |
| --- | --- |
| 001 | 013 |

### 5.1.2. Техника смешивания

Для смешивания компонентов Ксерогеля используются быстроходные лопастные мешалки. Смесительные установки должны быть способны производить точно дозированные предварительные растворы (жидкое стекло необходимой плотности и раствор отвердителя), и подавать их в интегрированный основной смеситель. В главном смесителе производится смешивание жидкого стекла и отвердителя при их точном дозировании путем постепенного добавления отвердителя (скорость подачи 10-15 л/мин) с одновременным интенсивным перемешиванием. Чистое время смешивания компонентов ЩАС раствора в основном смесителе зависит от объема приготовляемого раствора (п.4.3.).

Из основного смесителя готовый ЩАС раствор подается (перекачивается) в емкость для приготовления Ксерогеля. Емкость заполняется ЩАС раствором на 45%, затем в нее же засыпается песок до полного заполнения пористого пространства песка (до сравнивания уровней раствора и песка; весь песок должен быть покрыт раствором).

После завершения процесса гелеобразования и выстойки в течение от 3 часов до суток приготовленный ПГСМ извлекается из емкости для последующей просушки.

### 5.1.3. Процесс высушивания

ПГСМ получается из песчано-гелевого материала путем перевода компонентов ЩАС геля в форму аутигенной пленки на поверхности песчаных частиц.

Такой перевод осуществляется в результате последовательного выполнения ряда технологических операций.

1. *Изъятие из емкости приготовленного песчано-гелевого материала.*

Освобождение емкости от песчано-гелевого материала должно осуществляться через период времени от 3 часов до 1 суток после образования геля используемой ЩАС рецептуры и его затвердевания (прочность на одноосное сжатие 1-2 кг/см2). Образование геля должно определяться по контрольным пробам, отобранным из используемого ЩАС раствора. Изъятие песчано-гелевого материала может осуществляться (как вариант) путем переворачивания емкости над ровной поверхностью, покрытой пленкой.

1. *Механическое разрушение комков песчано-гелевого материала (нарушение гелевой структуры)*

Механическое разрушение осуществляется лопатами или кувалдой с резиновым наконечником

1. *Перевод ЩАС геля в форму аутигенной пленки на поверхности песчаных частиц*

Перевод геля ЩАС раствора в состав аутигенной пленки осуществляется путем высушивания геля. С этой целью масса песчано-гелевого материала с нарушенной структурой вводится в контакт с воздушной средой. Такой контакт возможно осуществлять путем выполнения следующих 2х вариантов, определяемых востребованными объемами материала геохимического барьера.

Вариант №1 используется если необходимый объем материала не превышает 2 – 3 м3. Такой вариант подходит для создания горизонтального геохимического барьера. В этом случает высушивание песчано-гелевого материала можно осуществить на площадке площадью 10 м2. Высушивание до сыпучего состояния материала геохимического барьера занимает 2 – 3 суток в летний период при условии защиты площадки от дождей. Процесс высушивания осуществляется при толщине слоя материала в 3 – 5 см и должен сопровождаться перемешиванием с регулярностью 2 – 3 раза в сутки.

Вариант №2 применим при необходимых объемах материала геохимического барьера, исчисляющихся сотнями и тысячами кубических метров. В этом случае для высушивания используется постоянная подача нагретого до 50 - 60ºС воздуха при перемешивании песчано-гелевого материала. Использование такой технологии позволяет сократить время высыхания до 2х часов.

## 5.3. Хранение

Готовый ПГСМ-Ксерогель можно хранить в течение любого периода времени, если он хранится в подходящем складе, обеспечивая защиту от любых негативных воздействий погоды. Хранилище должно быть организовано таким образом, чтобы исключить любое загрязнение готового ПГСМ, т.е. путем использования бетонной поверхности или путем размещения на земле подходящего защитного слоя (например, геомембраны, геотекстиля или стальных листов), чтобы предотвратить смешение с землей.



При временном хранении Ксерогель необходимо накрыть безопасным способом, чтобы предотвратить пересыхание или намокание материала.

## 5.4. Укладка ПГСМ

Как и в случае с любым природным минеральным барьерным материалом, испытываемые свойства варьируются в определенных границах.

Геохимический барьер из Ксерогеля может быть сооружен в виде горизонтального или вертикального экрана различной мощности в соответствии с требованиями проектировщика (мощность определяется в результате предварительных исследований для каждого конкретного объекта в зависимости от состава и концентрации потенциальных загрязнителей, п.6.5.).

Например, в России определены предельно-допустимые концентрации (ПДК) для стоков, сбрасываемых предприятиями, ПДК для природных вод, рыбохозяйственных водоемов. В зависимости условий конкретного объекта (характер источника загрязнения, инженерно-геологические и гидрогеологические условия и т.п.) определяются параметры конструкции защитного экрана из Ксерогеля и его эффективность работы как геохимического барьера.

В целях обеспечения одинакового времени контакта жидкой фазы отходов с сорбирующим материалом при укладке ПГСМ необходимо добиваться однородности слоя Ксерогеля по мощности. При этом должна учитываться кинетика сорбционного процесса для каждого из присутствующих элементов-загрязнителей, т.е процесс поглощения должен завершиться за время прохождения слоя барьера.

### 5.4.1. Горизонтальный барьер

Проектировщик/пользователь несет ответственность за правильность и своевременность подготовительного этапа до начала укладки ПГСМ-Ксерогеля в качестве горизонтального геохимического барьера. Грунтовое основание должно быть достаточно сухим, хорошо уплотненным и стабильным материалом, которое одобрено в отношении его пригодности в качестве основания для сооружения барьера. В любом случае оно должно быть достаточно прочным, чтобы разрешить транспортировку самосвала/транспортного средства при полной загрузке ПГСМ-Ксерогелем, не вызывая значительной колейности или другого повреждения на участке, где он будет укладываться. Допустимый диапазон влажности для обеспечения стабильного основания зависит от типа используемого материала. В любом случае возможность укладки слоя Ксерогеля на неподготовленное грунтовое основание должна быть тщательно проверена во время полевых испытаний.

Подготовку участка лучше всего делать непосредственно перед укладкой слоя Ксерогеля. Поверхность земляного полотна тщательно тщательно выравнивается с точностью ± 2 см при использовании 4-метрового выравнивающего луча. Поверхность должна быть ровной и свободной от любых посторонних предметов или других неровностей, таких как колеи, следы колес, гребни, более крупные поры или отверстия и так далее.

Проектировщик/пользователь должен обеспечивать качество проведения (ПОК) грунтовых и соответствующих испытаний в соответствии с таблицей 8 настоящего Руководства. Указанные количества и методы испытаний являются только предложениями, которые могут варьироваться в зависимости от типа конструкции и качества используемых материалов.

Таблица 8: **Рекомендуемые испытания грунтового основания в процессе укладки**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Параметр** | **Метод испытания или его эквивалент** | **Частота / количество** | **Требования** |
| Толщина | Измерение / выравнивание с помощью геодезиста |  | В соответствии с ПОК грунтового основания |
| Содержание влаги | ГОСТ Р 59537-2021 | 1 раз на 2.500 м2 | В соответствии с ПОК грунтового основания |
| Гранулометрический состав | ГОСТ 12536-2014 | 1 раз на 2.500 м2 | В соответствии с ПОК грунтового основания |
| Содержание органических веществ | ГОСТ 23740-2016 | 1 раз на 2.500 м2 | В соответствии с ПОК грунтового основания |
| Испытание подошвы основания (Ev2)  или  Испытание на проникновение конуса | ГОСТ 34276-2017;  ГОСТ Р ИСО 22476-2017 | 1 раз на 2.500 м2 | В соответствии с ПОК грунтового основания |
| Равномерность поверхности | 4 м выравнивания луча | Постоянно | В соответствии с ПОК грунтового основания |
| Посторонние предметы / частицы | Визуально | Постоянно | Свободно от таких |

Стандартная процедура укладки слоя ПГСМ-Ксерогеля может быть описана следующим образом: готовый ПГСМ выгружается на грунт с помощью самосвала в том месте, где он будет распределен и уложен. ПГСМ-Ксерогель укладывается экскаватором (предпочтительно с длинномерным ковшом шириной около 3 м) в продольных сечениях обычно от 5 до 7 или до 10 метров в ширину и более. При маневрировании назад экскаватор часто создает недопустимые колеи или дорожки на поверхности земляного полотна, которую оператор (при содействии работника) должен выровнять и разгладить до выгрузки и распределения Ксерогеля.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Требуемая толщина слоя Ксерогеля определяется во время экспериментальных испытаний по определению поглощающей способности Ксерогеля (п.6.5.) в отношении потенциальных загрязнителей подземных вод и необходимой и достаточной мощности слоя экрана в начале проекта (следует учитывать дополнительную толщину, на которую слой сыпучего материала будет уменьшаться в результате процесса уплотнения). Толщину неуплотненного рыхлого слоя часто проверяют во время установки путем прямых измерений с использованием зонда или лопаты с маркировкой и проталкиванием ее через слой без уплотнения.

В качестве альтернативы Ксерогель также может быть уложен асфальтоукладчиком, и в этом случае особое внимание должно быть уделено содержанию влаги в смеси Ксерогеля (опыт показывает, что влажность выше 8% и суглинистый песок, используемый в качестве основного материала для Ксерогеля приводит к трудностям из-за возрастающей пластичности материала).



Уплотнение достигается статически с помощью легкого уплотнителя (около 2-5 тонн в зависимости от стабильности грунта), более крупной вибрироплиты или с помощью барабанного ролика, приводимого в действие экскаватором. В районах, куда доступ затруднен, могут использоваться небольшие вибрационные плиты или просто ручные грунтовые катки.

Коллектив рабочих (персонал), а также используемое оборудование не должны меняться в течение всего проекта (начиная с полевого испытания, когда персонал приобретает опыт и проходит обучение, а метод установки оптимизирован). Если изменения состава рабочих неизбежны, необходимо обеспечить, чтобы это не приводило к нарушению установленного Регламента по укладке слоя Ксерогеля. При этом необходимо проводить инструктаж новых работников, включая демонстрацию, подтверждающую, что все соответствующие требования полностью выполнены.

Дополнительные требования к укладке:

* Достигнутая плотность ПГСМ должна быть в указанном диапазоне, полученном в результате предварительных испытаний, проведенных на одной и той же смеси, чтобы обеспечить выполнение требований к проницаемости.
* Экран из ПГСМ-Ксерогеля может устанавливаться независимо от погодных условий, за исключением дождя и мороза. Во время этих неблагоприятных погодных условий установка должна быть остановлена.
  + ПГСМ-Ксерогель уплотняется непосредственно после укладки (для предотвращения любых негативных последствий в результате погодных условий. Если материал Ксерогеля была чрезмерно смочен (и он стал слишком влажным и липким, чтобы его правильно установить и уплотнить), его необходимо удалить для дополнительной просушки.
  + При сооружении экрана из Ксерогеля на мягких грунтах, вспучивание грунтового основания непосредственно после уплотнения может привести к появлению трещин на поверхности слоя Ксерогеля. Использование более легкого оборудования для уплотнения поможет уменьшить перемещение грунтового основания и, следовательно, риск образования трещин.
  + Повреждение установленного слоя Ксерогеля должно быть исключено.
  + Если трафик непосредственно поверх уплотненного слоя Ксерогеля неизбежен, это может быть принято исключительно для гусеничных транспортных средств, если может быть гарантирована непрерывная проверка областей воздействия и прямой ремонт любых повреждений.
  + Любые формы проникновения в уложенный и уплотненный слой Ксерогеля запрещены.
  + Мощность горизонтального экрана определяется требуемым временем его эксплуатации в качестве геохимического барьера и объемом загрязненных вод. (п.11)

### 5.4.2. Вертикальный барьер

Проектировщик/Исполнитель несет ответственность за правильность и своевременность подготовительного этапа до начала укладки ПГСМ-Ксерогеля в качестве вертикального геохимического барьера.

Для правильного размещения вертикального барьера перед его сооружением необходимо оценить следующие критерии: протяженность барьера, его местоположение и развитие движения загрязненного потока. Четыре основных категории характеристик необходимы для определения местоположения вертикального барьера: 1) гидрогеологические; 2) инженерно-геологические; 3) геохимические (состав грунтовых вод); 4) техногенная нагрузка (вид, состав и концентрация загрязнителей).

Проект сооружения вертикального экрана должен быть основан на концептуальной геофильтрационной модели, учитывающей параметры фильтрации грунтовых вод в зоне размещения экрана, процессы распределения загрязнения, его перемещения, адсорбции и деградации. Местоположение и протяженность (ширина, глубина, длина) потока загрязнения должны быть максимально полно описаны в проекте, чтобы определить оптимальное количество Ксерогеля. Параметры барьера должны быть рассчитаны на максимальную загрузку потока загрязнителями, т.к. внести дополнительное количество реактивного материала невозможно, не выводя объект из эксплуатации.

Для правильного размещения вертикального барьера в проекте необходимо проанализировать гидравлическую проводимость, пористость пород, вмещающих барьер, а также направление загрязненного потока. Для предотвращения проникновения загрязнения в более глубокие водоносные горизонты барьер сооружается до ближайшего водоупора. В иных случаях глубина вертикального барьера определяется по результатам прогнозного геофильтрационного моделирования. Должны быть приняты во внимание сезонные изменения уровня грунтовых вод.

Мощность вертикального экрана определяется требуемым временем его эксплуатации в качестве геохимического барьера и скоростью фильтрации подземных вод. (см. п.11.)

## 5.5. Осуществление аналитического контроля за качеством материалов

От производителей может поступать жидкое стекло плотностью 1,43-1,50 г/см3.   
Для измерения плотности жидкого стекла необходимы стандартный набор ареометров для измерения плотности жидкого стекла в пределах 1,55-1,16 г/см3 и пластиковые цилиндры объемом 100 или 200 см3.

Приготовлению жидкого стекла плотностью 1,19 г/см3 должно предшествовать определение плотности стекла в поступившей партии. Каждое приготовление нового объема жидкого стекла требуемой плотности (1,19) должно контролироваться с помощью ареометра.

При отклонении плотности приготовленного жидкого стекла на 0,02 г/см3 в большую или меньшую сторону, оно не подлежит использованию.

Приготовлению геохимического барьера на основе ЩАС рецептуры при поступлении каждой новой партии жидкого стекла должна предшествовать экспериментальная оценка времени гелеобразования раствора с использованием прозрачной мерной пластиковой посуды объемом не более 0,5 л и миксера для перемешивания ЩАС раствора.

Для подбора требуемого соотношения жидкого стекла плотностью 1,19 г/см3 и приготовленного отвердителя с целью получения времени гелеобразования в 1 – 1,5 часа готовятся несколько проб с разницей в добавке отвердителя 5%.

# 6. Обеспечение и контроль качества (ОК / КК)

## 6.1 Программа обеспечения качества (ПОК)

Обеспечение качества и контроль качества, описанные в этом разделе, содержат, как часть общего управления качеством для ПГСМ–Ксерогеля, так и требования к качественному тестированию и контролю качества отдельных компонентов при производстве ПГСМ и его укладке, а также технологию определения минимально необходимой мощности слоя Ксерогеля для сооружения надежного геохимического барьера.

Перед началом сооружения барьера необходимо утверждение проектировщиком/испольнителем *Программы обеспечения качества* (ПОК). ПОК описывает все меры по контролю качества, включая обязанности, процедуры и методы испытаний, свойства материалов и процедуры утверждения, которые необходимы для выполнения всех требований к качеству барьерной системы.

ПОК должна включать как минимум:

* Порядок хранения исходных материалов и готовой смеси (если необходимо).
* Пропорции компонентов.
* Качество основания для укладки горизонтального экрана.
* Окончательная процедура изготовления и сооружения экрана.
* Инструменты, установки и оборудование, которые будут использоваться.
* Проводимые испытания и их частота.

По согласованию с ООО \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ПОК может быть адаптирована к любым особым условиям, преобладающим во время проекта, например, основанных на результатах испытаний, полученных во время полевого или лабораторного испытания.

## 6.2. Общие требования к контролю качества

Перед сооружением геохимических барьеров из ПГСМ-Ксерогеля полевое испытание согласно пункту 6.6. должно доказать, что произведенный материал Ксерогеля может быть уложен в соответствии с проектными условиями квалифицированным персоналом и выбранным подходящим оборудованием таким образом, чтобы готовый барьер отвечал всем требованиям.

Основываясь на опыте полевого испытания, полученные результаты тестирования, метод укладки и требования к грунтовому основанию обязательно описываются и документируются в ПОК .

Сооружение барьера выполняется подрядной организацией в тесном сотрудничестве с контролером качества. В процессе поставки компонентов, приготовления ПГСМ-Ксерогеля и сооружения барьера требуется опытный квалифицированный персонал контроля для документирования конструкции и обеспечения качества барьера.

Испытания по контролю качества в соответствии с настоящим Руководством должны проводиться опытной компанией, одобренной исполнителем. Необходимые тесты и их частота описаны в следующих пунктах (6.4 и 6.5.).

Методы испытаний по ГОСТ или альтернативные методы испытаний приводятся в соответствующей части главы 6. В случае возникновения проблем, которые могут быть результатом применения различных методов испытаний, любые результаты несоответствующих испытаний должны повторяться с использованием того же метода испытаний, который использовался во время предварительного исследования. Результаты, полученные с использованием метода испытаний, который применялся в ходе предварительного исследования, имеют преимущественную силу.

## 6.3. Документация по обеспечению качества

Результаты мер и испытаний по обеспечению качества должны документироваться в соответствии с требованиями, изложенными в пунктах 6.4., 6.5. и 6.6. настоящего Руководства. Отчет об итоговом контроле качества должен содержать все необходимые документы, полный набор тестовых протоколов и должен быть предоставлен проектировщику/исполнителю.

Проектировщику/исполнителю предоставляются ежедневные отчеты о результатах испытаний, проведенных на месте и/или в полевой лаборатории. Испытания, проведенные в лаборатории, не расположенной на площадке проекта, должны быть представлены в виде промежуточных отчетов в кратчайшие сроки. В случае, если какой-либо из результатов не соответствует требованиям, лицо, ответственное за обработку, должно быть немедленно информировано.

В рамках проекта необходимы следующие документы:

* + - Отчет о предварительном исследовании (п. 6.4)
    - ПОК (Программа обеспечения качества) (п. 6.1.)
    - Отчет о полевых испытаниях (п.6.5.)
    - Протоколы процесса приготовления ПГСМ (п.5.1.)
    - Ежедневные отчеты
    - Окончательный отчет о контроле качества

## Предварительное исследование и тестирование

Все исходные материалы, для производства Ксерогеля должны быть проверены в соответствии с Таблицей 9 до их обработки. Для этого должны быть протестированы репрезентативные образцы материалов, которые будут использоваться в производстве ПГСМ-Ксерогеля, а также готовый Ксерогель. Период времени, составляющий по меньшей мере от 8 до 10 недель до начала фактического сооружения барьера, должен считаться достаточным для проведения необходимых испытаний на проницаемость и поглощающую способность в отношении потенциальных загрязнителей.

Таблица 9 содержит тесты, которые должны быть выполнены, прежде чем одобрить любой из отдельных компонентов для производства Ксерогеля. Если какой- либо из испытуемых образцов не соответствует установленным требованиям, требуется дальнейшее исследование причин и последствий или должны быть получены и протестированы альтернативные материалы соответственно.

После успешного подтверждения соответствия для всех намеченных компонентов на тестовой смеси в лабораториях в динамических условиях проводятся сорбционные эксперименты с целью определения поглощающей способности материала в отношении потенциальных загрязнителей (п. 6.5.). Кроме этого, выполняется тест на проницаемость материала. Компоненты смешиваются в лабораторном смесителе в том же порядке и с использованием тех же компонентов и количеств, которые будут использоваться в смесительной установке в дальнейшем.

Цель предварительного исследования заключается в том, чтобы доказать, что качество испытуемого материала удовлетворяет требованиям по поглощающей способности и проницаемости, установленными для проекта.

Таблица 9 Предварительное тестирование компонентов и материала Ксерогеля

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Компонент** | **Контролируемый параметр** | **Метод испытания или его эквивалент** | **Частота/ количество** | **Требование** |
| **Песок** | Гранулометрический состав в расчете на сухую массу | ГОСТ 12536-2014 | 2 | < 0,063 мм: <10 (15)12 **мас**.%  (Вар**13** ≤+ 5%)   * 10,0 мм: 0,0 **мас**.%   d 50 : 0,15-0,7 мм  (Вар**13** ≤ ± 0,15 мм) |
| Содержание органических веществ | ГОСТ 23740-2016 | 2 | <1,5 % по массе |
| Определение рН | ГОСТ 26423-85 | 2 | 4.5 -10.0 |
|  |  |  |  |
| Содержание влаги | ГОСТ Р 59537-2021 | 2 | ≤ 12% **14** |
| Посторонние предметы / частицы | Визуально | Постоянно | Произвольно |
| Доказательство идентичности / соответствия | Проверка документов | По факту поставки | Сертификат происхождения, выданный поставщиком |
| **Жидкое стекло** | модуль |  |  |  |
| Время гелеобразования при добавке отвердителя |  |  |  |
| **Вода** | Электропроводность | РД 52 24.495-2005 | 2 | 5.0 - 9.0 |
| Определение рН | 2 |  |

1. Предпочтительным является базовый материал с фракцией менее 10% (ила и фракции глины). Если такой материал окажется труднодоступным для исходных материалов можно рассмотреть материал с содержанием мелких фракций до 15%
2. Если используется питьевая вода, испытания на смесительной воде могут быть опущены.

Все тесты должны быть документированы в окончательном отчете, копия которого должна быть представлена проектировщику/исполнителю.

Кроме того, при производстве Ксерогеля должны быть выполнены следующие задачи:

* + Визуальный осмотр всех доставленных компонентов по прибытии и проверка сопроводительной документации / сертификатов происхождения.
  + Тщательное изучение результатов смешивания во время работы смесительной установки (не допускать выпадения хлопьев).
  + Мониторинг производства смеси путем проверки работы смесительной установки (протоколы смешивания с информацией о навесках и времени смешивания, потреблении компонентов).
  + Визуальное исследование полученного материала Ксерогеля.

Все тесты должны быть документированы в *окончательном отчете контроля качества*. Этот отчет должен включать как минимум:

* + Идентификация всех отобранных компонентов для производства Ксерогеля, включая накладные и идентификационные номера (от производства до поставки на смесительную установку).
  + Сводка всех проведенных тестов, включая протоколы отбора образцов, сертификаты испытаний и протоколы испытаний.
  + Допустимые допуски для всех соответствующих значений, сравнение с эталонными значениями. Окончательная оценка и рекомендации.

## Методика определения поглощающей способности ПГСМ-Ксерогеля в лабораторных условиях

### Методика изучения сорбции в статике

Эксперимент заключается в определении концентрации элементов до и после взаимодействия с грунтом. Расчет величины поглощающей способности *(N)*, производится по формуле:



где *N* - поглощающая способность грунта в отношении определяемого элемента, мг/г; *P* - вес грунта, *V* - объем раствора, л; *С1*- исходная концентрация элемента в растворе, мг/л; *С2*- равновесная концентрация элемента, мг/л.

Для построения изотерм сорбции готовится серия растворов со следующими концентрациями элементов:

1. максимальными концентрациями, определенными в фильтрационных водах объекта;
2. с концентрациями, уменьшенными на порядок и увеличенными в 2, 5 и 10 раз относительно п.1.

Концентрации элементов в исходных и равновесных растворах контролируются методом ICP-MS анализа или атомно-спектрометрическим методом.

### Методика изучения сорбции в динамике

Общая схема проведения эксперимента в динамическом режиме заключается в том, что исследуемый раствор фильтруется через образцы исследуемого материала (Ксерогель). На выходе отбираются последовательные пробы фильтрата, в которых определяется концентрация элемента или элементов. Кривые зависимости относительной концентрации элемента от объема профильтровавшегося раствора (или времени), так называемые «выходные кривые», являются основой для последующих расчетов и прогнозного моделирования. Обязательным условием при проведении экспериментов в динамике является постоянная скорость фильтрации исследуемого раствора через образец. Только в таком случае «выходные кривые» могут использоваться для последующей обработки и математического моделирования процесса массопереноса загрязнителей.

По результатам экспериментов в динамике определяют поглощающую способность (*Nд*) сорбента, рассматриваемого в качестве геохимического барьера, в отношении данного элемента, а также рассчитывают миграционные параметры процесса массопереноса. Эти параметры позволяют сделать количественный прогноз миграции загрязнителей во времени.

Образец материала (Ксерогель), рассматриваемый в качестве геохимического барьера, взвешивают и помещают в опытную колонку (например, цилиндр из оргстекла). К колонке подключают систему (например, перистальтический насос), подающую раствор с определенной исходной концентрацией исследуемого элемента (или элементов) при постоянной скорости.

В исследованиях используются перистальтические насосы, работающие в диапазоне малых скоростей подачи раствора. На выходе фильтрат собирают последовательными порциями в объеме, позволяющем проводить анализ на атомно-абсорбционном, ICP спектрометре, или другом приборе, позволяющем фиксировать концентрацию исследуемого элемента. По полученным значениям изменения концентрации во времени строят «выходные кривые» в координатах *Сотн=f(t).*

Для получения «выходной кривой» в ходе фильтрации раствора через сорбент необходимо отобрать не менее 15-20 проб для определения в них концентрации загрязнителя. Концентрация загрязнителя должна быть четко привязана к объему профильтровавшегося раствора.

Эксперимент продолжается до установления основной зоны изменения концентрации в поровом пространстве 0,01<Сотн<0,95. На базе этих кривых рассчитываются миграционные параметры элементов-загрязнителей *n* и *D*, которые используются в формулах расчета минимальной мощности экрана и допустимого времени его эксплуатации в качестве геохимического барьера.

## Определение коэффициента фильтрации ПГСМ

В строительной практике используются несколько методов определения проницаемости грунтов. Например, с использованием трубки СПЕЦГЕО, ???. В данном случае можно использовать упрощенный метод, который заключается в следующем.

В стеклянную либо пластиковую трубку диаметром 2-5 см длиной 20-30 см помещается навеска материала ПГСМ с послойным уплотнением. Фиксируется высота образца и его вес для последующего расчета получаемой плотности. Сверху в трубку подается вода и поддерживается ее постоянный уровень. Объем воды, фильтрующийся через образец (расход), фиксируется во времени (например, определяется объем профильтровавшейся воды в равные промежутки времени). Опыт продолжается до установления постоянного расхода.

Коэффициент фильтрации вычисляется по формуле:

К – коэффициент фильтрации, м/сут

Q – расход, м3/сут

S- площадь сечения колонки, м2

I – градиент напора (разница напоров на входе и выходе в образец, отнесенная к длине образца)

T – время фильтрации данного объема фильтрата, сут

## Полевые испытания

В начале нового проекта в полевых испытаниях в рамках проекта должны быть продемонстрированы условия, при которых выбранные материалы, техника смешивания, использование подходящего оборудования и квалифицированного персонала приводят к сооружению геохимического барьера из Ксерогеля, который отвечает всем требованиям проекта. Предусмотренный способ сооружения барьера должен быть описан в Программе обеспечения качества (ПОК). Полевое испытание может быть использовано для оптимизации предлагаемого проекта. Оптимизированный метод, используемое оборудование и задействованный персонал должны быть четко документированы.

Количества и методы испытаний являются только рекомендациями, которые могут варьироваться в зависимости от типа конструкции и качества материалов. Результаты, полученные в ходе полевого испытания, должны быть зарегистрированы и документированы в Отчете о полевых испытаниях, который должен включать как минимум:

* + Способ смешивания и укладки;
  + Используемые инструменты и оборудование;
  + Имена лиц, участвующих в производстве, укладке и контроле качества;
  + Прикладные тесты и результаты испытаний;
  + Пропорции сырья в смеси;
  + Уплотнение в отношении процедуры укладки (количество, порядок и тип уплотняющих перемещений);
  + Визуальное качество уложенного слоя;
  + Однородность обрабатываемой смеси;
  + Погодные условия и любые последствия, вызванные погодой;
  + Качество грунтового полотна;
  + Любые другие аномалии или события, которые могут повлиять на результаты.

Технология подготовки и укладки ПГСМ и интенсивность испытаний во время сооружения барьера могут быть адаптированы на основе результатов, полученных во время полевого испытания.

Если результаты полевых испытаний соответствуют требованиям, опытный участок барьера может быть включен в фактический проект, и фактическое строительство может продолжаться без перерывов.

### Опытный фрагмент горизонтального экрана

Место проведения полевого испытания должно быть репрезентативным для района, которое должно содержаться в виде градиента и структуры грунтового основания. Обычно полевые испытания охватывают общую площадь около 400 м2.

Условия, используемые материалы и методы подготовки грунтового основания должны быть четко документированы до начала сооружения опытного участка барьера. Чтобы получить достаточную информацию, необходимо соблюдать более высокую частоту тестирования, чем при фактической стадии укладки.

Перед сооружением горизонтального экрана грунтовое основание должно быть подготовлено в соответствии с требованиями, изложенными в пункте 5.4.1. Рекомендуемая процедура испытания для грунтового основания приведена в следующей таблице.

Таблица 10: Рекомендуемые испытания грунтового основания во время полевых испытаний

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Параметр** | **Метод испытания или его эквивалент** | **Частота / количество** | **Требования** |
| Толщина | Измерение / выравнивание с помощью геодезиста | 1 раз на 200 м2 / минимум 2 | в соответствии с ПОК грунтового основания |
| Содержание влаги | ГОСТ Р 59537-2021 | 1 раз на 200 м2 / минимум 2 | в соответствии с ПОК грунтового основания |
| Гранулометрический состав | ГОСТ 12536-2014 | 1 раз на4 м2 / минимум 2 | в соответствии с ПОК  грунтового основания |
| Содержание органических веществ | ГОСТ 23740-2016 | 1 раз на 400 м2 / минимум 2 | в соответствии с ПОК грунтового основания |
| Испытание основания с использованием штампа  или  Испытание на проникновение конуса | ГОСТ 34276-2017;  ГОСТ Р ИСО 22476-2017 | 1 раз на 400 м2 / минимум 2 | в соответствии с ПОК грунтового основания |
| Равномерность поверхности | 4 м выравнивания лучом | Непрерывный | в соответствии с ПОК грунтового основания |
| Посторонние предметы / частицы | Визуально | Непрерывный | Свободно от таких |

Таблица 11: Испытание ПГСМ-Ксерогеля во время полевого тестирования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Параметр** | **Метод испытания или его эквивалент** | **Частота / количество** | **Требования** |
| Содержание влаги | ГОСТ Р 59537-2021 | 1раз 50 m3/минимум 2 | ≤ 12% |
| Мощность слоя после уплотнения |  | 1 р/100 м2 | Соответствие проекту |

### Опытный фрагмент вертикального экрана

С учетом необходимости адекватной оценки, длина фрагмента вертикального экрана должна составлять не менее 50 м.

В пределах опытного фрагмента экрана должны быть выполнены опытно-фильтрационные работы до и после сооружения барьера. В состав опытно-фильтрационных работ должны входить кустовые откачки, а также поинтервальные наливы или нагнетания по всем опытным скважинам.

На опытном участке должна быть создана наблюдательная сеть пьезометрических скважин. Реальные данные, получаемые по наблюдательным скважинам, позволяют верифицировать и уточнить разработанную в проекте геофильтрационную модель.

Для оценки работы экрана может использоваться метод геофильтрационного и геомиграционного моделирования, позволяющий получить общую оценку расхода загрязненного фильтрационного потока в результате создания искусственного экрана на пути его движения. В этой связи этот метод рекомендуется включить в раздел «Оценка эффективности работы завесы» проекта по созданию завесы.

# 7. Требования безопасности и охраны окружающей среды

7.1. ПГСМ Ксерогель является умеренно опасным веществом и относится к 3-му классу опасности по ГОСТ 12.1.007. При хранении не выделяет вредных веществ или паров. Затвердевшие растворы на основе смеси в воздушную среду токсичных веществ не выделяют.

7.2. Контроль состояния воздушной среды при работе со смесью осуществляют согласно ГОСТ 12.1.007 и ГОСТ 17.2.3.02 по графику санитарного контроля, согласованному с местными органами санитарного надзора.

7.3. Производственные сточные воды используются в технологическом процессе. Специальных мер по защите природной среды при работе со смесью не требуется.

7.4. Помещения, где проводятся работы со смесью, должны быть оборудованы обще-обменной приточно-вытяжной вентиляцией по ГОСТ 12.4.021, обеспечивающей состояние воздуха рабочей зоны в соответствии с ГОСТ 12.1.005. В местах пыления должны быть установлены местные вентиляционные отсосы. Проводить сухую уборку помещений.

7.5. При работе со смесью необходимо применять средства индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.011 и ГОСТ 12.4.103: спецодежда, спец обувь, защитные очки или маски, защитные рукавицы или резиновые перчатки, кроме того, респиратор ШБ-1 «Лепесток», а также соблюдать правила личной гигиены.

8.6. Средства индивидуальной защиты выдаются в соответствии с типовыми отраслевыми нормами.

7.7. Удаление продукта с кожи и слизистых оболочек производится теплой водой.

7.8. Люди, работающие со смесью должны проходить предварительный и периодический медицинские осмотры в соответствии с приказом Минздрава РФ № 90 от 14.03.1996 г.

7.9. Требования пожарной безопасности

ПГСМ -Ксерогель не взрывоопасен, не горит при воздействии открытого огня с выделением оксида углерода, непредельных углеводородов, органических кислот, альдегидов и других токсичных веществ.

# 8. Правила приемки

8.1 Приемка ПГСМ-Ксерогель должна производиться в соответствии с требованиями настоящего Руководства.

8.2. Материал принимается партиями. За партию принимается продукт, изготовленный из одних материалов по одной технологии, однородный по своим нормируемым показателям качества, сопровождаемый одним документом о качестве, массой не более 20 т.

8.3. Каждая партия материала должна сопровождаться документом о качестве, в котором

должны быть указаны:

- товарный знак и (или) наименование предприятия изготовителя, его адрес и телефон;

- наименование продукта;

- дата изготовления;

- номер партии;

- масса брутто и нетто (объем);

- результаты проведенных анализов при приемо-сдаточном контроле качества материала

- вид тары и число упаковочных единиц в партии;

- правила загрузки и разгрузки материала.

8.4. Для контроля качества ПГСМ, упакованного в мешки, пробу отбирают от 5% тарных мест, но не менее чем от трех мест при малых партиях и упакованных в МКР и другой вид упаковки.

8.5. При получении неудовлетворительных результатов анализа проводят повторный анализ на удвоенной выборке от той же партии. Результаты повторного анализа являются окончательными и распространяются на всю партию.

8.6. Входной контроль сырья и материалов на соответствие требованиям осуществляется путем проверки данных документов качества на это сырье и материалы, проверки комплектности поставки и визуальным осмотром сырья и материалов (упаковка, внешний вид). Входному контролю подвергается каждая партия поступившего сырья и материалов.

8.7. Операционный контроль осуществляется в течение смены по следующим показателям:

- внешний вид;

- фракционный состав песка;

- упаковка и маркировка;

- масса.

Периодичность и порядок проведения операционного контроля устанавливается в технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

8.8. При совпадении сроков проведения приемо-сдаточных и периодических испытаний проводятся периодические испытания.

8.9. Типовые испытания проводятся при постановке продукции на серийное производство, при изменении технологии производства, применяемого сырья, замене или модернизации производственного оборудования и технологической оснастки. Результаты типовых испытаний оформляются протоколом и актом с приложением соответствующих заключений и заверяются печатью изготовителя.

8.10. При получении неудовлетворительных результатов по какому-либо из показателей при любом статусе испытания, по нему проводят повторные испытания. Результаты повторных испытаний являются окончательными и распространяются на всю партию.

# 9. Транспортирование

9.1. ПГСМ-Ксерогель транспортируется всеми видами транспорта в соответствии с правилами перевозки грузов.

9.2 При транспортировании и хранении ПГСМ-Ксерогель следует предохранять от загрязнений, не допускать воздействия ударных агрессивных сред, попадания на продукцию воды, жидкостей, различных растворителей, масел.

# 10. Методы контроля и гарантии изготовителя

10.1 Отбор и подготовка проб и образцов осуществляется по нормативным документам на методы испытаний. Испытания проводятся после выдержки образцов при комнатной температуре в течение не менее 12 часов.

10.2 Контроль физико-механических и химических параметров ПГСМ-Ксерогеля выполняется в соответствии с Руководством.

10.3 Проверка внешнего вида, маркировки и упаковки производится визуально без применения специальных средств увеличения.

10.4 Изготовитель ПГСМ-Ксерогеля гарантирует соответствие требованиям настоящего Руководства при соблюдении потребителем условий транспортирования и хранения.

10.5 Готовый ПГСМ-Ксерогель можно хранить в течение любого периода времени, если он хранится в подходящем складе, обеспечивая защиту от любых негативных воздействий погоды.

# 11. Примеры расчетов и результатов экспериментальных работ

## 11.1. Расчет предельного времени эксплуатации барьера из ПГСМ-Ксерогеля

Для количественной оценки работы экрана из ПГСМ-Ксерогеля как геохимического барьера введено понятие предельно-допустимого времени его работы Тпр.. Это время, в течение которого все элементы-загрязнители, содержащиеся в отходах, поглощаются барьером и не выходят за его пределы.

Зная миграционные параметры n и D (п. 6.5.), предельно-допустимое время эксплуатации геохимического барьера (*Тпр*) можно рассчитать по следующей формуле:



где m - мощность экрана;

ξ - осредненное значение предельно допустимой концентрации загрязнителя на верхней границе водоносного горизонта: ξ =*inferfc* (2ПДКэл/С0), где ПДК - предельно допустимая концентрация элемента, С0 - исходная концентрация данного элемента в жидкой фазе отходов;

V – скорость фильтрации в барьере.

Расчет минимальной мощности экрана (Мmin), осуществляется по формуле:



где - *Тпр* - заданное время эксплуатации экрана, при котором не будет происходить загрязнения подземных вод.

Для осуществления прогнозного расчета допустимого времени эксплуатации экрана (Тпр )или минимальной необходимой мощности экрана на заданный период эксплуатации (Мmin) по приведенным выше формулам, помимо миграционных параметров (п. 6.5.2.), определяемых экспериментально, необходимо знать техногенную нагрузку на экран. Техногенная нагрузка определяется концентрациями присутствующих загрязнителей и скоростью фильтрации потока подземных вод (***v)*** через экран. Скорость фильтрации, в свою очередь, характеризует объем раствора с загрязнителями, который может профильтроваться через экран с полным поглощением последних в течение заданного времени.

Например

Таким образом, для прогнозирования миграции загрязнителей в теле создаваемого защитного экрана необходимо определить параметры массопереноса выявленных элементов-загрязнителей (миграционные параметры) и оценить техногенную нагрузку на экран: определить концентрации загрязнителей, которые могут сформироваться в дальнейшем в остающихся на месте складирования отходах, и определить скорости фильтрации потока подземных вод после создания завесы.

## 11.2. Пример сорбционных характеристик ПГСМ-Ксерогеля в отношении тяжелых металлов и радионуклидов

Приведенные в таблице 12 показатели сорбционной емкости Ксерогеля в отношении различных загрязнителей получены в Лаборатории охраны геологической среды геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в ходе проведения исследований на ряде объектов размещения отходов.

Таблица 12

Поглощающая способность ПГСМ-Ксерогеля в отношении токсичных загрязнителей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Исходная  концентрация,  мг/л | Скорость  фильтрации  (Vф), м/сут | Поглощающая  способность  (N), мг/см3 | Примечание:  Сопутствующие элементы в исходном  растворе, мг/л |
| **Pb** | 10 - 100 | 1,1 - 0,18 | **1,2 - 4,0** |  |
| 100 | 0,18 | **33,8** | FeS |
| **Cd** | 10 - 104 | 1,2 – 0,11 | **1,1 -2,2** |  |
| **Cu** | 1,0 - 112 | 1,2 - 0,73 | **1,0 –2,0** |  |
| **Zn** | 3,0 - 175 | 1,2 - 0,1 | **1,0 - 2,2** |  |
| 60 | 0,37 | **1,3** | Cd-120; Cu-75 |
| **Fe** | 100 | 0,44 | **5,8** |  |
| **Ni** | 10,0 - 175 | 0,3 - 0,02 | **1,3 - 1,5** |  |
| **Mn** | 12 | 1,2 | **8,1** |  |
| **Hg** | 4,8 | 0,18 | **0,4** |  |
| 10 | 0,18 | **0,13** | Ni-10;Cu-10;  Pb-9,5; Zn-18 |
| **Sr** | 0,6 - 80,3 | 23 - 0,16 | **0,1 - 2,1** |  |
| 0,6 | 23 | **0,01** | Ca-100 |
| **Cs** | 78 | 0,03 | **1,9** |  |
| **Nd** | 140 | 0,32 | **1,9** |  |
| **Th** | 96 | 0,2 | **3,4** |  |
| **U** | 26,7 | 2,1 | **4,4** |  |

Исходя из данных представленных в табл. 12, которые получены по результатам многочисленных экспериментальных исследований, необходимо отметить, что на поглощающую способность ксерогеля в отношении элемента-загрязнителя влияет ряд факторов. К ним можно отнести, как геохимическую природу самих элементов-сорбатов, так и характеристики, влияющие на процесс их поглощения на барьерном материале (исходные концентрации всех токсикантов в фильтрате, его общий химический макросостав, скорость фильтрации раствора через экран).

При прогнозной оценке возможности использования Ксерогеля в качестве геохимического барьера на конкретном объекте, что высокую эффективность Ксерогель будет проявлять в отношении тяжелых металлов и некоторых радионуклидов. Однако, как видно из приведенных в таблице данных, величина его сорбционной емкости по отношению к одному и тому же загрязнителю может существенно отличаться в зависимости от конкретных условий на объекте (скорости фильтрации, концентрации элемента, формы его нахождения и др.). Это определяет необходимость проведения предварительных исследований сорбционных свойств Ксерогеля в отношении загрязнителей на каждом конкретном объекте.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Нормативные ссылки

В настоящем Руководстве использованы ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.009-76 Система стандартов безопасности труда. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация

ГОСТ 12.4.021-75 Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Общие требования

ГОСТ 12.4.103-83 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация

ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний

ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями

ГОСТ 12.4.021-75 Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Общие требования

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.4.103-83 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация

ГОСТ 6709-72 Вода дистиллированная. Технические условия

ГОСТ 27025-86 Реактивы. Общие указания по проведению испытаний

ГОСТ Р 53228-2008 Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

ГОСТ 25584-2016 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации

ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического и микроагрегатного состава

ГОСТ 23740-2016 Грунты. Методы определения содержания органических веществ

ГОСТ 12536-2014. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.

ГОСТ Р-59537-2021. Методы лабораторного определения влажности за счет незамерзающих вод.

ГОСТ 34276-2017; ГОСТ Р ИСО 22476-2017. Методы лабораторного определения сопротивления грунта.

ГОСТ 26423-85 Методы определения электрической проводимости, рН и

плотного остатка водной вытяжки.

РД 52 24.495-2005. Водородный показатель и удельная электрическая проводимость.

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим Руководством целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (и классификаторов) на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (www.easc.by) или по указателям национальных стандартов, издаваемым в государствах, указанных в предисловии, или на официальных сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации. Если на документ дана недатированная ссылка, то следует использовать документ, действующий на текущий момент, с учетом всех внесенных в него изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то следует использовать указанную версию этого документа. Если после принятия настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение применяется без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Химизм технологии получения сорбента высокой проницаемости на основе ПГМ

Технология приготовления Ксерогеля опирается на гель-золь процессы, используемые в производстве нано-структурных материалов: в том числе композитных материалов, оптических волокон, ксерогелевых нанопленок.

На стадии приготовления ЩАС раствора реакции гидролиза и поликонденсации кремниевой кислоты приводят к образованию коллоидного раствора (золя), состоящего из частиц размером в несколько десятков нм. При взаимодействии силиката натрия со щавелевой кислотой происходит химическая реакция, приводящая к образованию оксалата натрия и выделению слабой кремниевой кислоты:

Na2SiO3 + H2C2О4 + H2O = Na2C2О4 + Si(OH)4

Молекулы малорастворимой кремниевой кислоты формируют агрегаты, протекают процессы конденсации, сопровождаемые выделением воды и формированием коллоидных частиц кремнезема:

Si(OH)4 → SiO2↓+ H2O

При отверждении раствора силиката натрия (жидкого стекла) солями кальция, магния, алюминия и др. образуются кальций-, магний- и алюмосиликатные гели, соответственно, в которых наряду с однородными силоксановыми связями формируются смешанные кальций-силоксановые, магний-силоксановые, алюмо-силоксановые связи. Состав и концентрация отвердителя влияют на структуру гелей. В предлагаемой технологии используется комплексный отвердитель, состоящий из сульфата алюминия и щавелевой кислоты. Формирование алюмосиликатных гелей из смеси силиката натрия с растворами солей алюминия происходит в широкой области соотношений состава смесей. Изменение рН за счет добавления щавелевой кислоты приводят к интенсивному образованию контактов между частицами и образованию монолитного геля, в котором молекулы воды заключены в гибкую, но достаточно устойчивую трехмерную сетку, образованную частицами алюмосиликата - гель.

Гелеобразование – это вид коагуляции, при котором не образуются дискретные частицы осадка, а вся масса коллоида, связывая растворитель, переходит в своеобразное полужидкое-полутвердое состояние. Происходит не только коагуляция, но и поликонденсация кремневой кислоты. При добавлении в раствор силиката натрия (жидкое стекло) отвердителей, которыми могут служить и кислоты, и соли поливалентных металлов, происходит укрупнение коллоидных частиц и конденсация ионных форм кремнекислоты в более сложные комплексы. С образованием крупных частиц раствор становится гетерогенным, происходит сцепление частиц в гроздья и цепи в местах их наименьшей гидрофильности. В силикатном золе по мере увеличения агрегации частиц появляется структурная сетка и происходит застудевание всей массы.

Сформировавшийся гель состоит из двух существенно обособленных элементов: скелета и интермицелярной жидкости. Ажурный скелет геля образуют структурные элементы угловатой формы с большим количеством контактов. В присутствии частиц песка гель полностью покрывает их поверхность благодаря близкой химической природе этих компонентов. В свежеприготовленном геле на каждую молекулу кремнезема приходится около 300 молекул воды, из которых меньшая часть связана с молекулами кремнезема, а большая заключена между структурными элементами. При уменьшении количества воды меняются механические свойства геля: при содержании 30-40 молекул воды на молекулу кремнекислоты гель легко режется ножом, при 20 – он становится плотным и тугим, при 10 – рассыпчатый. Для придания механической прочности и сыпучести песчано-гелевому материалу производится его сушка, в процессе которой удаляется жидкость, заполняющая пространство между частицами, составляющими сетку геля на поверхности частиц песка. На этой стадии исходно механически непрочная пленка сырого геля претерпевает огромную усадку и приобретает свойства твердого покрытия. В результате на поверхности частиц песка образуется пленка геля с сохранением наноразмеров структурных элементов и достаточно высокими значениями удельной поверхности, которые определяют хорошие сорбционные свойства материала.

Ключевыми моментами технологии являются:

а) эмпирический подбор оптимального соотношения жидкого стекла и комплексного отвердителя для задания необходимого времени гелеобразования с учетом объемов производимой партии сорбента;

б) определение оптимального времени сушки в зависимости от влажности и температуры окружающей среды, обеспечивающего получение сыпучего материала без растрескивания пленки песчано-гелевого сыпучего материала (ПГСМ).

Химизм процесса поглощения ионов-загрязнителей

Поверхность алюмосиликатного ПГСМ несет частичный отрицательный заряд, который определяет высокое сродство к ней загрязнителей катионного характера, таких как ионы тяжелых металлов и радионуклидов. При погружении сорбента в воду или обводненную среду пленка присоединяет молекулы воды и межмицеллярные полости частично восстанавливаются. Наличие в пленке жидкой фазы создает благоприятные условия для диффузии в нее веществ из контактирующего раствора. Скорости диффузии ионов в обводненных пленках сопоставимы со скоростями их движения в сплошных водных растворах. При контакте пленки геля с раствором электролита происходит встречная диффузия ионов из раствора в гель и наоборот. Благодаря этому процессу труднорастворимые соединения элементов загрязнителей могут образовываться не только на поверхности, но и в объеме пленки. При взаимодействии геля с грунтовыми водами, содержащими загрязняющие тяжелые металлы и другие элементы, происходит хемосорбция катионов элементов и синтез на поверхности скелета геля аморфных труднорастворимых силикатов. Пленкой из высушенного геля сорбируются все элементы, которые образуют с его каркасом труднорастворимые соли. Известно, что полимерные формы соединений образуют малорастворимые соединения с теми же элементами, что и мономерные формы, а большинство силикатов в воде нерастворимо. Растворимыми являются только соли щелочных металлов. Скорость хемосорбции особенно велика в начале работы сорбента.

Пленки высушенного ЩАС геля содержат сульфат и оксалат натрия, а также кремнекислоту в форме силиката натрия. Алюминий в интермицеллярной жидкости отсутствует, так как при используемых соотношениях исходных компонентов он полностью входит в состав скелета геля. При обильном омывании ПГСМ водой указанные компоненты постепенно выносятся во внешний раствор, прочность гелевого покрытия при этом не изменяется, так как скелет геля практически нерастворим.

Таким образом, вышеописанная технология за счет формирования на поверхности песка наноразмерных искусственных аутигенных алюмосиликатных пленок позволяет получить эффективный сорбент для загрязнителей катионного характера.