

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202293436** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2023.01.20

(51) Int. Cl. *C09K 3/22* (2006.01)
C09D 5/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.05.20

(54) **БИОЦЕМЕНТИРУЮЩАЯ СМЕСЬ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ И СВЯЗАННЫЕ С НЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ**

(31) 20176894.2

(32) 2020.05.27

(33) EP

(86) PCT/EP2021/063459

(87) WO 2021/239573 2021.12.02

(71) Заявитель:
БИНД-Х ГМБХ (DE)

(72) Изобретатель:

Шпитцнагель Мартин, Фриед
Луитпольд, Пазур Саския, Меркл Ян-
Филип, Хорнунг Флориан (DE)

(74) Представитель:

Зуйков С.А. (RU)

(57) Изобретение относится в первую очередь к применению смеси для уменьшения образования пыли и/или эрозии. Настоящее изобретение также относится к способу уменьшения образования пыли и/или эрозии, а также к смеси, подходящей для этой цели.

202293436
A1

202293436

A1

Биоцементирующая смесь для борьбы с пылью и связанные с ней применения

Настоящее изобретение относится в первую очередь к применению смеси для уменьшения пылеобразования и/или эрозии, а также к смеси, подходящей для этой цели. Дальнейшие аспекты, в частности, дальнейшее применение, будут очевидны из приведенного ниже описания.

Пыль встречается практически везде. В значительной степени это происходит в результате наличия неасфальтированных проезжих путей (автомобильных дорог, железных дорог, аэропортов), сельскохозяйственных земель, разработок месторождений, в том числе разработок месторождений открытым способом, строительных площадок, земель промышленного назначения, свалок и так далее. Существует ряд проблем, связанных с постоянным воздействием пыли. Например, пыль вредна для здоровья и может быть причиной сенной лихорадки, аллергии или пневмокониоза. Пыль вредна для окружающей среды; она переносит и распространяет вредные вещества, такие как химические вещества, тяжелые металлы, вирусы и микроорганизмы. Пыль создает опасность для дорожного движения, когда пыль мешает обзору участников дорожного движения. Пылеобразование обычно является следствием удаления материала с поверхности. Нежелательное удаление материала также связано с нежелательной потерей материала. Пыль может оседать внутри механизмов и на их поверхности (например, на транспортных средствах, на строительной технике) и может привести к повреждению и сокращению сроков технического обслуживания, особенно в отношении подвижных частей.

По этой причине в предшествующем уровне техники были предложены различные меры для подавления пыли.

Они включают покрытие брезентом и выращивание растительности. Однако и то, и другое, как правило, дорого и не всегда возможно. Например, насаждение на проезжих частях, таких как дороги, не возможно.

Другим предложением было увеличить содержание влаги в почве/нижнем слое почвы, например, путем добавления воды, рассольной воды и т.д. (Наими М., Чу Дж., *Environmental Science and Pollution Research* 24.29. 2017. 23341-23350; Майер Ф.Д. и соавт., *Geo-frontiers 2011: Advances in geotechnical engineering*. 2011. 4002-4011; Введение в каждом случае). Недостатком этой технологии является то, что эффект длится только до тех пор, пока не испарится водная фракция. Поэтому в зонах с жарким и сухим климатом эта мера может иметь очень короткий срок действия. Для достижения длительных или даже стойких эффектов может потребоваться постоянное повторение нанесения, что является

трудоемким и дорогостоящим. Еще одним недостатком является то, что предлагаемые солевые растворы чрезвычайно агрессивны по отношению к металлам (и, следовательно, к транспортным средствам и механизмам) и бетону. Кроме того, поскольку солевые растворы попадают в почву и грунтовые воды, технология однозначно вредна для окружающей среды.

Альтернативный подход к борьбе с пылью предполагает использование остатков перегонки (WO 2009/151316) или каменноугольного пека (EP 0 305 621). Однако оба вещества токсичны. Поэтому из соображений охраны окружающей среды их распространение недопустимо.

В патенте EP 2 838 969 предлагается подавление пыли с использованием дисперсий полимеров. Недостатком использования дисперсий полимеров, однако, является то, что, как правило, они с трудом поддаются или не поддаются биологическому разложению.

Согласно еще одной мере, органические соединения, такие как лигнин, лигносульфонаты, поверхностно-активные вещества, полиакриламиды, эфиры крахмала, полиакрилонитрилы, поливиниловые спирты, полиакриламиды, карбоксиметилцеллюлоза и поливинилацетаты, используются для связывания пыли (Стабников В. и соавт. Water Air Soil Pollut. 2013. 224:1631, Введение). Наибольшим недостатком, указанным в предшествующем уровне техники, является высокая стоимость, возникающая, в частности, в случае широкого применения (Стабников В. и соавт., *выше*, Таблица 2).

Вышеупомянутые недостатки были, по меньшей мере, частично преодолены с помощью микробной биоцементации, описанной в патенте WO 2006/066326. Опубликованная спецификация раскрывает способ образования высокопрочного биоцемента в проницаемом исходном материале, при этом исходный материал смешивают с эффективным количеством (i) микроорганизма, продуцирующего уреазу, (ii) мочевины и (iii) ионов кальция. В результате катализируемого уреазой превращения мочевины в карбонат и его реакции с предоставленными ионами кальция образуется карбонат кальция, который уплотняет исходный материал. Часть описания указывает на то, что раскрытый в нем способ подходит для применения в разработках месторождений, в строительстве или для получения специальных материалов. В отличие от обычных методов, описанных выше, при биоцементации возможно частично или полностью обойтись без использования веществ, которые не поддаются биологическому разложению. Отсутствует риск повреждения механизмов, транспортных средств и т.д., а затраты, связанные с применением, низкие (Стабников В. и соавт., *выше*, Таблица 2).

Одним из аспектов, связанных с пылеобразованием, является эрозия почвы. Эрозия почвы - это чрезмерная эрозия почв, вызываемая ветром и водой, происходящая, в частности, из-за неправильного использования земель человеком, например, удаление защитной растительности в результате чрезмерного выпаса скота или вырубки лесов, а также недостаточные периоды залужения. Особой проблемой в этом контексте является потеря верхнего слоя почвы, который является наиболее плодородным и важным с сельскохозяйственной точки зрения. Продолжающаяся эрозия почвы первоначально приводит к ухудшению качества почвы (деградация почвы). Деградация может в конечном счете привести к полной потере сельскохозяйственной функциональности почвы (нарушение почвы). Эрозия почвы - это проблема с далеко идущими экологическими, экономическими и социальными последствиями. Поэтому во всем мире были инициированы различные меры по защите почвы, но до сих пор они не смогли полностью устранить проблему.

Таким образом, основной целью настоящего изобретения было предложение мер по уменьшению пылеобразования и/или уменьшению эрозии, которые, по меньшей мере, частично преодолевают недостатки, указанные выше, и которые обеспечивают, по сравнению с известным биоцементацией, улучшенное, в частности, более длительное уменьшение пылеобразования и/или уменьшение эрозии. Другой целью настоящего изобретения было предложение мер по уменьшению пылеобразования и/или уменьшению эрозии, которые лучше сохраняют свойства по уменьшению пылеобразования и/или уменьшению эрозии после механического воздействия, в результате чего обработанный таким образом грунт также пригоден для применения. Другие цели настоящего изобретения, которые (дополнительно или альтернативно) должны быть достигнуты, очевидны из изучения описания, формулы изобретения, а также, в частности, из раздела с примерами.

Эта цель или эти цели достигаются в соответствии с настоящим изобретением посредством использования смеси, как указано в настоящем документе более подробно, для уменьшения пылеобразования и/или уменьшения эрозии, а также посредством смеси, подходящей для этой цели.

Дополнительные аспекты и предпочтительные конфигурации настоящего изобретения очевидны из приведенных ниже наблюдений, из прилагаемых примеров и, в частности, из прилагаемой формулы изобретения.

В соответствии с изобретением описанная в настоящем документе смесь подходит для биоцементации. Термин "биоцементация" в контексте настоящего текста представляет

собой уплотнение и/или отверждение (проницаемых) нижних слоев почвы (как определено далее ниже в контексте способа по настоящему изобретению). В результате на этих нижних слоях почвы предотвращается или уменьшается пылеобразование. Биоцемент в контексте этого текста является продуктом биоцементации, определенной в настоящем документе.

Предполагается, что указанное уплотнение и/или отверждение представляет собой процесс, при котором части нижних слоев почвы, на/в которых должно быть уменьшено или предотвращено пылеобразование, соединяются друг с другом, по меньшей мере, одним связующим, присутствующим в смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением и/или образованным из составляющих указанной смеси, и таким образом нижние слои почвы или части нижних слоев почвы уплотняются и/или отверждаются (биоцементация). Более конкретно, предполагается, что указанное уплотнение и/или отверждение представляет собой действие, при котором (живые) организмы, их части или ферменты, которые предпочтительно получают из указанных организмов или частей и/или продуцируются ими, используются для образования карбоната или для индуцирования и/или катализирования образования карбоната. Образовавшиеся карбонаты соединяют части нижних слоев почвы или нижние слои почвы, на/в которых должно быть уменьшено пылеобразование, с последующим уплотнением и/или отверждением нижних слоев почвы или их частей. Таким образом, в контексте этого текста образовавшиеся карбонаты представляют собой минимальную составляющую биоцемента.

Кроме того, в контексте настоящего изобретения уплотнение и/или отверждение модифицируют, как описано ниже, с помощью водорастворимого и/или вододиспергируемого, и/или водоземлюлируемого соединения, модифицирующего когезию.

Термин "уменьшение пылеобразования" (в настоящее время также кратко называемое "борьба с пылью" и "подавление пыли") относится, в частности, к длительному уменьшению или, возможно, полному уменьшению (то есть, предотвращению) подъема частиц пыли, предпочтительно пылеобразования, которое происходит при разработках месторождений, при строительных работах, в связи с использованием неасфальтированных проезжих путей и/или в сельском хозяйстве, более предпочтительно пылеобразования, которое возникает в результате хранения извлеченного грунта и/или отвалов. Термин "длительный" в данном контексте следует понимать как означающий, что связанная с выбросами потеря массы модельных нижних слоев почвы после одной минуты воздействия ветра в аэродинамической трубе со скоростью 12 м/с (определяемая в условиях и на модельных нижних слоях почвы, как описано в Примере 1) в течение периода, по меньшей

мере, 24 часов, предпочтительно, по меньшей мере, 48 часов, более предпочтительно, по меньшей мере, 3 дня и наиболее предпочтительно, по меньшей мере, 4 дня (после однократного применения смеси по настоящему изобретению), находится в том же порядке величины, т.е. потери массы, связанные с выбросами, установленные за период, относительно отличаются от одного другой менее чем в 10 раз. Например, если потеря массы, связанная с выбросами, в первый раз составляет 0,1%, а через 24 часа после первого раза составляет 0,9%, то потеря массы, связанная с выбросами, находится в пределах того же порядка величины. Если, напротив, потеря массы, связанная с выбросами, в первый раз составляет 0,1%, а через 24 часа после первого раза составляет, по меньшей мере, 1,0%, то потеря массы, связанная с выбросами, не находится в пределах того же порядка величины.

Поскольку подавление пыли приводит к уменьшению эрозии, то настоящее изобретение также относится к использованию для уменьшения эрозии.

В соответствии с настоящим изобретением это достигается главным образом за счет агрегации частиц пыли с образованием более крупных агрегатов, в настоящее время также называемых уплотнением. В результате агрегации на поверхности нижних слоев почвы образуется корка, которая предотвращает закручивание нижележащих частиц. Однако, как описано ниже, (первоначальная) твердая корка не позволяет делать никаких выводов или допускает только неадекватные выводы относительно продолжительности достижимого подавления пыли. Поэтому предполагается, что пылеподавляющая активность обусловлена дополнительным эффектом.

В соответствии с настоящим изобретением смесь содержит или состоит из следующих составляющих:

(i) по меньшей мере, один карбонатообразующий организм и/или фермент (т.е. организмы и/или ферменты, которые способны образовывать карбонат или индуцировать и/или катализировать образование карбоната);

(ii) по меньшей мере, одно вещество для образования карбоната;

(iii) по меньшей мере, одно водорастворимое и/или вододиспергируемое, и/или водоземмульгируемое соединение, модифицирующее когезию, выбранное из группы, состоящей из:

соединений, обладающих кальциевой аффинностью, в частности, соединений, имеющих кальцийсвязывающие функциональные группы, выбранные из карбоновых кислот, карбоксилатов, карбониллов, спиртов, алкоксидов, тиолов, тиолатов, сульфатов, сульфонов, аминов, амидов, катехолов, хинонов, фосфатов, фосфонатов; и

соединений, обладающих карбонатной аффинностью, в частности, соединений, имеющих карбонатсвязывающие функциональные группы, состоящие из катионных, анионных и/или нейтральных функциональных групп, более предпочтительно содержащие катионы, в частности моно- и поливалентные катионы, например, четвертичные аммониевые соединения, моно-, двух- или трехвалентные катионы металлов, карбоновые кислоты, сульфоновые кислоты, пероксикарбоновые кислоты, тиокарбоновые кислоты, сульфониновые кислоты, сульфеновые кислоты, амиды, амины, гидразины и тиолы;

(iv) необязательно: по меньшей мере, один источник катионов; и

(v) необязательно: по меньшей мере, один адъювант.

Просто для пояснения следует упомянуть, что смеси по настоящему изобретению всегда содержат различные соединения и/или вещества для составляющих (ii) и (iii). Это означает, что одно и то же вещество или одно и то же соединение в одной и той же смеси не может считаться как составляющей (ii), так и составляющей (iii).

Поскольку биоцементация в значительной степени зависит от активности фермента (ферментов) и/или (живых) организмов, ответ которых зачастую чувствителен к условиям окружающей среды, трудно было предвидеть, что биоцементация вообще будет происходить в присутствии дополнительных соединений или, по меньшей мере, в технически приемлемой степени.

Неожиданно, однако, на самом деле выяснилось, что смесь, описанная в настоящем документе, приводит к получению биоцемента с более длительной целостностью и, следовательно, к улучшению борьбы с пылью. Особенно примечательным фактом является то, что всего после нескольких применений или даже после всего лишь одного применения эти эффекты достигаются длительным образом. Настоящее изобретение критически основано на осознании того, что очевидная первоначальная корреляция между прочностью на разрыв и подавлением пыли больше не существует через два дня (хотя в отдельных случаях наблюдалась корреляция). Например, при обработке грунта лигносульфонатом кальция образуется тонкий, хрупкий слой, который, хотя и является прочным, фактически больше не обеспечивает подавления пыли после разрушения.

По этой причине твердость грунта, определяемая, например, с помощью прочности на разрыв, не подходит для прогнозирования возможного запыления обработанного грунта в течение длительного периода времени. Это означает, что смеси, которые приводят к менее твердому грунту, тем не менее, могут обладать выдающимися пылеподавляющими свойствами. Можно предположить, что для длительного подавления пыли когезия грунта/нижних слоев почвы в более глубоких слоях играет большую или даже основную

роль по сравнению с (первоначальной) твердостью поверхности. Это особенно актуально после того, как образец подвергся механическому напряжению. Для длительного подавления пыли важно, чтобы эффект уменьшения выбросов после механического воздействия на образец не уменьшался. В смеси по настоящему изобретению когезия нижних слоев почвы критически достигается за счет водорастворимого и/или вододиспергируемого, и/или водоземлюлируемого соединения, модифицирующего когезию (также называемого ниже для краткости соединением, модифицирующим когезию), при этом особенно эффективно борьба с пылью достигается в целом за счет взаимодействия составляющих (i), (ii) и (iii).

Еще одно преимущество, обнаруженное для смесей для применения в соответствии с настоящим изобретением, заключается в том, что они приводят к особенно быстротвердеющему и/или особенно стойкому к разрушению биоцементу. Это приводит к дальнейшему улучшению борьбы с пылью.

Термин "водорастворимый" в контексте составляющей (iii) обозначает соединение, которое имеет растворимость в воде количестве, по меньшей мере, 1 г/л, предпочтительно, по меньшей мере, 5 г/л, более предпочтительно, по меньшей мере, 10 г/л, более предпочтительно, по меньшей мере, 20 г/л, более предпочтительно, по меньшей мере, 50 г/л, наиболее предпочтительно, по меньшей мере, 100 г/л, определяемом в каждом случае при температуре 20° С.

Термин "вододиспергируемый" или "водоземлюлируемый" в контексте составляющей (iii) относится к соединению, которое является диспергируемым или эмульгируемым, соответственно, в воде в количестве, по меньшей мере, 1 г/л, предпочтительно, по меньшей мере, 5 г/л, более предпочтительно, по меньшей мере, 10 г/л, более предпочтительно, по меньшей мере, 20 г/л, более предпочтительно, по меньшей мере, 50 г/л, наиболее предпочтительно, по меньшей мере, 100 г/л, определяемом в каждом случае при температуре 20° С.

Для определения водорастворимости, вододиспергируемости или водоземлюлируемости соединения может быть использована следующая процедура: для определения растворимости в воде твердых, пастообразных и гелеподобных соединений (например, поливинилацетата 20, поликарбоната, длинноцепочечных жирных кислот и крахмала) определенное количество соединения (например, 5 г) помещают в определенное количество воды (например, 100 мл дистиллированной воды) и встряхивают при температуре 20° С в течение 24 часов. Затем эта система фильтруется (например, с использованием обеззоленной фильтровальной бумаги Nonyl 80-120 мкм). Затем

фильтровальную бумагу профессионально высушивают и взвешивают. Установленная масса за вычетом массы фильтра представляет собой массу остатка в граммах. Разница между определенным количеством соединения (например, 5 г) и массой остатка в граммах, деленная на определенное количество воды (например, 0,1 л), дает растворимость соответствующего соединения в воде в граммах на литр.

Для определения вододиспергируемости твердых, пастообразных и гелеподобных веществ определенное количество соединения (например, 50 г) помещают в определенное количество воды (например, 1000 мл дистиллированной воды) и гомогенизируют при температуре 20° С (например, используя растворитель DISPERMAT® LC75 со скоростью 15 000 оборотов в минуту в течение 5 минут). Затем смесь центрифугируют (например, 100 г в течение 2 мин). Супернатант сливают, а осадок профессионально высушивают и взвешивают. Установленная масса представляет собой массу осадка после центрифугирования. Разница между определенным количеством соединения (например, 50 г) и массой осадка после центрифугирования, деленной на определенное количество воды (например, 1 л), представляет собой вододиспергируемость вещества.

Для определения водорастворимости или водоэмульгируемости жидкого вещества (например, рапсового масла) можно использовать следующую процедуру: определенное количество соединения (например, 5 г) смешивают с определенным количеством воды (например, 100 г дистиллированной воды) и встряхивают систему в течение 24 часов. Затем смесь переносится в разделительную воронку. Смесь оставляют настояться в разделительной воронке в течение 5 минут. Если по истечении этого времени разделения фаз не происходит, то смесь оставляют в покое еще на 2 часа, предпочтительно еще на 10 часов. Если разделения фаз не происходит, то соединение считается водорастворимым. Водорастворимость соединения в этом примере составляет, по меньшей мере, 50 граммов на литр. Если разделение фаз все же происходит, фазы разделяются в разделительной воронке, а органическая фаза высушивается над сульфатом натрия. Определяют массу высушенной органической фазы (масса органической фазы в граммах). Разница между определенным количеством соединения (например, 5 г) и массой остатка в граммах, деленная на определенное количество воды (например, 0,1 л), дает водоэмульгируемость соответствующего жидкого соединения.

Другим предпочтительным методом разделения дисперсных и недисперсных фракций является центрифугирование. После соответствующей сушки можно определить массу остатка в граммах, а также, исходя из этого, водорастворимость или вододиспергируемость.

Чтобы достичь желаемой диспергируемости или увеличить диспергируемость, в контексте настоящего изобретения возможно и/или является преимуществом добавлять в смесь поверхностно-активное вещество, такое как эмульгатор и/или дисперсант, и/или стабилизатор. Эта процедура также открывает возможность достижения описанных в настоящем документе эффектов, предпочтительно синергетических эффектов, в отношении уплотнения, даже для модифицирующих когезию соединений, которые обладают довольно низкой диспергируемостью.

Термин "модифицирующий когезию" в контексте составляющей (iii) в настоящее время обозначает соединение, которое присутствует в смеси в минимальном количестве, достаточном для изменения когезионных свойств модельного нижнего слоя почвы, как описано в настоящем документе (промытый и высушенный кварцевый песок с гранулометрической характеристикой 0-2 мм; см. Пример 1). Это означает, что соединение, которое в основном (в достаточно большом количестве) обладает свойствами, модифицирующими когезию, но присутствует в смеси в количестве ниже минимального, не считается составляющей (iii). Термин "модифицировать" в настоящее время относится, в частности, к увеличению сил когезии между частицами нижнего слоя почвы. Показателем свойств, модифицирующих когезию, является наличие, по меньшей мере, одной химической группы, которая способна связывать кальций и/или карбонат. Соответственно, одно предпочтительное соединение, модифицирующее когезию, обладает кальциевой аффинностью и/или карбонатной аффинностью.

Конкретно указанные в настоящем документе водорастворимые и/или вододиспергируемые, и/или водоземлюлируемые соединения, модифицирующие когезию, по определению являются соединениями составляющей (iii) по смыслу настоящего изобретения. Конкретно указанные соединения представляют собой предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения в каждом случае.

Является ли другое соединение (испытываемое соединение) составляющей (iii) по смыслу настоящего изобретения, может быть определено путем определения связанной с выбросами потери массы модельного нижнего слоя почвы через одну минуту воздействия ветра в аэродинамической трубе со скоростью 12 м/с (определяемая в условиях и на модельном нижнем слое почвы, как описано в Примере 1) в заранее определенное время после однократного нанесения смеси, которая включает испытываемое соединение, а также составляющие (i) и (ii) (испытываемое значение) и сравнения его со связанной с выбросами потерей массы, которая происходит в заранее определенное время после однократного нанесения соответствующей смеси, которая не включает исследуемое соединение

(сравнительное значение). Специалист в данной области техники знает, что эффект может зависеть от используемого количества. Таким образом, это сравнение может быть проведено для различных количеств испытуемого соединения. Если испытуемое значение ниже сравнительного значения, то испытуемое соединение в испытуемом количестве является соединением, которое модифицирует когезию по смыслу настоящего изобретения. С помощью простых испытаний на растворимость (известных специалисту в данной области техники и также описанных в настоящем документе) можно определить, соответствует ли соединение требуемому профилю растворимости.

Предварительно определенное время может составлять 24, 36, 48, 60 и/или 72 часа после применения. Специалист в данной области техники знает, что содержание воды влияет на подавление пыли. Авторы настоящего изобретения заметили, что синергетический эффект особенно силен, если нижний слой почвы полностью высушен (примерно через 4 дня). Поэтому предпочтительно проводить испытание, когда нижний слой почвы полностью высохнет, т.е., например, через 3 дня, 3,5 дня, 4 дня, 4,5 дня или 5 дней после применения.

Является ли соединение (испытуемое соединение) составляющей, обладающей кальциевой аффинностью, можно проверить с помощью хроматографии на кальциевую аффинность. Этот способ описан в работе Пората Дж. и соавт. (Порат Дж. и соавт. *Nature*. 1975. 258(5536):598-599). В частности, можно использовать протокол, основанный на протоколе Campbell J A *Biochem Soc Trans*. 1991. 19(4):387S: Sepharose 6 Fast Flow (GE Healthcare, Life Science) наслаивают слоями в колонку (9x100 мм) и промывают четыре раза раствором хлорида кальция (5 мг/мл). Промывка состоит из объема, который соответствует объему одной колонки (определенному в настоящем документе). Гель промывают один раз трис-ацетатным буфером (pH 8,2, 0,1 М) с хлоридом натрия (0,1 М) для удаления несвязанных ионов кальция. Испытуемое соединение растворяют, эмульгируют или диспергируют в буфере трис-ацетат/хлорид натрия в концентрации 1 г испытуемого вещества на литр. Если физико-химические свойства испытуемого вещества делают его нерастворимым в соответствующем буфере, то специалист в данной области техники выберет подходящий буфер. Используемый способ обнаружения - абсорбционная спектроскопия на длине волны 280 нм. Коэффициент экстинкции для испытуемого соединения должен быть определен заранее опытным путем и должен превышать 1000 л моль⁻¹ см⁻¹ или 40 лг⁻¹ см⁻¹. В противном случае, специалист в данной области техники выберет подходящую длину волны, при которой коэффициент экстинкции действительно превышает значение, описанное выше. В противном случае, при любой длине волны,

количество элюируемого вещества должно быть определено методами гравиметрии и/или атомной спектроскопии. Испытуемое вещество должно быть нанесено на колонку. В этом случае, посредством применяемого объема и концентрации испытуемого вещества, определяется количество используемого испытуемого вещества, которое представляет собой количество используемого испытуемого вещества (определено в настоящем документе). После загрузки испытуемого вещества колонку промывают буфером трис-ацетат/хлорид натрия и приступают к отбору образцов. Колонку необходимо трижды промыть буфером трис-ацетат/хлорид натрия и собрать фракции. Массу испытуемого соединения в элюате необходимо определить и суммировать с помощью абсорбционной спектроскопии. Эта общая сумма масс испытуемого соединения в отдельных фракциях представляет собой элюированное испытуемое соединение (определено в настоящем документе). Элюированное испытуемое соединение следует разделить на количество используемого испытуемого вещества. Если соотношение этих соединений составляет менее 0,98, то испытуемое соединение проявляет кальциевую аффинность. Более предпочтительно колонку можно промыть раствором этилендиаминтетраацетата (EDTA) (10 ммоль) четыре раза, чтобы элюировать из колонки испытуемое соединение, обладающее кальциевой аффинностью. Массу испытуемого соединения в элюате необходимо определить и суммировать с помощью абсорбционной спектроскопии. Эта общая сумма представляет собой испытуемое соединение, элюированное посредством EDTA (определено в настоящем документе). Если отношение элюированного посредством EDTA испытуемого соединения к используемому количеству испытуемого вещества превышает 0,02, то соединение является соединением, имеющим кальциевую аффинность.

Является ли соединение (испытуемое соединение) составляющей, имеющей карбонатную аффинность, можно проверить с помощью следующего количественного анализа: испытуемое соединение растворяют, эмульгируют или диспергируют в дистиллированной воде в концентрации 1 г на литр; этот раствор представляет собой компонент А. Раствор, приготовленный в качестве компонента В представляет собой раствор карбоната натрия в концентрации 200 г на литр. Один миллилитр полностью гомогенизированного компонента А добавляют при встряхивании к десяти миллилитрам компонента В и смесь выдерживают в течение 48 часов. Если происходит осаждение и/или обильное выделение газа, то соединение представляет собой соединение, обладающее карбонатной аффинностью (качественное определение). Этот количественный анализ также может быть проведен (полу)количественно с помощью определения карбоната методом Шейблера или путем дальнейшей разработки указанной методики (например, как

описано в работе Хорвата, Б. и соавт., Простой метод измерения содержания карбоната в почвах, *Soil Science Society of America Journal* 2005, 69, 1066-1068). Для этого необходимо определить объем газа, образующегося при объединении испытуемых веществ. Полученный осадок следует отделить от раствора центрифугированием и высушить. Затем высушенный осадок смешивают с кислотой и измеряют полученный объем газа. Если сумма двух измеренных объемов газа превышает 0,1 мл газа на 1 г используемого количества испытуемого вещества, то рассматриваемое соединение обладает карбонатной аффинностью. Следующими предпочтительными смесями являются смеси, которые характеризуются тем, что эффект подавления пыли, вызываемый составляющими (i), (ii) и (iii) (также упоминаемый в настоящем документе как эффект пылеподавления), больше, чем суммарный эффект подавления пыли, вызываемый составляющими (i) и (ii) и эффект подавления пыли, вызываемый составляющей (iii). Другими словами, указанные предпочтительные смеси представляют собой смеси синергитического действия, которые обеспечивают особенно эффективное подавление пыли в течение длительного периода времени.

Эффект подавления пыли может быть определен путем определения связанной с выбросами потери массы модельного нижнего слоя почвы через одну минуту воздействия ветра в аэродинамической трубе со скоростью 12 м/с (определяемая в условиях и на модельных нижних слоях почвы, как описано в Примере 1) в определенное время (например, 24 часа, 48 часов, 3 дня, 4 дня и т.д.) после однократного применения соответствующих составляющих.

Предпочтительные смеси содержат следующие вещества в качестве составляющей (ii):

мочевину и ее соли; органические кислоты, такую как молочная кислота и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры; глюконовую кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры; уксусную кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры; муравьиную кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, пропионовую кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, бутановую кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, пентановую кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, муравьиную кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, малеиновую кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, янтарную кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, пировиноградную кислоту и ее соли,

предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, ацетоуксусную кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, леулиновую кислоту и их соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, щавелевоуксусную кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, лимонную кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, фруктовые кислоты, преимущественно яблочную кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, лимонную кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, фумаровую кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, глюконовую кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, гликолевую кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, миндальную кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, щавелевую кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, салициловую кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, α -гидроксикаприловую кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, и винную кислоту и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры; пептиды, предпочтительно содержащий не протеиногенные аминокислоты, аспарагин, аланин, глицин, лизин, глутамин и/или глутаминовую кислоту; аминокислоты, предпочтительно не протеиногенные аминокислоты, аспарагин, аланин, глицин, лизин, глутамин и глутаминовую кислоту, и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры; растительные и животные сложные субстраты, в частности, пептон, дрожжевой экстракт, мясной экстракт, питательным бульоном и казаминовую кислоту; потоки промышленных остаточных веществ, в частности, жидкий кукурузный экстракт, маточный раствор лактозы, белковые лизаты, предпочтительно из гороха, мяса, картофеля или томатов; анаэробные субстраты, предпочтительно диоксид углерода и метан.

Особенно предпочтительные смеси содержат в качестве составляющей (ii) мочевины, ацетат, формиат, лактат, пропионат, пируват, глюкозу, сахарозу, фруктозу, глицерин, глюконат, лактозу и/или аминокислоту (аминокислоты).

Предпочтительные смеси содержат следующие вещества в качестве составляющей (iii):

Лигносульфонат, в частности, лигносульфонат кальция, формиат кальция, пропионат кальция, лактат кальция, ацетат кальция, пируват кальция, салицилат кальция, казеинат, альбумин, аланин, аспарагин, глицин, глутамин, глутамат, лизин, непротеиногенные аминокислоты, дрожжевой экстракт, альбумин, поливиниловый спирт,

эфир крахмала, сульфат магния, гуминовая кислота, силикат щелочного металла, стирол-акрилатная дисперсия, поливинилацетатная дисперсия, полиакрилонитрильная дисперсия, полиакриловая кислота, полиакриламид, этиленвинилацетатная дисперсия и стирол-бутадиеновая дисперсия.

Любая ссылка в настоящем тексте на (полимерную) дисперсию также охватывает рассматриваемый полимер.

В более предпочтительных смесях, составляющие (ii) и (iii) (и необязательно вспомогательная составляющая (составляющие)) состоят из одной из следующих комбинаций:

Составляющая (ii)	Составляющая (iii)	Вспомогательные составляющие
Мочевина	Поливинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Поливиниловый спирт	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Формиат кальция	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Лактат кальция	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Ацетат кальция	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Пропионат кальция	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Эфир крахмала	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция,

		поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Сложный эфир крахмала	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Эфир целлюлозы	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Сложный эфир целлюлозы	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Стирол-бутадиеновая дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Этиленвинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Стирол-акрилатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Полиакрилонитрильная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Альбумин	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Аланин	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Глицин	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция,

		поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Глутамин	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Лизин	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Казеинат	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Сульфат магния	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Дрожжевой экстракт	Еще один дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Гуминовая кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Силикат щелочного металла	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Мочевина	Непротеиногенные аминокислоты	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Уксусная кислота	Лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Уксусная кислота	Эфир крахмала	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция,

	лигносульфонат кальция	целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Молочная кислота	Эфир крахмала	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Молочная кислота	Эфир целлюлозы	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Молочная кислота	Поливиниловый спирт	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Молочная кислота	Гуминовая кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Молочная кислота	Казеинат	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Молочная кислота	Стирол-бутадиеновая дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Молочная кислота	Этиленвинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Молочная кислота	Поливинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Молочная кислота	Стирол-акрилатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Непротеиногенные аминокислоты	Лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные

	лигносульфонат кальция	целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аланин	Эфир крахмала	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аланин	Эфир целлюлозы	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аланин	Поливиниловый спирт	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аланин	Гуминовая кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аланин	Казеинат	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аланин	Молочная кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аланин	Стирол-бутадиеновая дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аланин	Этиленвинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аланин	Поливинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аланин	Стирол-акрилатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные

Глицин	Лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глицин	Эфир крахмала	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глицин	Эфир целлюлозы	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глицин	Поливиниловый спирт	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глицин	Гуминовая кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глицин	Казеинат	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глицин	Молочная кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глицин	Стирол-бутадиеновая дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глицин	Этиленвинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глицин	Поливинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глицин	Стирол-акрилатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция,

		аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Лизин	Лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Лизин	Эфир крахмала	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Лизин	Эфир целлюлозы	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Лизин	Поливиниловый спирт	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Лизин	Гуминовая кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Лизин	Казеинат	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Лизин	Молочная кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Лизин	Стирол-бутадиеновая дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Лизин	Этиленвинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Лизин	Поливинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные

Лизин	Стирол-акрилатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аспарагин	Лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аспарагин	Эфир крахмала	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аспарагин	Эфир целлюлозы	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аспарагин	Поливиниловый спирт	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аспарагин	Гуминовая кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аспарагин	Казеинат	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аспарагин	Молочная кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аспарагин	Стирол-бутадиеновая дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аспарагин	Этиленвинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аспарагин	Поливинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция,

		аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Аспарагин	Стирол-акрилатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамин	Лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамин	Эфир крахмала	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамин	Эфир целлюлозы	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамин	Поливиниловый спирт	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамин	Гуминовая кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамин	Казеинат	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамин	Молочная кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамин	Стирол-бутадиеновая дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамин	Этиленвинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные

Глутамин	Поливинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамин	Стирол-акрилатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамат	Лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамат	Эфир крахмала	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамат	Эфир целлюлозы	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамат	Поливиниловый спирт	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамат	Гуминовая кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамат	Казеинат	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамат	Молочная кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамат	Стирол-бутадиеновая дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамат	Этиленвинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция,

		аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамат	Поливинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Глутамат	Стирол-акрилатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Пропионовая кислота	Лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Пропионовая кислота	Эфир крахмала	Дрожжевой экстракт, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Пропионовая кислота	Эфир целлюлозы	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Пропионовая кислота	Поливиниловый спирт	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Пропионовая кислота	Гуминовая кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Пропионовая кислота	Казеинат	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Пропионовая кислота	Молочная кислота	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Пропионовая кислота	Стирол-бутадиеновая дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные

Дрожжевой экстракт	Стирол-бутадиеновая дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Дрожжевой экстракт	Этиленвинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Дрожжевой экстракт	Поливинилацетатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные
Дрожжевой экстракт	Стирол-акрилатная дисперсия	Дрожжевой экстракт, лигносульфонаты, в частности, лигносульфонат кальция, поливиниловый спирт, соли кальция, аминокислоты, пептиды, целлюлоза и ее производные, крахмал и его производные

Если не указано иное, вещества (кислоты), указанные в настоящем документе, также могут присутствовать в виде соли, предпочтительно карбоксилата, или сложного эфира.

Специалист в данной области техники знает, что количество используемой составляющей (iii) в значительной степени зависит от ее собственных (например, физико-химических) свойств и от свойств других составляющих смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением, а также от свойств нижнего слоя почвы, и соответственно выберет подходящие комбинации и количество используемой составляющей (iii). Когда соединение составляющей (iii) присутствует в культуральной среде, в которой составляющая (i) присутствует в виде бактериальной культуры, ее количество обычно слишком мало для достижения желаемых эффектов. Количество, вносимое бактериальной культурой, обычно настолько мало, что соединение присутствует только в следовых количествах в полученной смеси.

В предпочтительных смесях, составляющая (iii) присутствует в количестве, по меньшей мере, 0,5 мас.%, предпочтительно, по меньшей мере, 1,0 мас.%, более предпочтительно, по меньшей мере, 1,5 мас.%, более предпочтительно, по меньшей мере, 2,0 мас.%, более предпочтительно, по меньшей мере, 2,5 мас.% и наиболее предпочтительно, по меньшей мере, 3,0 мас.%, исходя в каждом случае из общей массы составляющих (i), (ii) и (iii). В предпочтительных смесях, составляющая (iii) присутствует в количестве не более 85 мас.%, предпочтительно не более 75 мас.%, более предпочтительно не более 65 мас.%, более предпочтительно не более 55 мас.%, более

предпочтительно не более 45 мас.% и наиболее предпочтительно не более 35 мас.%, исходя в каждом случае из общей массы составляющих (i), (ii) и (iii). В особенно предпочтительных смесях, составляющая (iii) присутствует в количестве от 0,5 до 85 мас.%, предпочтительно от 1,0 до 75 мас.%, более предпочтительно от 1,5 до 65 мас.%, более предпочтительно от 2,0 до 55 мас.%, более предпочтительно от 2,5 до 45 мас.% и наиболее предпочтительно от 3,0 до 30 мас.%, исходя в каждом случае из общей массы составляющих (i), (ii) и (iii).

Предпочтение далее отдается смесям, в которых составляющая (iii) выбрана из группы, состоящей из:

(iii-1) (био)полимеров, выбранных из группы, состоящей из:

целлюлозы и ее производных, крахмала и его производных, лигнинов и их производных, в частности, лигносульфонатов и крафт-лигнинов, пектинов и их производных, гуминовых кислот и их производных;

хитина и его производных, хитозана и его производных, циклодекстринов и их производных, декстринов и их производных,

натуральных клеев, гидрогелеобразующих веществ, холодорастворимых и/или горячерастворимых (растительных) клеев, латекса, каучука и их производных;

источников белка и/или пептидов, которые содержат, по меньшей мере, одну из следующих аминокислот: аланин, глицин, лизин, аспарагин, глутамин, глутамат, непотеиногенная аминокислота; эфиры крахмала и сложные эфиры крахмала, дрожжи и их производные и экстракты;

жидких и высушенных полимерных дисперсий или полимеров, содержащих или состоящих из кислот, в частности, ангидридов кислот, сульфоновых кислот, сульфиновых кислот, сульфеновых кислот, карбоновых кислот, пероксикарбоновых кислот и тиокарбоновых кислот, а также их солей, сульфоксидов, цианатов, тиоцианатов, сложных эфиров, простых эфиров, тиоэфиров, оксиранов, тиранов, аминов, иминов, гидразинов, гидразонов, амидов, сульфатов, нитрилов, альдегидов, тioenальдегидов, кетонов, тиокетонов, оксимов, спиртов, тиолов, радикалов, галогенов, силанов, силоксанов, фосфатов, фосфонатов, алкилов, аллилов и арилов, а также их производных,

(iii-2) (поли)сахаридов и внеклеточных полимерных веществ (EPS) и в каждом случае из их производных, выбранных из группы, состоящей из микробных экзополисахаридов, предпочтительно содержащих или состоящих из лактозы, сахарозы, глюкозы, глюкозамина, маннозы, глицерина, ацетата, глюконата, фруктозы, инулина и их комбинаций;

(iii-3) карбоновых кислот, выбранных из группы, состоящей из муравьиной кислоты, малеиновой кислоты, янтарной кислоты, бутановой кислоты, пропановой кислоты, уксусной кислоты, пировиноградной кислоты, ацетоуксусной кислоты, леулиновой кислоты, щавелевоуксусной кислоты, лимонной кислоты, фруктовых кислот, предпочтительно яблочной кислоты, лимонной кислоты, фумаровой кислоты, глюконовой кислоты, гликолевой кислоты, миндальной кислоты, щавелевой кислоты, салициловой кислоты, α -гидроксикаприловой кислоты и винной кислоты, жирных кислот, предпочтительно короткоцепочечных и среднецепочечных жирных кислот, и молочной кислоты, и в каждом случае из их соли, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров,

(iii-4) неорганических связующих, минералов и солей, выбранных из группы, состоящей из цемента, включая его производные, предпочтительно СЕМ I, СЕМ II, СЕМ III, СЕМ IV, СЕМ V, СЕМ VI, глиноземистого цемента, магнезиального цемента, фосфатного цемента, гипса, силикатов натрия, калия и лития, а также из других производных жидкого стекла, карбоната кальция и его производных, оксида алюминия, гидроксида алюминия, сульфата кальция, гидроксида кальция, оксида кальция, сульфата магния, микрокремнезема, каолинов, бентонитов и (гидратированной) извести;

(iii-5) аминокислот, выбранных из группы, состоящей из аланина, глицина, лизина, аспарагина, глутамин, глутамата, непотеиногенной аминокислоты и в каждом случае из их солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров и амидов.

Термин "полимер", как определено в настоящем документе, охватывает все водорастворимые и/или вододиспергируемые, и/или водоземлюлируемые (как определено в настоящем документе) полимеры. Полимерные дисперсии составляют подгруппу полимеров.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения, жидкая или высушенная полимерная дисперсия, или жидкий или высушенный полимер представляет собой полимер или сополимер, который содержит мономеры из следующих мономеров или состоит, по меньшей мере, из двух различных мономеров, выбранных из следующих мономеров: этилена, пропена, бутадиена, бутена, стирола, изопрена (а также, дополнительно из аллильного и арильного мономеров), акриловой кислоты и ее солей, предпочтительно из карбоксилатов и их сложных эфиров, винилмономеров, таких как винилацетат, винилхлорид, винилнеодеканоеатов, винилпирролидона и винилимидазола и из каждого из их производных, изоциановой кислоты и ее солей, более предпочтительно из цианатов, в частности, из моно-, ди- и полиизоцианатов, спиртов, предпочтительно из

полигидроспиртов, более предпочтительно из диолов, триолов и тетраолов, аминов, предпочтительно из полифункциональных аминов, более предпочтительно из диаминов, триаминов, тетрааминов, в частности из диаминобензола, этилендиамина и диэтилентриамин, эпихлоргидрина, бисфенолов, предпочтительно из бисфенола А и бисфенола F, 2-этил-2-оксазолина, этиленоксида, пропиленоксида, мочевины, меламина, фенола, формальдегида, силоксана, тетраметилсилана, триметилхлорсилана, диметилдихлорсилана, метилтрихлорсилана, тетрахлорсилана, акрилонитрила, малеиновой кислоты, гидроксикислот, предпочтительно из жирных оксикислот, дикарбоновых кислот, предпочтительно из щавелевой кислоты, малоновой кислоты, янтарной кислоты, глутаровой кислоты, адипиновой кислоты, пимелиновой кислоты, субэриновой кислоты, азелаиновой кислоты, себаценовой кислоты и терефталевой кислоты, акриламида, аминокислот, непротеиногенных аминокислот, моносахаридов, дисахаридов, олигосахаридов, а также их производных.

В еще более предпочтительных смесях составляющую (iii) выбирают из группы, состоящей из:

лигносульфоната кальция, лигносульфоната натрия, лигносульфоната калия, лигносульфоната магния, лигносульфоната аммония, крафт-лигнинов, гуминовой кислоты и ее солей, предпочтительно из карбоксилатов и их производных,

волокон и волокнистых веществ, выбранных из группы, состоящей из целлюлозных волокон, древесных волокон и древесноцеллюлозных волокон,

гуммиарабика, ксантана, альгинатов и агара,

источников белка и/или аминокислот, выбранных из группы, состоящей из казеина, альбумина, дрожжевых экстрактов, пептонов, казеината, казеината кальция, сухого молока, аланина, глицина, лизина, аспарагина, глутамина, глутамата, непротеиногенной аминокислоты, остаточных веществ и промышленных веществ, выбранных из группы, состоящей из жидкого кукурузного экстракта, маточных растворов лактозы, белковых лизатов, патоки, белковых отходов, предпочтительно от производства дрожжей, мяса, фруктов, овощей, молочной промышленности и производства бумаги,

жидких и высушенных полимерных дисперсий или полимеров, выбранных из группы, состоящей из полигидроксипропирата, полилактида, полибутиленсукцината, полиакриловой кислоты, полиметакрилата, поли(2-гидроксиэтилметакрилата), поливинилового спирта, поливинилацетата, поливинилпирролидона, поли(2-этил-2-оксазолина), полистирола, полиамида, стирол-бутадиенов, стирол-акрилатов, стиролов, акрилатов, акриловых кислот, винилацетатов, изоцианатов, эпоксидов и полиаминовых

кислот. В особенно предпочтительных смесях составляющую (iii) выбирают из группы, состоящей из лигносульфоната, в частности, из лигносульфоната кальция, дрожжевого экстракта, альбумина, эфира крахмала, аланина, лизина, стирол-акрилатной дисперсии, поливинилового спирта, поливинилацетатной дисперсии, стирол-бутадиеновой дисперсии, гуминовой кислоты, силиката щелочного металла и их комбинаций.

Предпочтение далее отдается смесям, в которых составляющая (ii) выбрана из группы, состоящей из:

мочевины и ее солей; органических кислот, такой как молочная кислота и ее соли, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; глюконовой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; уксусной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; муравьиной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; пропановой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; бутановой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; пентановой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; пептидов, предпочтительно содержащих непотеиногенные аминокислоты, аспарагин, аланин, глицин, лизин, глутамин и/или глутаминовую кислоту; аминокислот, предпочтительно непотеиногенных аминокислот, аспарагина, аланина, глицина, лизина, глутамина и глутаминовую кислоту, и ее соли, предпочтительно карбоксилатов и их сложных эфиров; сложных субстратов растительного и животного происхождения, в частности, из пептона, дрожжевого экстракта, мясного экстракта, питательного бульона и казаминовой кислоты; потоков промышленных остаточных веществ, в частности, из жидкого кукурузного экстракта, маточного раствора лактозы, протеинолизатов, предпочтительно из гороха, мяса, картофеля или томатов; анаэробных субстратов, предпочтительно из диоксида углерода и метана, при условии, что составляющие (ii) и (iii) отличаются друг от друга.

Предпочтение отдается использованию, описанному выше, при котором смесь присутствует в жидкой форме, в виде геля, пасты или в виде порошка.

Смесь для применения в соответствии с настоящим изобретением может присутствовать и/или применяться в виде жидкой, гелеподобной, пастообразной или порошкообразной смеси или в виде двух, трех, четырех или более отдельных жидких и/или гелеподобных, и/или пастообразных, и/или порошкообразных премиксов, которые смешивают друг с другом до или во время использования.

В частности, в виде порошка, смесь или премиксы преимущественно обладают особенно длительной стабильностью при хранении, предпочтительно, по меньшей мере, от 12 до 24 месяцев.

Порошкообразная форма смеси или премикса может быть получена стандартными способами, знакомыми специалисту в данной области техники, как, например, распылительной сушкой, сублимационной сушкой, (низкотемпературной) вакуумной сушкой, сушкой в псевдооживленном слое и/или с помощью фильтрации с использованием фильтрующих добавок.

"Порошкообразный" в контексте настоящего документа означает, что количество жидких компонентов, предпочтительно воды, в смеси составляет 10 мас.% или менее, предпочтительно 5 мас.% или менее, предпочтительно 2,5 мас.% или менее, более предпочтительно 1,0 мас.% или менее, наиболее предпочтительно 0,1 мас.% или менее, в пересчете на общую массу премикса или смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением.

Количество жидких компонентов, предпочтительно воды, в смеси или премиксе может быть определено стандартными способами, известными специалисту в данной области техники. Например, может быть проведен гравиметрический количественный анализ жидких компонентов, при котором взятый образец взвешивают, затем нагревают до сушки при температуре выше точки кипения жидких компонентов в течение достаточного количества времени, а затем снова взвешивают. По разнице в массе до и после сушки можно определить количество в мас.% жидких компонентов, предпочтительно воды.

В соответствии с другим вариантом осуществления, смесь для применения в соответствии с настоящим изобретением может присутствовать и/или применяться в виде гелеподобной или пастообразной смеси или в виде двух, трех, четырех или более отдельных твердых и/или жидких, и/или гелеподобных, и/или пастообразных премиксов, которые смешивают друг с другом до или во время использования.

Применение смеси в соответствии с настоящим изобретением преимущественно приводит к толщине биоцементного слоя, которая особенно подходит для целей, описанных в настоящем документе. Предпочтительно в этом случае получают биоцементный слой, имеющий толщину, по меньшей мере, 1 мм, предпочтительно, по меньшей мере, 3 мм, более предпочтительно, по меньшей мере, 10 мм. Еще более предпочтительно, если толщина слоя составляет не более 100 мм, предпочтительно не более 50 мм, более предпочтительно не более 35 мм, более предпочтительно не более 30 мм. Наконец, особенно предпочтительно, если толщина образованного биоцементного слоя в целом находится в диапазоне от 1 мм

до 100 мм, предпочтительно от 10 мм до 50 мм, более предпочтительно от 10 мм до 35 мм, более предпочтительно от 10 до 30 мм. Толщина биоцементного слоя покрывает область нижнего слоя почвы, который уплотняется посредством добавлением смеси. Толщину биоцементного слоя можно определить путем ручного измерения после механического разрушения слоя с помощью штангенциркуля. В качестве альтернативы, в зависимости от толщины уплотнения, можно использовать различные (неразрушающие) способы измерения в строительстве, сельском хозяйстве, геологии или других областях применения (например, ручной прибор MIT-SCAN-T2).

Согласно другому предпочтительному варианту осуществления, применение смеси в соответствии с настоящим изобретением, как описано в настоящем документе, приводит к образованию биоцементного слоя, который является промокательным, т.е. водопроницаемым или полуводопроницаемым. Это особенное преимущество, поскольку, например, дождевая вода снаружи может беспрепятственно проникать в образованный биоцементный слой, а также в биоцементированную область, и вытекать. Водопроницаемость образца обычно определяется как поток воды через образец за определенный период времени. Она может быть выражена в виде скорости проницаемости (в см/ч, мм/ч или см/сут) или, альтернативно, в виде коэффициента проницаемости (в м/с). Определение коэффициента проницаемости позволяет классифицировать образец, предпочтительно образец почвы, например, как водопроницаемый, полуводопроницаемый и водонепроницаемый.

В контексте настоящего текста, термин "водопроницаемый биоцементный слой" представляет биоцементный слой, имеющий коэффициент водопроницаемости более 10^{-5} - 10^0 м/с, а термин "полуводопроницаемый биоцементный слой" представляет биоцементный слой, имеющий коэффициент водопроницаемости более 10^{-9} - 10^{-5} м/с, и термин "водонепроницаемый биоцементный слой" представляет биоцементный слой, имеющий коэффициент водопроницаемости 10^{-11} (или менее) - 10^{-9} м/с. Распространенные способы определения коэффициента проницаемости включают лабораторные методы (например, зонды с утрамбованным керном с последующим определением водонасыщенной проницаемости в лаборатории) и полевые методы (например, определение скорости инфильтрации с использованием двухкольцевого инфильтromетра).

Один предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения относится к использованию смеси, как определено в настоящем документе, при этом, образованный биоцементный слой имеет коэффициент водопроницаемости более 10^{-9} - 10^0 м/с, предпочтительно более 10^{-9} - 10^{-3} м/с, более предпочтительно более 10^{-8} - 10^{-3} м/с.

Применение согласно настоящему изобретению демонстрирует надежную функциональность в реальных условиях (окружающей среды), является простым в применении (часто с помощью одного применения) и позволяет уменьшить количество токсичных веществ или избежать их. Кроме того, его также можно комбинировать с другими мерами для подавления пыли. В некоторых случаях может оказаться желательным отменить уплотнение. Применение согласно настоящему изобретению преимущественно обратимое, что означает, что биоцементацию нижнего слоя почвы или частей нижнего слоя почвы можно, в случае необходимости, отменить, например, путем применения подходящих кислот или механического разрушения. Нижний слой почвы или части нижнего слоя почвы могут быть доступны таким образом, например, для выращивания культурных растений. Следовательно, один вариант осуществления настоящего изобретения относится к использованию смеси, как определено в настоящем документе, при этом, биоцементация нижнего слоя почвы или частей нижнего слоя почвы может быть отменена или предпочтительно является отмененной.

Предпочтение отдается использованию, как описано выше, при этом, один или, два или более, или все организмы выбраны из группы, состоящей из микроорганизмов, предпочтительно выбранных из группы, состоящей из микроорганизмов phylumFirmicutes, предпочтительно класса Bacilli, предпочтительно подкласса Bacillales, предпочтительно семейства Planococcaceae или Bacillaceae, предпочтительно родов Sporosarcina, *Lysinibacillus* или *Bacillus*, предпочтительно выбранные из видов *Sporosarcina pasteurii*, *Sporosarcina ureae*, *Lysinibacillus sphaericus*, *Lysinibacillus fusiformis*, *Bacillus megaterium*, *Lysinibacillus sp.*, *Bacillus pseudofirmus*, *Bacillus halodurans* или *Bacillus cohnii*; и микроорганизмов phylumProteobacteria, предпочтительно из классов Alphaproteobacteria, Gammaproteobacteria, Deltaproteobacteria или Epsilonproteobacteria, предпочтительно из семейств Enterobacteriales, Мухосoccales, Campylobacterales, Pseudomonadales или Caulobacterales, предпочтительно из семейств Enterobacteriaceae, Мухосoccaseae, Helicobacteraceae, Pseudomonadaceae или Caulobacteraceae, предпочтительно из родов *Proteus*, *Мухосoccus*, *Helicobacter*, *Pseudomonas* или *Brevundimonas*, предпочтительно выбираются из видов *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Мухосoccus xanthus*, *Helicobacter pylori*, *Pseudomonas aeruginosa* или *Brevundimonas diminuta*; и микроорганизмов phylumActinobacteria, предпочтительно класса Actinobacteria, предпочтительно подкласса Actinomycetales, предпочтительно семейств Brevibacteriaceae или Micrococcineae, предпочтительно родов *Brevibacterium* или *Micrococcaceae*, предпочтительно выбранные из видов *Brevibacterium lines* или *Arthrobacter crystallopoietes*; и микроорганизмов

phylum Cyanobacteria, предпочтительно класса Cyanobacteria, предпочтительно подкласса Synechococcales, предпочтительно семейства Synechococcaceae, предпочтительно рода *Synechococcus*, предпочтительно вида *Synechococcus*; и аэробных бактерий, анаэробных бактерий, факультативно анаэробных бактерий и их промежуточные стадии.

Сюда также входят все варианты, серотипы, мутанты и споры, а также любые производные генетически модифицированные микроорганизмы.

Вышеупомянутый организм или организмы, предпочтительно микроорганизмы, могут (вместе или отдельно друг от друга) присутствовать в жидкости (жидкостях), таких как, например, буферные растворы, растворители, питательные среды и/или их смеси, и эти смеси также могут быть лиофилизированными смесями, или могут присутствовать в виде порошка.

Согласно настоящему изобретению, организм или организмы, которые способны образовывать карбонат или индуцировать, и/или катализировать образование карбоната, являются частью используемой смеси.

В качестве альтернативы, возможно и также предусмотрено в контексте настоящего изобретения, что (резидентные) организмы, которые присутствуют в нижнем слое почвы, подлежащем обработке, предпочтительно в почве, и/или которые выделены из указанного нижнего слоя почвы, культивировались в лаборатории и затем повторно вводились на/в нижний слой почвы, способны к образованию карбоната или индуцированию, и/или катализированию образования карбоната. В этом случае возможны альтернативные или эквивалентные варианты осуществления настоящего изобретения (и, соответственно, рассматриваются в настоящем документе как соответствующие настоящему изобретению), в которых организмы смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением и (резидентные) организмы в/на нижнем слое почвы совместно образуют карбонат или индуцируют, и/или катализируют образование карбоната, и/или в которых смесь для применения сама по себе не содержит организмов, которые способны образовывать карбонат или индуцировать, и/или катализировать образование карбоната. Согласно одному предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения, составляющая (i) смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением содержит или состоит из комбинации организма или двух, или более организмов, которые способны образовывать карбонат или индуцировать, и/или катализировать образование карбоната, и организмов, которые не обладают такой способностью.

Согласно одному предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения, составляющая (i) смеси для применения в соответствии с настоящим

изобретением содержит или состоит из комбинации аэробных бактерий, анаэробных бактерий и/или факультативно анаэробных бактерий и/или их промежуточных стадий.

Согласно следующему предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения, составляющая (i) смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением содержит или состоит из комбинации организма или двух, или более организмов, которые способны уреолитически образовывать карбонат или уреолитически индуцировать, и/или катализировать образование карбоната, и организмов, которые не способны к уреолиту и/или вообще не способны образовывать карбонат, или индуцировать, и/или катализировать образование карбоната.

В этом контексте, специалисту в данной области техники известно, что биоцементация (как определено в настоящем документе) с применением смеси согласно настоящему изобретению (как определено в настоящем документе) протекает особенно эффективно в пределах определенного спектра количества клеток используемых организмов. Согласно собственным исследованиям, количество клеток организма или организмов в смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением предпочтительно составляет, по меньшей мере, 10^7 клеток/мл, более предпочтительно, по меньшей мере, 10^8 клеток/мл и/или предпочтительно не более 10^{12} клеток/мл, более предпочтительно не более 10^{10} клеток/мл, более предпочтительно по прежнему не более 10^9 клеток/мл. Согласно одному предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения, количество клеток организма или организмов в смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением составляет от 10^8 до 10^9 клеток/мл.

Предпочтение отдается использованию, как описано выше, при котором один или два, или более, или все ферменты выбраны из группы, состоящей из уреазы, аспарагиназы, карбоангидразы и метаболических ферментов.

В случае метаболических ферментов, ферменты, о которых идет речь в контексте настоящего текста, представляют собой ферменты метаболизма, по меньшей мере, одного микроорганизма, как описано в настоящем документе, который, например, при превращении ацетата и/или лактата способен образовывать карбонат или индуцировать, и/или катализировать образование карбоната. В составляющей (i) смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением, предпочтительно используют организм или два или более организмов (как определено выше), которые способны продуцировать, по меньшей мере, один из вышеупомянутых ферментов, и/или, предпочтительно получают вышеупомянутые ферменты или высвобождают из вышеуказанных организмов.

Если используемый организм или организмы содержат патогенные организмы, в контексте настоящего текста предпочтительно, чтобы в составляющей (i) смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением использовались только непатогенные ферменты, полученные или высвобожденные из указанного организма/организмов.

Согласно другому предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения, в составляющей (i) смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением можно использовать комбинации ферментов, которые получены или высвобождены из вышеупомянутых организмов, с ферментами немикробного происхождения (например, растительные ферменты). Фермент уреазы, например, может быть получен из соевых бобов и использован в соответствии с настоящим изобретением.

Согласно другому предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения, в составляющей (i) смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением, можно использовать комбинации, по меньшей мере, одного из вышеупомянутых организмов, который способен образовывать карбонат или индуцировать, и/или катализировать образование карбоната, с, по меньшей мере, одним из вышеупомянутых ферментов, который способен образовывать карбонат или индуцировать, и/или катализировать образование карбоната.

Карбонаты могут образовываться с помощью вышеуказанных ферментов в ходе различных метаболических процессов. Например, в результате аэробного метаболизма органических источников углерода может происходить аммонификация (например, фермент аспарагиназа), или может происходить гетеротрофное метаболизирование органических источников углерода (например, лактат кальция или ацетат кальция). Оба процесса обеспечивают получение карбоната. Для образования карбонатов также может быть использован аэробный и анаэробный фотосинтез, а также анаэробная денитрификация, анаэробная сульфатредукция и (или) аэробное/анаэробное окисление метана.

Следовательно, биоцементация с помощью смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением может быть основана на, по меньшей мере, одном из вышеупомянутых метаболических процессов.

Представляет ли организм или фермент, отличный от организмов или ферментов, конкретно указанных в настоящем документе, составляющую (i) по смыслу настоящего изобретения, можно определить с помощью количественного анализа А, описанного ниже.

(Количественный анализ А)

- (i) Предоставление и установление контакта организма для испытания или смеси организмов для испытания (испытуемый организм) с составляющей (ii),
- (ii) предоставление средства для создания уреолиза и/или образования карбоната,
- (iii) комбинирование смеси, полученной на этапе (i), со средствами, полученными на этапе (ii), и
- (iv) определение, на основе средств из этапа (ii), имеет ли место уреолиз и/или образование карбоната,

где исследуемый организм является составляющей (i) по смыслу настоящего изобретения, если на этапе (iv) создан уреолиз и/или произошло образование карбоната.

Согласно незначительно модифицированному количественному анализу A', этап (i) дополнительно содержит модельный нижний слой почвы (как описано в настоящем документе), а этап (iv) содержит определение того, создана ли биоцементация, при этом испытуемый организм является составляющей (i) по смыслу настоящего изобретения, если создана биоцементация.

Если подлежащая испытанию составляющая представляет собой фермент или смесь ферментов, может быть предпринята аналогичная процедура.

Приведенные ниже наблюдения могут быть полезны при выборе организмов, подходящих в контексте применения согласно настоящему изобретению.

Составляющая (ii), которая должна быть предоставлена на этапе (i) количественного анализа A, как определено в настоящем документе, более подробно определена в настоящем тексте, в том числе на основе выбранных и предпочтительных примеров.

На этапе (i) количественного анализа A, как определено в настоящем документе, возможно, например, получение чистых культур организма, подлежащего описанию (например, из коллекций типов), и/или организм, подлежащий описанию, или смесь организмов, подлежащих описанию, могут быть выделены, например, из подходящего образца (например, из образца почвы) с помощью питательной среды (например, агара Кристенсена с мочевиной, среды В4 или среды М-3Р) и культивированы с образованием культуры клеток, подходящей для дальнейшего изучения. Питательная среда, используемая для выделения и культивирования, может быть жидкой или твердой. Специалисту в данной области техники известно, что питательная среда может варьироваться в соответствии с потребностями организма/организмов. Организм/организмы предпочтительно культивируют до плотности клеток от 1×10^7 до 1×10^{12} клеток/мл. Специалисту в данной области техники известно, что, например, температура культивирования и состав среды выбирают в соответствии с потребностями организма или смеси организмов.

Предоставленную или продуцированную культуру клеток затем вводят в контакт с составляющей (ii) и, необязательно, с модельным нижним слоем почвы для образования смеси, которую затем объединяют на этапе (iii) со средствами из этапа (ii).

Средством для создания уреолиза и/или образования карбоната на этапе (ii) количественного анализа А, как определено в настоящем документе, является, например, индикатор рН, устройство и/или, по меньшей мере, одно вещество для измерения активности уреазы, устройство и/или, по меньшей мере, одно вещества для измерения количества карбоната образованного в результате биоцементации, или устройство для измерения степени уплотнения нижнего слоя почвы (в результате биоцементации).

Определение того, имеет ли место уреолиз и/или образование карбоната, на этапе (iv) количественного анализа А, как определено в настоящем документе, в частности, создание биоцементации, может осуществляться качественно или, предпочтительно, количественно.

Одним из предпочтительных способов указанного определения является, например, добавление подходящего индикатора рН (например, фенолового красного, предпочтительно в концентрации 15 мг/л) к смеси, полученной на этапе (i). При уреолизе и/или образовании карбоната наблюдается повышение рН смеси, что приводит к изменению цвета индикатора (например, к розовой окраске в случае использования фенолового красного).

Если источник катионов, предпочтительно источник кальция, добавляют к смеси из этапа (i), и если уреолиз и/или образование карбоната присутствуют, то при использовании твердых сред обычно происходит образование известковой корки вокруг колоний и/или на колониях организма или организмов. В случае жидких питательных сред и при достаточном наличии источника катионов, предпочтительно источника кальция (например, CaCl_2), и при достаточном наличии источника карбонатов (например, мочевины) обычно имеют место случаи осаждения извести. Это образование известковой корки или осаждение извести может также служить визуальным свидетельством уреолиза и/или образования карбоната, и/или указанные случаи образования известковой корки или осаждения извести могут быть проанализированы путем качественного и/или количественного определения карбоната, предпочтительно с помощью (полу)количественного определения карбоната методом Шейблера или путем дальнейшей разработки этого метода (например, как описано в работе Хорвата, Б. и соавт., Простой метод измерения содержания карбоната в почвах, *Soil Science Society of America Journal* 2005, 69, 1066-1068).

Другим способом указанного определения является, например, измерение уреазной активности организма или смеси организмов. В этом случае организм или смесь организмов, подлежащих анализу, смешивают с реагентами, включающими забуференную мочевины (например, 1,5 М мочевины в 0,1 М Трис HCl, pH 7,5), и образовавшиеся в результате ионы аммония измеряют кондуктометрией по мере увеличения сигнала измерения с течением времени, и рассчитывают активность уреазы (как описано, например, в работе В.С. Виффина, Микробное осаждение CaCO₃ для продуцирования биоцемента, Диссертация, 2004, Университет Мердока, Западная Австралия). Активность уреазы предпочтительно составляет от 1×10^{-7} до 1×10^{-11} мм гидролизованной мочевины/мин/см/клеток/мл, более предпочтительно от 1×10^{-8} до 1×10^{-10} мм гидролизованной мочевины/мин/см/клеток/мл, более предпочтительно от 1×10^{-8} до 1×10^{-9} мм гидролизованной мочевины/мин/см/клетки/мл. Первое соответствует приблизительно скорости гидролиза мочевины 0-300 мм гидролизованной мочевины/мин, в зависимости от используемого количества клеток. Другим предпочтительным способом указанного определения является, например, измерение количества карбоната, образованного в результате биоцементации, предпочтительно посредством (полу)количественного определения карбоната методом Шейблера. Исследуемую смесь инкубируют предпочтительно в течение 48 ч, открытой, при комнатной температуре (25° C). Это позволяет получить осажденную гранулу для дальнейшего использования путем центрифугирования и сушки. Высушенную гранулу можно использовать для (полу)количественного определения образованного карбоната кальция, предпочтительно с помощью определения карбоната методом Шейблера. Необязательно, высушенный осадок можно предварительно взвесить и рассчитать эффективность осаждения. Необязательно, параллельно с этим, может быть проведено дополнительное качественное определение того, имеет ли место уреолит и/или образование карбонатов. Для этой цели в смесь из этапа (i) можно добавить феноловый красный (15 мг/л). Если уреолит и/или образование карбоната присутствуют, то супернатант, подлежащий удалению при извлечении гранулы, в этом случае обычно окрашивается в розовый цвет.

Другим предпочтительным способом для указанного определения является, например, измерение степени уплотнения нижнего слоя почвы (посредством карбоната, образовавшегося во время биоцементации). Примером подходящего нижнего слоя почвы для этой цели является кварцевый песок, предпочтительно с размером зерен от 0 до 2 мм (в качестве модельного нижнего слоя почвы). Остальные составляющие смеси из этапа (i) предпочтительно наносят/вводят в количество полученной смеси 5 л/м² (в случае жидкой

смеси) на/в нижний слой почвы. Последующую инкубацию следует проводить в открытой системе и при комнатной температуре или выше комнатной температуры в течение не менее 2 дней (предпочтительно не менее 10 дней). Прочность образованного биоцементного слоя впоследствии определяют путем анализа механического разрушения с помощью цифрового прибора для измерения прочности на разрыв по методу, основанному на стандарте DIN EN 196-1:2005-05. По сравнению с контролем (нанесение сравнительной смеси без микроорганизмов на нижний слой почвы) должно быть возможно обнаружить различия в прочности на разрыв ≥ 3 Н (или $\geq 0,01$ МПа), предпочтительно ≥ 30 Н (или $\geq 0,1$ МПа).

В рамках количественного анализа А также возможно определить толщину биоцементного слоя с помощью штангенциркуля; при успешном уплотнении, предпочтительно в пределах исследуемого диапазона, эта толщина должна составлять в среднем ≥ 3 мм.

Согласно одному предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения, составляющая (i) смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением содержит, по меньшей мере, один организм, который на этапе (iv) количественного анализа А, как определено в настоящем документе, в отношении, по меньшей мере, двух из вышеописанных способов определения, предпочтительно, по меньшей мере, трех, более предпочтительно, по меньшей мере, четырех, очень предпочтительно всех способов определения, приводит к созданию уреолиза и/или образованию карбоната, предпочтительно биоцементации.

Дополнительное предпочтение отдается использованию, описанному выше, где составляющую (iv) выбирают из группы, состоящей из органических и неорганических солей кальция, предпочтительно нитрата кальция, ацетата кальция, лактата кальция, пирувата кальция, салицилата кальция и хлорида кальция, солей магния, солей марганца, солей цинка, солей кобальта, солей никеля, солей меди, солей свинца, солей железа, солей кадмия, полимеров, предпочтительно катионных полимеров, катионов тяжелых металлов, катионов легких металлов, радиоактивных катионов и их смесей.

Согласно настоящему изобретению, составляющая (iv) может присутствовать или не присутствовать в смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением. Если ее нет в смеси, она может присутствовать на/в обрабатываемом нижнем слое почвы или может быть добавлена к нему для обеспечения биоцементации.

В частности, предпочтительным является применение, описанное выше, при котором составляющая (iv) присутствует в общей концентрации от 0,05 до 1 М и/или не превышает общей концентрации кальция 1,5 М.

Необязательно, смеси, описанные в настоящем документе, могут содержать, по меньшей мере, один адъювант (составляющая (v)). Если составляющая (v) присутствует, то она предпочтительно выбрана из группы, состоящей из:

природных и химических гербицидов; фунгицидов; моллюскицидов; инсектицидов; гидрофобизаторов и восковых эмульсий; стабилизаторов; дисперсантов; эмульгирующих добавок; поверхностно-активных веществ, предпочтительно катионных, анионных и незаряженных поверхностно-активных веществ; аминов; этаноламинов; тиксотропных агентов; пропеллентов; агентов, препятствующих слеживанию и комкованию, центров кристаллизации и модификаторов кристаллизации; комплексообразующих агентов, предпочтительно фосфонатов, фосфатов и полифосфатов, жирных кислот; минералов и микроэлементов; солей, предпочтительно галогенидов, силикатов, фосфатов и сульфатов; камней, предпочтительно пемзы, песка, гравия и сланцевой муки, резиновой крошки, резиновых гранул и других термопластичных эластомеров, предпочтительно от производства шин; наполнителей, предпочтительно аморфных и кристаллических наполнителей, более предпочтительно гидравлических, негидравлических и пуццолановых материалов; семян растений, предпочтительно однодольных и двудольных, спор, предпочтительно спор мха, растений и их частей, предпочтительно корней, луковиц, древесины и древесной стружки; удобрений; бактерий, способных образовывать полимеры; и веществ, которые модифицируют биоцементацию.

В противном случае делается ссылка на замечания, касающиеся способа по настоящему изобретению и смеси по настоящему изобретению, причем эти замечания действительны, соответственно, для применения согласно настоящему изобретению. Кроме того, варианты осуществления настоящего изобретения, описанные в связи с борьбой с пылью, представляют соответствующие варианты осуществления борьбы с эрозией и других применений, раскрытых в настоящем документе.

Другой аспект настоящего изобретения относится к способу уменьшения пылеобразования и/или эрозии. Способ включает в себя следующие этапы:

(a) определение подлежащего обработке нижнего слоя почвы, на/в котором должно быть уменьшено пылеобразование и/или эрозия,

(b) предложение смеси или ее составляющих, как определено в настоящем документе (в частности, в контексте использования согласно настоящему изобретению),

(с) нанесение смеси, предложенной на этапе (b) или ее составляющих на/в подлежащий обработке нижний слой почвы в количестве, достаточном для обеспечения биоцементации, и

(d) обеспечение образования биоцементного слоя, способствуя тем самым уменьшению пылеобразования и/или эрозии на/в нижнем слое почвы.

Согласно одному предпочтительному варианту осуществления способа по настоящему изобретению, нанесение представляет собой нанесение смеси, предложенной на этапе (b), или ее составляющих на/в подлежащий обработке нижний слой почвы. Согласно другому предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения, нанесение содержит нанесение и последующее введение, например, путем смешивания, смеси, предложенной на этапе (b), или ее составляющих, на/в подлежащий обработке нижний слой почвы. Согласно другому предпочтительному варианту осуществления способа по настоящему изобретению, нанесение представляет собой нанесение смеси, предложенной на этапе (b), или ее составляющих на/в подлежащий обработке нижний слой почвы.

Согласно одному варианту осуществления способа по настоящему изобретению, нижний слой почвы или его части, определенные на этапе (a), удаляют из исходного местоположения и смешивают со смесью или ее составляющими, предложенными на этапе (b), в количестве, достаточном для обеспечения биоцементации (например, в смесительном устройстве), и полученную смесь возвращают в исходное местоположение нижнего слоя почвы (или, в качестве альтернативы, в другое местоположение, в котором должен быть образован биоцементный слой), далее следует этап (d), как описано в настоящем документе. В таком варианте осуществления настоящего изобретения этап (с) способа, описанного в настоящем документе, опущен.

В зависимости от вида (твердого/порошкообразного или жидкого, гелеподобного или пастообразного) смеси, предложенной на этапе (b) способа по настоящему изобретению, или ее составляющих (в этом отношении см. замечания выше), нанесение на этапе (с) может происходить различными способами. Порошкообразные смеси, например, могут быть разбросаны по подлежащему обработке нижнему слою почвы и/или включены в нижний слой почвы. Жидкие смеси, например, выливают или распыляют на подлежащий обработке нижний слой почвы и, необязательно, впоследствии вносят в нижний слой почвы. В целом, преимущество однократного нанесения смеси, предложенной на этапе (b), или ее составляющих на/в подлежащий обработке нижний слой почвы в том, что этого достаточно для образования биоцементного слоя, как определено на этапе (d) способа по

настоящему изобретению. В целом, преимущество однократного нанесения смеси, предложенной на этапе (b), на/в подлежащий обработке нижний слой почвы в том, что этого достаточно для образования биоцементного слоя, как определено на этапе (d) способа по настоящему изобретению.

В этом случае специалисту в данной области техники известно, что биоцементация (как это определено в настоящем документе) в способе по настоящему изобретению протекает особо эффективно при определенном наносимом объеме и/или определенной концентрации смеси из этапа (b) (в связи с этим см. также предпочтительное количество клеток организма или организмов в смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением, как описано в настоящем документе). Согласно собственным исследованиям, наносимый объем смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением (как определено выше) предпочтительно составляет, по меньшей мере, 0,1 л/м², более предпочтительно, по меньшей мере, 0,5 л/м², более предпочтительно, по меньшей мере, 1,0 л/м², более предпочтительно, по меньшей мере, 2,0 л/м², по меньшей мере, 3,0 л/м², по меньшей мере, 4,0 л/м² или, по меньшей мере, 5,0 л/м² и/или предпочтительно не более 20,0 л/м², более предпочтительно не более 10,0 л/м².

Для эффективного процесса биоцементации на этапе (d) способа по настоящему изобретению преимуществом является то, что система, состоящая из нижнего слоя почвы (как определено в настоящем документе) и смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением, имеет содержание воды более 10 мас.%, в пересчете на общую массу указанной системы. Если смесь для применения в соответствии с настоящим изобретением используется в порошкообразном виде (как определено выше) на этапе (b) способа по настоящему изобретению, и если также нижний слой почвы на этапе (a) или (c) способа по настоящему изобретению по существу не содержит воды, это приводит к указанной системе, имеющей содержание воды 10 мас.% или менее, в пересчете на общую массу системы, тогда преимущество состоит в том, что, способ по настоящему изобретению содержит дополнительный этап, на котором достаточное количество воды или водного раствора добавляют либо к смеси, либо к ее составляющим из этапа (b) способа, до или после нанесения на/в подлежащий обработке нижний слой почвы, таким образом, указанная система имеет в результате содержание воды более 10 мас.%, в пересчете на общую массу указанной системы. В качестве альтернативы или одновременно, соответствующее количество воды или водного раствора может быть добавлено к подлежащему обработке нижнему слою почва до или после нанесения смеси или ее составляющих, предложенных на этапе (b) способа по настоящему изобретению.

Кроме того, преимущество использования способа по настоящему изобретению состоит в том, что способ можно не осуществлять, например, при сильном дожде или ветре. При определенных обстоятельствах сильный дождь или ветер могут вызвать потерю или значительное разбавление смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением, даже до образования биоцементного слоя (этап (d)), и это может помешать образованию биоцементного слоя и/или отрицательно повлиять на его прочность и/или толщину. После нанесения смеси или ее составляющих, предложенных на этапе (b) способа по настоящему изобретению, на/в подлежащий обработке нижний слой почвы, т.е. на этапе (d) способа по настоящему изобретению, биоцементный слой образуется предпочтительно в течение периода инкубации, составляющего, по меньшей мере, 6 часов, предпочтительно, по меньшей мере, 24 часа, более предпочтительно, по меньшей мере, 48 часов, в течение которого предпочтительно отсутствует количество дождя или ветра, или искусственного полива, которое приводит к значительной потере смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением. В этом контексте оказалось особенным преимуществом, что смеси согласно настоящему изобретению, в дополнение к преимуществу длительного уплотнения, также способны ускорять уплотнение. Таким образом, потери, связанные с атмосферными воздействиями, описанные выше, могут быть в значительной степени предотвращены или уменьшены.

Требуемый период инкубации для образования биоцементного слоя на этапе (d) способа по настоящему изобретению дополнительно зависит от различных параметров окружающей среды, таких как, например, температура в помещении или наружная температура и влажность воздуха, а также от используемого наносимого объема смеси. В случае значительных потерь смеси для применения в соответствии с настоящим изобретением или ее составляющих в течение указанного периода инкубации, составляющего, по меньшей мере, 6 часов, предпочтительно, по меньшей мере, 24 часа, более предпочтительно, по меньшей мере, 48 часов, в результате дождя или ветра, преимущество состоит в том, что можно повторять этапы (b) - (d) способа по настоящему изобретению так часто, как это необходимо, предпочтительно один, два, три раза или более до тех пор, пока биоцементный слой не достигнет достаточной толщины и твердости. Дополнительно или альтернативно может оказаться преимуществом повторять этапы (b) - (d) способа по настоящему изобретению, предпочтительно один, два, три раза или более, если толщина и/или твердость биоцементного слоя, образованного на/в нижнем слое почвы, со временем уменьшается в результате атмосферных воздействий и/или естественного

разрушения и, следовательно, больше не будет достаточной для уменьшения пылеобразования и/или эрозии.

Толщину биоцементного слоя можно определить путем ручного измерения после механического разрушения слоя с помощью штангенциркуля. В качестве альтернативы, в зависимости от толщины уплотнения, можно использовать различные (неразрушающие) способы измерения в строительстве, сельском хозяйстве, геологии или других областях применения (например, ручное устройство MIT-SCAN-T2). Толщина слоя биоцементного слоя охватывает область нижнего слоя почвы, который уплотняется в результате добавления смеси.

Твердость биоцементного слоя соответствует прочности на разрыв (в ньютонах (Н)), это сила, которая должна быть приложена для разрушения биоцементного слоя. Разрушение слоя биоцементации - это точка, в которой больше не происходит никакой (пластической) деформации слоя при воздействии силы, вместо этого происходит разрушение слоя (биоцементации). Разрыв распознается по падению измеряемой силы. Прочность на разрыв (максимальное значение измерения силы) может быть определена с помощью следующего способа: способ основан на стандартизированном способе испытания на определение прочности цемента, стандарт DIN EN 196-1:2005-05. Прочность на разрыв измеряется с помощью цифрового прибора для измерения прочности на разрыв в соответствии с инструкциями производителя. Испытуемый образец вдавливается в образец (до точки разрушения) с помощью стенда для испытаний кривошипно-шатунным механизмом, и приложенная сила непрерывно измеряется. По результатам ряда измерений (>3) вычисляется средняя прочность на разрыв. Средняя прочность на разрыв предпочтительно составляет от 0,5 до 1000 Н, более предпочтительно от 3 до 300 Н.

Предпочтение отдается способу, описанному выше, при этом, нижний слой почвы выбирают из группы, состоящей из органического и неорганического материала, в частности, биогенного и/или антропогенного происхождения, предпочтительно из метаморфических, осадочных и магматических пород, и в каждом случае из их производных и смесей, а также их комбинаций.

Более предпочтительно нижний слой почвы, используемый в способе по настоящему изобретению, выбирают из группы, состоящей из материала, который может быть описан, по меньшей мере, одной из следующих подгрупп (из Strunz H и Nickel Eh, V Strunz Mineralogical Tables, 2001, 9-е издание):

(i) элементы (включая все подгруппы), например, но не исключительно: золото, медь, серебро, цинк, олово, железо, сурьма, графит, палладий, углерод;

(ii) сульфиды и сульфосоли (включая все подгруппы), например, но не исключительно: халькопирит, галенит, пирит;

(iii) галогениды (включая все подгруппы), например, но не исключительно: флюорит;

(iv) оксиды и гидроксиды (включая все подгруппы), например, но не исключительно: оксид кальция, оксид магния, касситерит, магнетит, гематит, ильменит;

(v) карбонаты и нитраты (включая все подгруппы), например, но не исключительно: кальцит;

(vi) бораты (включая все подгруппы), например, но не исключительно: бура, борацит, улексит;

(vii) сульфаты, хроматы, молибдаты, вольфраматы (включая все подгруппы), например, но не исключительно: лангбейнит, ангидрит, кизерит, гипс;

(viii) фосфаты, арсенаты, ванадаты (включая все подгруппы), например, но не исключительно: монацит;

(ix) силикаты, германаты (включая все подгруппы), например, но не исключительно: оливин, топаз, мусковит, тальк, цемент, микрокремнезем, жидкие стекла;

(x) органические минералы (включая все подгруппы).

Смеси, которые содержат, по меньшей мере, один из вышеуказанных материалов, а также вещества и/или их гибридные формы, имеющие биогенное и/или антропогенное происхождение, например, но не исключительно: земля, зола, древесина, мульча, цементы, карбонат кальция (включая полиморфы, производные и гибридные формы, а также на природной основе (GCC, тонкодисперсный карбонат кальция) и синтетические (PCC, осажденный карбонат кальция), оксид алюминия, гидроксид алюминия, оксид магния, оксид кальция, гидроксид кальция и открытый грунт, а также мелкозернистые остатки от переработки одного из вышеуказанных веществ или их смеси (отвалы); более предпочтительно нижний слой почвы, используемый в способе по настоящему изобретению, выбирают из группы, состоящей из кристаллических и аморфных веществ, а также их смесей.

В зависимости от свойств подлежащего обработке нижнего слоя почвы, может оказаться преимуществом смешивать нижний слой почвы (или составляющую (i), (ii), (iii) и/или (iv) смеси, предложенной на этапе (b)), по меньшей мере, с одной из вышеуказанных добавок, чтобы, например, улучшить реакционную способность нижнего слоя почвы с биоцементом, образующимся в ходе способа по настоящему изобретению. Это

преимущество приводит к получению особенно твердого/стабильного биоцементного слоя, который особенно эффективен в подавлении пылеобразования и/или эрозии.

Далее, предпочтение отдается использованию, описанному выше, при этом, смесь присутствует в жидком виде, в виде геля, пасты или в виде порошка (см. выше).

Смесь, предложенная на этапе (b) способа по настоящему изобретению, или составляющие указанной смеси, соответственно, могут присутствовать в виде смеси, предпочтительно в виде порошка, или в виде двух, трех, четырех или более отдельных жидких и/или гелеподобных, и/или пастообразных, и/или порошкообразных премиксов, которые смешивают друг с другом до или во время нанесения на/в подлежащий обработке нижний слой почвы на этапе (c).

Преимущество состоит в том, что для обеспечения удовлетворительного подавления пылеобразования/эрозии, как правило, достаточно одного выполнения этапов (b) - (d) способа по настоящему изобретению. Согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения, однако, возможно, по мере необходимости, повторять этапы (b) - (d) или (b) и (c) один, два, три раза или более, чтобы обеспечить особенно эффективную биоцементацию подлежащего обработке нижнего слоя почвы и, следовательно, особенно эффективное подавление пылеобразования/эрозии.

В соответствии с другим предпочтительным вариантом осуществления способа по настоящему изобретению, этап (c) проводят один раз или повторно, и количество наносимой составляющей (iii) в целом составляет, по меньшей мере, 20 г, предпочтительно, по меньшей мере, 40 г, более предпочтительно, по меньшей мере, 60 г, более предпочтительно, по меньшей мере, 80 г, более предпочтительно, по меньшей мере, 100 г и наиболее предпочтительно, по меньшей мере, 120 г, в каждом случае в пересчете на 1 квадратный метр площади нанесения, и/или

количество наносимой оставляющей (iii) в целом составляет не более 2000 г, предпочтительно не более 1600 г, более предпочтительно не более 1200 г, более предпочтительно не более 800 г, более предпочтительно не более 600 г и наиболее предпочтительно не более 400 г, в каждом случае в пересчете на 1 квадратный метр площади нанесения.

Что касается остального, то делается ссылка на замечания, касающиеся использования согласно настоящему изобретению и смеси по настоящему изобретению, причем эти замечания действительны, соответственно, для способа по настоящему изобретению.

Другой аспект настоящего изобретения относится к смеси, которая способна к биоцементации, как определено в настоящем документе (в частности, в контексте использования согласно настоящему изобретению или способа согласно настоящему изобретению).

В предпочтительных смесях, составляющую (iii) выбирают из группы, состоящей из:

Альбумина; эфира крахмала, аланина, лизина, стирол-акрилата, в частности, стирол-акрилатной дисперсии; этиленвинилацетата, в частности, этиленвинилацетатной дисперсии; поливинилового спирта; сульфата магния; поливинилацетата, в частности, поливинилацетатной дисперсии; стирол-бутадиена, в частности, стирол-бутадиеновой дисперсии; гуминовой кислоты и их комбинаций, а также полимеров, содержащих мономеры вышеупомянутых полимеров.

В предпочтительных смесях, составляющую (ii) выбирают из группы, состоящей из:

Мочевины и ее солей; органических кислот, такой как молочная кислота и ее соли, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; глюконовой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; уксусной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; муравьиной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; пропановой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; бутановой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; пентановой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; пептидов, предпочтительно содержащих непротеиногенные аминокислоты, аспарагин, аланин, глицин, лизин, глутамин и/или глутаминовую кислоту; аминокислот, предпочтительно непротеиногенных аминокислот, аспарагина, аланина, глицина, лизина, глутамина и глутаминовую кислоту, и ее соли, предпочтительно карбоксилатов и их сложных эфиров; сложных субстратов растительного и животного происхождения, в частности, из пептона, дрожжевого экстракта, мясного экстракта, питательного бульона и казаминовой кислоты; потоков промышленных остаточных веществ, в частности, из жидкого кукурузного экстракта, маточного раствора лактозы, протеинолизатов, предпочтительно из гороха, мяса, картофеля или томатов; анаэробных субстратов, предпочтительно из диоксида углерода и метана,

Соли, указанные в качестве составляющей (ii) в настоящем тексте, предпочтительно являются соответствующими солями кальция. Преимуществом этого является то, что составляющая (ii) может функционировать как в качестве вещества для образования карбоната, так и в качестве предпочтительного источника катионов в соответствии с необязательной составляющей (iv).

Что касается остального, то делается ссылка на замечания, касающиеся использования согласно настоящему изобретению и способа по настоящему изобретению, причем эти замечания действительны, соответственно, для смеси по настоящему изобретению.

При испытании биоцементирующих смесей по настоящему изобретению на различных нижних слоях почвы были сделаны дополнительные неожиданные наблюдения, которые более подробно изложены ниже. Из этих наблюдений вытекают дополнительные потенциальные области применения, которые представляют дополнительные аспекты настоящего изобретения.

Следовательно, еще один аспект настоящего изобретения относится к использованию смеси, которая подходит для биоцементации, содержащей или состоящей из составляющих (i), (ii) и (iii), а также, необязательно, из составляющей (iv) и/или, необязательно, из составляющей (v), как указано в настоящем тексте, для гранулирования.

При нанесении смесей по настоящему изобретению на движущийся образец железной руды, выяснилось, что после нанесения образуются небольшие агломераты или гранулы. Гранулы, образованные в грануляторе, показали (а также уменьшили выбросы в процессе производства) большую прочность, чем сравнительные смеси.

Обработка гранул, продуцированных с использованием сравнительных смесей, оказалась сложной, поскольку продуцированные гранулы очень легко разрушались. Предположительно, это связано с отсутствием соединения, модифицирующего когезию. Таким образом, вещества, модифицирующие когезию, также позволяют продуцировать биоцемент, который может быть использован для гранулирования.

Неожиданным открытием было то, что после образования биоцемента некоторые нижние слои почвы сушились в грануляторе медленнее; соответственно, более пристальное внимание было уделено влиянию биоцементирующих смесей на испарение.

Следовательно, еще один аспект настоящего изобретения относится к использованию смеси, которая подходит для биоцементации, содержащей или состоящей из составляющих (i), (ii) и (iii), а также, необязательно, из составляющей (iv) и/или, необязательно, из составляющей (v), как указано в настоящем тексте, для борьбы, в частности, для уменьшения испарения.

Авторы изобретения обнаружили, что эффективное образование слоя уменьшает скорость высыхания песка. Это было очевидно по более высокой относительной влажности почвы образцов, в которых применялись смеси по настоящему изобретению, по сравнению с применением воды или по сравнению со сравнительными смесями, не в соответствии с

настоящим изобретением. Предполагается, что полученный в результате биоцементный слой содержит когезионный барьер для воды, текущей вниз. Можно предположить, что ввиду присутствия веществ, модифицирующих когезию, пористость слоя модифицируется таким образом, что вода способна испаряться менее быстро.

Измененная пористость также может быть использована в других областях, где пористость играет определенную роль. Это касается, в частности, использования в изоляционных материалах, слоях катализаторов и/или материалах аккумуляторных батарей. Следовательно, еще один аспект настоящего изобретения относится к использованию смеси, которая подходит для биоцементации, содержащей или состоящей из составляющих (i), (ii) и (iii), а также, необязательно, из составляющей (iv) и/или, необязательно, из составляющей (v), как указано в настоящем тексте, для продуцирования изоляционных материалов, слоев катализаторов и/или материалов аккумуляторных батарей.

На основе уменьшенной пористости, материал на основе смесей по настоящему изобретению также, в частности, подходит в качестве герметизирующего материала. Следовательно, еще один аспект настоящего изобретения относится к использованию смеси, которая подходит для биоцементации, содержащей или состоящей из составляющих (i), (ii) и (iii), а также, необязательно, из составляющей (iv) и/или, необязательно, из составляющей (v), как указано в настоящем тексте, для продуцирования герметизирующего материала.

Следовательно, еще один аспект настоящего изобретения относится к использованию смеси, которая подходит для биоцементации, содержащей или состоящей из составляющих (i), (ii) и (iii), а также, необязательно, из составляющей (iv) и/или, необязательно, из составляющей (v), как указано в настоящем тексте, для (иона тяжелых металлов) деконтаминации нижних слоев почвы и/или (иона тяжелых металлов) осаждения из нижних слоев почвы.

Специалисту в данной области техники известно, что ионы карбоната, которые продуцируются бактериями из мочевины, например, могут быть использованы для осаждения ионов металлов (Филлипс и соавт., *Инженерные применения уреолитической биоминерализации: обзор*, Biofouling, 2013, Том 29, № 6, 715-733). Предположительно, по этой причине было замечено, что при использовании почв, загрязненных тяжелыми металлами, образование слоя начиналось быстрее. Поэтому было проведено испытание, чтобы определить, подходят ли вещества, модифицирующие когезию, также для улучшения осаждения ионов тяжелых металлов. В экспериментах авторы изобретения

смогли показать, что смеси согласно настоящему изобретению способны связывать и осаждать ионы тяжелых металлов.

Следовательно, еще один аспект настоящего изобретения относится к использованию смеси, которая подходит для биоцементации, содержащей или состоящей из составляющих (i), (ii) и (iii), а также, необязательно, из составляющей (iv) и/или, необязательно, из составляющей (v), как указано в настоящем тексте, для (иона тяжелых металлов) деконтаминации и/или (иона тяжелых металлов) осаждения из нижних раствора.

Особенностью соединения, модифицирующего когезию в смеси согласно настоящему изобретению, является то, что оно синергетически с микробной биоцементацией дает особенно когезивный биоцемент с низким уровнем выбросов. Неожиданно выяснилось, что это также происходит в растворе и, следовательно, приводит к особенно эффективному осаждению ионов тяжелых металлов из раствора. Это было особенно неожиданно, поскольку полимеры, в частности, имеют тенденцию связывать поливалентные ионы, включая, в частности, катионы двухвалентных металлов, такие как Ca(II), Cu(II), Mg(II), а также Ni(II), диспергировать их в растворе и, таким образом, повышать их растворимость. Из-за этой аффинности к катионам двухвалентных металлов ожидалось, что, в частности, если водорастворимое и/или вододиспергируемое соединение, модифицирующее когезию, было полимером, оно бы стабилизировало катионы поливалентных металлов, а также их агрегаты и агломераты в растворе, что приводило бы к менее эффективному осаждению ионов металлов (см. Тадрос Т.Ф. 2016, Nanodispersions, ISBN-978-3-11-029033-2, в частности, Главу на стр. 25 ff *стерическая стабилизация*).

Добавки, ускоряющие уплотнение, также используются со строительными материалами, например, с цементирующими строительными материалами, такими как строительные растворы и бетоны, для регулирования времени отверждения (см., например, EP 2664596 A3). На основе ускоренного отверждения смесей согласно настоящему изобретению, описанного в Примере 1 ниже, дополнительным аспектом настоящего изобретения является применение смеси, которая подходит для биоцементации, содержащей или состоящей из составляющих (i), (ii) и (iii), а также, необязательно, из составляющей (iv) и/или, необязательно, из составляющей (v), как указано в настоящем тексте, для продуцирования строительных материалов, в частности, цементирующих строительных материалов, таких как строительные растворы и бетоны, и/или для регулирования времени их отверждения.

Смеси согласно настоящему изобретению, кроме того, оказались подходящим для связывания и агрегирования древесной стружки. Следовательно, еще один аспект

настоящего изобретения относится к использованию смеси, которая подходит для биоцементации, содержащей или состоящей из составляющих (i), (ii) и (iii), а также, необязательно, из составляющей (iv) и/или, необязательно, из составляющей (v), как указано в настоящем тексте, для продуцирования строительных материалов, в частности, в качестве связующих для изоляционных материалов. Утверждения, сделанные в настоящем документе в отношении использования согласно настоящему изобретению, в равной степени действительны для способа по настоящему изобретению, описанному в настоящем документе, и для смеси согласно настоящему изобретению, как описано в настоящем документе, и *наоборот*. Это, в частности, относится к (предпочтительным) вариантам использования согласно настоящему изобретению, которые образуют соответствующие (предпочтительные) варианты осуществления способа согласно настоящему изобретению и соответствующие (предпочтительные) варианты осуществления смеси согласно настоящему изобретению, и *наоборот*.

Ниже изобретение разъясняется более подробно с помощью выбранных примеров. Если не указано иное, все данные относятся к массе.

Фигура 1: Механические и пылеподавляющие свойства биоцементирующих и эталонных смесей при использовании *S. pasteurii*: глубина проникновения металлических конусов разной массы в мм после 24 ч времени реакции (вверху слева). Прочность на разрыв полученных слоев в ньютонах после 48 ч времени реакции (вверху справа). Связанная с выбросами потеря массы после 24 ч времени реакции при воздействии ветра 12 м/с в течение одной минуты (внизу слева). Связанная с выбросами потеря массы после 24 ч времени реакции и определение глубины проникновения металлического конуса (600 г) при воздействии ветра 12 м/с в течение одной минуты (внизу справа).

Фигура 2: Механические и пылеподавляющие свойства биоцементирующих и эталонных смесей при использовании *L. sphaericus*: глубина проникновения металлических конусов разной массы в мм после 24 ч времени реакции (вверху слева). Прочность на разрыв полученных слоев в ньютонах после 48 ч времени реакции (вверху справа). Связанная с выбросами потеря массы после 24 ч времени реакции при воздействии ветра 12 м/с в течение одной минуты (внизу слева). Связанная с выбросами потеря массы после 2 ч времени реакции и определение глубины проникновения металлического конуса (600 г) при воздействии ветра 12 м/с в течение одной минуты (внизу справа).

Фигура 3: Механические и пылеподавляющие свойства биоцементирующих и эталонных смесей при использовании различных бактериальных штаммов: глубина проникновения металлических конусов разной массы в мм после 24 ч времени реакции

(вверху слева). Потеря массы после 24 ч времени реакции и определение глубины проникновения металлического конуса (600 г) при воздействии ветра 12 м/с в течение одной минуты (внизу справа). Прочность на разрыв полученных слоев в ньютонах после 48 ч времени реакции (вверху слева). Потеря массы после 48 ч времени реакции и определение прочности на разрыв при воздействии ветра 12 м/с в течение одной минуты (внизу справа).

Фигура 4: Связанная с выбросами потеря массы после 24 ч времени реакции и 15 мин воздействия ветра (6 м/с) эталонных смесей R1, R2 и R8, а также биоцементирующей смеси M20.

Фигура 5: Демонстрация эффекта подавления пыли в известняковом карьере, вид с высоты птичьего полета трех областей применения: дорога (1), свежий отвал (2), карьер (3) (вверху слева). Нанесение воды распылителем в качестве текущей меры подавления пыли (вверху справа). Нанесение смесей на дорогу (внизу слева) и на отвал (внизу справа).

Фигура 6: Механические и пылеподавляющие свойства биоцементирующих и эталонных смесей при использовании *S. pasteurii*: прочность на разрыв после четырехдневного времени реакции (вверху). Потеря массы, связанная с выбросами, после четырехдневного времени реакции, определение прочности на разрыв и воздействия ветра 12 м/с в течение одной минуты (внизу). Эталонная R3 является ключевой для всех смесей на фигуре. Соответствующая биоцементирующая смесь по настоящему изобретению, для наглядности, всегда помещается справа рядом с соответствующей эталонной: R3 и R7 обе не приводят к снижению выбросов после механических испытаний; комбинация обеих обеспечивает очень эффективное уменьшение выбросов (M24).

Фигура 7: Механические и пылеподавляющие свойства непригодных для биоцементации и эталонных смесей с использованием *S. pasteurii*: прочность на разрыв после четырехдневного времени реакции (вверху). Потеря массы, связанная с выбросами, после четырехдневного времени реакции, определение прочности на разрыв и воздействия ветра 12 м/с в течение одной минуты (внизу).

Фигура 8: Другие примеры использования смесей по настоящему изобретению. Гранулы, полученные из смесей M7, M8 и M9 (слева направо). Размер коробки для бумажного подслоя составляет 5 мм (сверху). Относительная влажность почвы для обработанных образцов за период наблюдения 168 дней для R2 (полые ромбы), R3 (кресты), M11 (сплошные квадраты), M16 (полый треугольник) и M22 (полый круг). Контроль испарения с помощью биоцемента по настоящему изобретению очевиден из более высокой относительной влажности почвы. M11 и M22 расположены близко друг к другу

(посередине). Остаточное содержание ионов тяжелых металлов в супернатанте после 24 ч времени реакции и последующего центрифугирования (внизу).

Пример 1: Ускоренная биоцементация с улучшенным подавлением пыли

Материал и методы:

Эксперимент проводили в лаборатории в пластиковых сосудах объемом 450 см³. Площадь нанесения в каждом случае составляла 78,5 см².

Нижний слой почвы в эксперименте состоял из кварцевого песка с гранулометрической характеристикой 0-2 мм. Песок был промыт и высушен производителем и использовался непосредственно. В качестве нижнего слоя почвы использовали 800 г кварцевого песка на пластиковый сосуд. Пластиковый сосуд был полон до краев.

Для контроля использовали эталонные смеси, состоящие из следующих составляющих в следующих концентрациях:

Эталон 1 (R1): Сухой песчаный субстрат без добавления водного компонента.

Эталон 2 (R2): Применение воды.

Эталон 3 (R3):

48 г/л мочевины

44 г/л хлорид кальция

4 x 10⁸ клеток/мл *S. pasteurii*

Эталон 4 (R4):

6,25 г/л лигносульфонат кальция

Эталон 5 (R5)

3,15 г/л лигносульфонат кальция

Биоцементирующая эталонная система R3 используется для подавления пыли в виде, модифицированном в соответствии с работой Стабникова В. и соавт. *Water, Air, & Soil Pollution* (2013) 224:1631. В этой публикации была изучена тенденция к подавлению пыли при скорости ветра 0,39 м/с и ниже. Скорости ветра, изученные в настоящем примере, существенно выше. Общее количество биоцементирующей смеси, предложенное в настоящем примере, больше в четыре раза. Что касается R3, то точное воспроизведение литературной ссылки не привело к значительным изменениям.

Смесь R3 дополнительно включает микроэлементы и следы, например, солей и сахаров (< 1 мас.%). Мочевина в этой среде служила главным образом источником карбоната.

Эталонные смеси наносили каждую в трех повторах на экспериментальные участки. Количество, наносимое на квадратный метр, неизменно составляло 4 литра на повтор. Нанесение происходило с помощью пипетки. После нанесения, поверхность была равномерно распределена шпателем. Приведенные значения измерений представляют собой средние значения трех повторов, которые обычно находились в районе 10% от установленного значения.

Были использованы жидкие биоцементирующие смеси, состоящие из следующих составляющих в следующих концентрациях:

Смесь 1 (M1):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
6,25	г/л	лигносульфонат кальция
4×10^8	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>

Смесь 2 (M2):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
3,15	г/л	лигносульфонат кальция
4×10^8	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>

Смесь дополнительно включала микроэлементы и следы, например, солей и сахаров (< 1 мас.%). Мочевина в этой среде служила главным образом источником карбоната. Лигносульфонат кальция является соединением, модифицирующим когезию в смесях M1 и M2.

Смеси наносили каждую в трех повторах на экспериментальные участки. Количество, наносимое на квадратный метр, неизменно составляло 4 литра на повтор. Нанесение происходило с помощью пипетки. После нанесения, поверхность была равномерно распределена шпателем. Приведенные значения измерений представляют собой средние значения трех повторов, которые обычно находились в районе 10% от установленного значения.

Все компоненты настоящих смесей, которые способны к биоцементации, за исключением бактерий штамма *S. pasteurii*, находились в твердом виде. Бактерии присутствовали в виде жидкой культуры в среде для культивирования, известной из предшествующего уровня техники, как описано, например, в работе Катберта, М.О. и соавт., Экологическая инженерия 2012, 41, 32-40 (см. раздел 2.2, стр. 33), причем с использованием 5 г/л дрожжевого экстракта в контексте настоящего изобретения. Твердые

составляющие и бактерии в жидкой культуре смешивали непосредственно перед использованием, при этом твердые составляющие растворялись.

За нанесением эталонных смесей и биоцементирующих смесей следовала инкубация в течение всего периода наблюдений (в целом 28 дней) при влажности воздуха от 20% до 60% и многократной смене воздуха в день. В этот период минимальная преобладающая температура составляла 14,2° С, а максимальная преобладающая температура -25,2° С.

Через 24 часа определяли глубину проникновения погружных конусов разной массы (150 г, 300 г и 600 г), а также, впоследствии, эффект подавления пыли в аэродинамической трубе. В соответствии со стандартным методом испытаний DIN EN 13279-2:2014-03 (раздел 4.4.2.2), глубину проникновения конусов разной массы (общая масса погружного конуса и направляющего стержня 150 г, 300 г, 600 г) определяли через 24 часа, используя описанный прибор Vicat с погружным конусом и спусковым устройством (описано в стандарте DIN EN 13279-2:2014-03, фигуры 2 и 3). Для этой цели образец помещали под погружной стержень. Погружной стержень осторожно опускали до тех пор, пока он не соприкоснулся с поверхностью образца. Его удерживали в течение двух секунд, после чего приводилось в действие спусковое устройство. Под действием собственной массы погружной конус проникал в образец вертикально. Глубину проникновения считывали по шкале через пять секунд после остановки конуса. Отбор образцов проводили на трех испытательных площадках, которые находились на расстоянии, по меньшей мере, 3 см друг от друга. Из трех установленных значений было сформировано среднее значение. Измерения колебались не более чем на 10% относительно абсолютного значения. Это измерение предоставляет информацию о профиле жесткости (см. стандарт DIN EN 196-3, раздел 6.3.1). После измерения определяли массу испытуемого образца (масса образца до воздействия ветра), и испытуемый образец помещали в аэродинамическую трубу. Механически напряженный образец подвергали в течение одной минуты воздействию ветра со скоростью 12 м/с. Направление потока воздуха ударяло о поверхность под углом 12,5°. После воздействия ветра, была определена уменьшенная масса (масса образца после воздействия ветра), и потеря массы, связанная с выбросами, была определена в соответствии с формулой, указанной ниже. В каждом случае вычитали массу самого сосуда для образцов.

Эффект подавления пыли в аэродинамической трубе без предварительного механического напряжения был проверен с отдельным образцом: была определена масса отвержденного образца (масса образца до воздействия ветра), и образец был помещен в аэродинамическую трубу. В аэродинамической трубе поток воздуха пропускали над образцом в течение одной минуты при скорости ветра 12 м/с. Направление потока воздуха

ударяло о поверхность под углом 12,5°. Измерение уменьшенной массы образца было произведено после воздействия ветра (масса образца после воздействия ветра), и связанная с выбросами потеря массы была определена с использованием формулы, указанной ниже. В каждом случае вычитали массу самого сосуда для образцов.

Связанная с выбросами потеря массы в весовых процентах была определена следующим образом:

Связанная с выбросами потеря массы = [(масса образца до воздействия ветра_{день ху} - (масса образца после воздействия ветра_{день ху})/масса образца до воздействия ветра_{день ху}] *100

Через 48 часов определяли прочность слоев на разрыв. Прочность на разрыв (максимальное значение измерения силы) может быть определена с помощью следующего способа: способ основан на стандартизированном способе испытания на определение прочности цемента, стандарт DIN EN 196-1:2005-05. Прочность на разрыв измеряют с помощью цифрового прибора для измерения прочности на разрыв в соответствии с инструкциями производителя. Испытуемый образец вдавливается в образец (до точки разрушения) с помощью стенда для испытаний кривошипно-шатунным механизмом, и приложенная сила непрерывно измеряется. По результатам ряда измерений (>3) вычисляется средняя прочность на разрыв. Средняя прочность на разрыв предпочтительно составляет от 0,5 до 1000 Н, более предпочтительно от 1 до 300 Н.

После определения прочности на разрыв механически напряженный образец помещали в аэродинамическую трубу и в течение одной минуты подвергали воздействию ветра со скоростью 12 м/с. Направление потока воздуха ударяло о поверхность под углом 12,5°. Связанную с выбросами потерю массы, определяют по приведенной выше формуле. Это испытание служит эталоном для определения долгосрочной стабильности образцов, а также подавления ими пыли.

Результаты:

Когда кварцевый песок в сухом состоянии (R1) подвергали в аэродинамической трубе воздействию ветра со скоростью 12 м/с в течение одной минуты, более 50% массы уносилось в виде пыли. Во влажном состоянии, при той же скорости ветра и времени воздействия, песок потерял еще 1,12% массы от своей собственной массы в виде пыли (R2). При данных условиях, песок полностью высыхает через 4,5 дня. В этом случае эффект подавления пыли последовательно снижался (данные не показаны). В полностью высушенных образцах процентная потеря массы, связанная с выбросами, после одной минуты воздействия ветра составила более 50%.

Составы М1 и М2 по настоящему изобретению показали более быстрый профиль жесткости, чем эталонные системы R1, R2, R3, R4 и R5. Через 24 ч конус массой 150 г проникал на 9-25 мм в эталонные системы, тогда как конус массой 150 г проникал на 2 и 6 мм в составы по настоящему изобретению, соответственно (Фигура 1, вверху слева). Та же тенденция была также очевидна для конусов с более высокой массой (Фигура 1, вверху слева).

Через 24 ч, связанная с выбросами потеря массы, после одной минуты воздействия ветра в аэродинамической трубе (12 м/с) без предварительного механического напряжения составила более 50% для R1, 1,11% для R2, 0,41% для R3, 0,66% для R4 и 0,99% для R5. Смесь М1 показала связанную с выбросами потерю массы всего 0,03%, а смесь М2 - 0,04% (Фигура 1, внизу слева). Предположительно, это объясняется лучшим когезионным эффектом, который также отражается на механических свойствах.

Через 24 часа, связанная с выбросами потеря массы после одной минуты воздействия ветра в аэродинамической трубе (12 м/с) с предварительным механическим напряжением (верификация глубины проникновения 600-граммового конуса) составила более 50% для R1, 1,12% для R2, 0,71% для R3, 1,58% для R4 и 2,78% для R5. Смесь М1 показала связанную с выбросами потерю массы 0,16%, а смесь М2 показала связанную с выбросами потерю массы 0,18% (Фигура 1, внизу справа).

После 48 часов реакции, смеси М1 и М2 по настоящему изобретению показали более высокую прочность на разрыв, чем соответствующие эталонные системы. В этом случае прочность на разрыв смесей по настоящему изобретению была выше общей суммы отдельных составляющих: прочность на разрыв R3 = 1,5 Н, прочность на разрыв R5 = 2,2 Н, прочность на разрыв М2 = 7 Н. Прочность на разрыв R3 = 1,5 Н, прочность на разрыв R4 = 5,1 Н, прочность на разрыв М1 = 12 Н (Фигура 1, вверху справа).

С увеличением возраста образцов разница в эффекте подавления пыли после предварительной механической верификации стала еще более очевидной: через 48 часов связанная с выбросами потеря массы, после одной минуты воздействия ветра в аэродинамической трубе (12 м/с) с предварительным механическим напряжением (определение прочности на разрыв) составила 1,30% для R2, 0,85% для R3, 40,1% для R4 и 42,9% для R5. Смеси М1 и М2 показали значительно меньшую связанную с выбросами потерю массы - 0,40% для М1 и 0,43% для М2. После еще более длительного времени реакции (10 и 28 дней, соответственно) были очевидны те же тенденции (данные не приведены; в этой связи см. также Пример 2).

Биоцементирующая смесь преимущественно обладает эффективностью, аналогичной эффективности многих стандартных коммерческих композиций для подавления пыли (данные не показаны), при этом описанное выше повышенное подавление пыли после механической нагрузки сопоставимо с эффективностью систем на основе битума, без различных экологических недостатков.

Кроме того, в вышеописанных биоцементирующих смесях R3, M1 и M2 бактериальный штамм *S. pasteurii* был заменен на *L. sphaericus* в той же концентрации по количеству клеток в каждом случае, при этом эксперименты проводились в каждом случае, как описано выше. Полученные в результате жидкие эталонные смеси и биоцементирующие смеси состояли из следующих составляющих:

Эталон 6 (R6):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
4×10^8	клеток/мл	<i>L. sphaericus</i>

Смесь 3 (M3):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
6,25	г/л	лигносульфонат кальция
4×10^8	клеток/мл	<i>L. sphaericus</i>

Смесь 4 (M4):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
3,15	г/л	лигносульфонат кальция
4×10^8	клеток/мл	<i>L. sphaericus</i>

Смесь дополнительно содержала микроэлементы и следы, например, солей и сахаров (< 1 мас.%). Мочевина в этой среде служила главным образом источником карбоната. Бактерии присутствовали в виде жидкой культуры в среде для культивирования, известной из предшествующего уровня техники, как описано, например, в работе Дика, Дж. и соавт., Биодegradация 2006, 17, 357-367 (см. раздел "Материалы и методы", стр. 359), причем с использованием 5 г/л дрожжевого экстракта в контексте настоящего изобретения. Лигносульфонат кальция является соединением, модифицирующим когезию в смесях M3 и M4.

Использование организма *L. sphaericus* в смесях по настоящему изобретению позволило достичь результатов, сопоставимых с результатами, полученными при использовании *S. pasteurii* (см. Фигуру 2).

Сопоставимые эффекты по уменьшению выбросов были также достигнуты при незначительно модифицированных составах биоцементирующих смесей М1, М2, М3 и М4, содержащих ацетат кальция, пропионат кальция, формиат кальция, лактат кальция и/или хлорид кальция в концентрации от 0,05 до 0,3 М, не превышающей концентрацию общего содержания кальция 0,4 М (данные не показаны). Больше изменение концентрации лигносульфоната кальция (например, от 1 до 500 г/л) или мочевины (например, от 0,1 до 1,0 М), или количества дрожжевого экстракта (например, от 0,1 до 30 г/л) также привело к значительному уменьшению выбросов. Подавление пыли зависело в каждом случае от используемых концентраций составляющих соответствующей биоцементирующей смеси (данные не показаны). Соответствующие замечания были также сделаны для соответственно модифицированных составов по настоящему изобретению из Примеров 2, 3 и 4.

Ускоряющие добавки используются для регулирования времени отверждения строительных материалов, как, например, в случае вяжущих строительных материалов, таких как строительные растворы и бетоны (EP 2664596 A3). На основе ускоренного отверждения смесей, описанных в этом примере, предпочтительным применением смесей по настоящему изобретению является их применение для производства строительных материалов.

Аналогичным образом, сопоставимые эффекты по уменьшению выбросов были достигнуты для всех вышеуказанных смесей, в которых бактерии присутствовали в виде порошков. Для этой цели, соответствующие бактериальные клетки концентрировали в среде для культивирования, затем профессионально высушивали и растворяли перед нанесением в соответствующей среде.

Аналогичным образом, сопоставимые эффекты по уменьшению выбросов были достигнуты для всех вышеупомянутых смесей в смесях, где лигносульфонат кальция был заменен лигносульфонатной кислотой, лигносульфонатом натрия, лигносульфонатом калия или лигносульфонатом аммония, соответственно, и/или где источник катионов был удален (здесь: источник кальция, такой как хлорид кальция).

Пример 2: Составы для ускоренной биоцементации с улучшенным пылеподавлением для неуреолитических и уреолитических систем биоцементации в сравнении

Материал и методы:

Эксперимент проводили в лаборатории в пластиковых сосудах объемом 450 см³. Площадь нанесения в каждом случае составляла 78,5 см².

Нижний слой почвы в эксперименте состоял из кварцевого песка с гранулометрической характеристикой 0-2 мм. Песок был промыт и высушен производителем и использовался непосредственно. В качестве нижнего слоя почвы использовали 800 г кварцевого песка на пластиковый сосуд.

Для контроля использовали эталонную смесь R3, состоящую из следующих составляющих в следующих концентрациях:

Эталон 3 (R3):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>

Эталон 6 (R6):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>L. sphaericus</i>

Смеси R3 и R6 дополнительно включают микроэлементы и следы, например, солей и сахаров (< 1 мас.%). Мочевина в этой среде служила главным образом источником карбоната.

Эталонные смеси наносили каждую в трех повторах на экспериментальные участки. Количество, наносимое на квадратный метр, неизменно составляло 4 литра на повтор. Нанесение происходило с помощью пипетки. После нанесения, поверхность была равномерно распределена шпателем.

Были использованы жидкие биоцементирующие смеси, состоящие из следующих составляющих в следующих концентрациях:

Смесь 5 (M5):

5	г/л	дрожжевой экстракт
21	г/л	ацетат кальция
34,9	г/л	хлорид кальция
46,2	г/л	лактат кальция

0,40	г/л	гидроксид натрия
1,07	г/л	хлорид аммония
15	г/л	<i>L</i> -аланин
25	г/л	лигносульфонат кальция
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>B. pseudofirmus</i>
Смесь 6 (M6):		
27	г/л	мочевина
34	г/л	хлорид кальция
10	г/л	дрожжевой экстракт
12,5	г/л	Стирол-акрилатная дисперсия
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>L. sphaericus</i>
Смесь 7 (M7):		
5	г/л	дрожжевой экстракт
21	г/л	ацетат кальция
34,9	г/л	хлорид кальция
46,2	г/л	лактат кальция
25	г/л	лигносульфонат кальция
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>B. halodurans</i>
Смесь 8 (M8):		
36	г/л	мочевина
35	г/л	хлорид кальция
10	г/л	дрожжевой экстракт
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>L. sphaericus</i>
Смесь 9 (M9):		
27	г/л	мочевина
17	г/л	хлорид кальция
31	г/л	альбумин
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>L. sphaericus</i>
Смесь 10 (M10):		
48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
3,9	г/л	поливиниловый спирт
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>
Смесь 11 (M11):		

48 г/л мочевины
44 г/л хлорид кальция
3,9 г/л поливинилацетатная дисперсия
4 x 10⁸ клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 12 (M12):

48 г/л мочевины
44 г/л хлорид кальция
9,4 г/л эфир крахмала
4 x 10⁸ клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 13 (M13):

1 г/л дрожжевой экстракт
34,9 г/л хлорид кальция
25 г/л лигносульфонат кальция
21 г/л ацетат кальция
46,2 г/л лактат кальция
4 x 10⁸ клеток/мл *B. cohnii*

Смесь 14 (M14):

1 г/л дрожжевой экстракт
21 г/л ацетат кальция
25 г/л лигносульфонат кальция
15 г/л *L*-аланин
34,9 г/л хлорид кальция
46,2 г/л лактат кальция
0,40 г/л гидроксид натрия
1,07 г/л хлорид аммония
4 x 10⁸ клеток/мл *A. crystallopoietes*

Смесь 15 (M15):

1 г/л дрожжевой экстракт
34,9 г/л хлорид кальция
21 г/л ацетат кальция
46,2 г/л лактат кальция
4 x 10⁸ клеток/мл *B. cohnii*

Смесь 16 (M16):

1,07 г/л хлорид аммония

21	г/л	ацетат кальция
15	г/л	<i>L</i> -аланин
34,9	г/л	хлорид кальция
0,40	г/л	гидроксид натрия
1	г/л	дрожжевой экстракт
46,2	г/л	лактат кальция
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>A. crystallopoietes</i>
Смесь 17 (M17)		
36	г/л	мочевина
36	г/л	сульфат магния
10	г/л	дрожжевой экстракт
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>L. sphaericus</i>
Смесь 18 (M18):		
27	г/л	мочевина
35	г/л	хлорид кальция
45	г/л	лизин
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>
Смесь 19 (M19):		
48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
25	г/л	поливиниловый спирт
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>
Смесь 20 (M20):		
27	г/л	мочевина
47	г/л	лигносульфонат кальция
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>
Смесь 21 (M21):		
5	г/л	дрожжевой экстракт
21	г/л	ацетат кальция
25	г/л	лигносульфонат кальция
34,9	г/л	хлорид кальция
46,2	г/л	лактат кальция
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>B. pseudofirmus</i>
Смесь 22 (M22):		

27	г/л	мочевина
47	г/л	лигносульфонат кальция
12	г/л	хлорид кальция
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>

Смесь 23 (M23):

27	г/л	мочевина
35	г/л	хлорид кальция
45	г/л	лизин
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>L. sphaericus</i>

Смесь дополнительно включала микроэлементы и следы, например, солей и сахаров (< 1 мас.%). Мочевина в смесях M6, M8, M9, M10, M11, M12, M17, M18, M19, M20, M21, M22, M23 служила главным образом источником карбоната. В смесях M5, M7, M13, M14, M15, M16, M21 органическая кальциевая соль в каждом случае служила главным образом источником карбоната. Кроме того, в смеси M15 дрожжевой экстракт служил дополнительным источником карбоната. Кроме того, в смеси M16 L-аланин служил дополнительным источником карбоната.

L-аланин, лигносульфонат кальция, лактат кальция (M5, M7), ацетат кальция (M1, M14), стирол-акрилатная дисперсия, дрожжевой экстракт, альбумин, поливиниловый спирт, поливинилацетатная дисперсия, эфир крахмала, сульфат магния, лизин являются соединениями, модифицирующими когезию в настоящих примерах, если они не служили источником карбоната.

Все компоненты настоящей смеси, которые способны к биоцементации, за исключением бактерий, находились в твердом виде. Бактерии штамма *B. pseudofirmus* присутствовали в виде жидкой культуры в среде для культивирования, известной из предшествующего уровня техники, как описано, например, в работе Джонкерса Х.М. и соавт., Бетонные конструкции по индивидуальному заказу – Уолraven и Стулхорст (ред.), 2008, Taylor & Francis Group, Лондон, ISBN 978-0-415-47535-8, Раздел 2.1, причем с использованием 5 г/л дрожжевого экстракта в контексте настоящего изобретения. *B. cohnii* и *B. halodurans* присутствовали в той же среде для культивирования, что и *B. pseudofirmus*, а *A. crystallopoietes* присутствовал в известной среде для культивирования, как описано, например, в работе Гамильтона, Р. У. и соавт., Journal of Bacteriology 1977, 129(2), 874-879 (см. раздел "Материалы и методы", стр. 874-875). *L. sphaericus* и *S. pasteurii* присутствовали в средах для культивирования, описанных в Примере 1. Твердые составляющие и бактерии

в жидкой культуре смешивали непосредственно перед использованием, при этом твердые составляющие растворялись.

Смеси наносили каждую в трех повторах на экспериментальные участки. Количество, наносимое на квадратный метр, неизменно составляло 4 литра на повтор. Нанесение происходило с помощью пипетки. После нанесения, поверхность была равномерно распределена шпателем. Приведенные значения измерений представляют собой средние значения трех повторов, которые обычно находились в районе 10% от установленного значения.

За нанесением эталонных смесей и биоцементирующих смесей следовала инкубация в течение всего периода наблюдений (28 дней) при влажности воздуха от 20% до 60% и многократной смене воздуха в день. В этот период минимальная преобладающая температура составляла 14,2° С, а максимальная преобладающая температура -25,2° С.

Через 24 часа определяли глубину проникновения погружных конусов разной массы (150 г, 300 г и 600 г), а также, впоследствии, эффект подавления пыли в аэродинамической трубе. Эффект подавления пыли в аэродинамической трубе без предварительного механического напряжения был осуществлен с отдельным образцом: отвержденный образец подвергали в течение одной минуты воздействию ветра со скоростью 12 м/с. Направление потока воздуха ударяло о поверхность под углом 12,5°. Связанная с выбросами потеря массы в весовых процентах была определена, как описано в Примере 1.

Через 48 часов определяли прочность слоев на разрыв. Прочность на разрыв (максимальное значение измерения силы) может быть определена с помощью следующего способа: способ основан на стандартизированном способе испытания на определение прочности цемента, стандарт DIN EN 196-1:2005-05. Прочность на разрыв измеряют с помощью цифрового прибора для измерения прочности на разрыв в соответствии с инструкциями производителя. Испытуемый образец вдавливается в образец (до точки разрушения) с помощью станда для испытаний кривошипно-шатунным механизмом, и приложенная сила непрерывно измеряется. По результатам ряда измерений (>3) вычисляется средняя прочность на разрыв. Средняя прочность на разрыв предпочтительно составляет от 0,5 до 1000 Н, более предпочтительно от 1 до 300 Н.

После определения прочности на разрыв механически напряженный образец помещали в аэродинамическую трубу и в течение одной минуты подвергали воздействию ветра со скоростью 12 м/с. Направление потока воздуха ударяло о поверхность под углом 12,5°. Связанная с выбросами потеря массы определена по формуле, указанной в Примере

1. Это испытание служит эталоном для определения долгосрочной стабильности образцов, а также подавления ими пыли.

На выбранных образцах после времени реакции 10 дней и 28 дней, соответственно, были проведены определения прочности на разрыв, а также потери массы при воздействии ветра, как описано выше.

Результаты:

В предыдущем Примере 1 было описано уменьшение связанной с выбросами потери массы с помощью составов для ускоренной биоцементации. Этот пример показывает, как это открытие может быть распространено на широкую группу веществ, уплотняющих почву, которые ускоряют биоцементацию.

Все составы по настоящему изобретению, описанные выше, демонстрировали более быстрый профиль жесткости, чем эталонные системы R3 и R6. Через 24 ч конус массой 150 г проник на 14 мм в эталонные системы R3 и R6, тогда как конус массой 150 г проник на 4-9,5 мм в составы по настоящему изобретению (Фигура 3, вверху слева). Та же тенденция была также очевидна для конусов с более высокой массой (Фигура 3, вверху слева).

Если потеря массы в аэродинамической трубе определяется после механической верификации, то смеси по настоящему изобретению демонстрируют повышенную когезионную способность и, следовательно, повышенное подавление пыли. Потеря массы после 24-часового времени реакции, определение глубины проникновения и одна минута воздействия ветра в аэродинамической трубе (12 м/с) показаны вверху справа на Фигуре 3. В случае эталонной системы R3 процентная потеря массы, связанная с выбросами, составляет 0,71%. Составы по настоящему изобретению имеют потерю массы от 0,07% до 0,56% (Фигура 3, вверху справа). В результате более быстрого профиля жесткости, при воздействии ветра из образца уносится меньше частиц.

После 48 часов реакции, смеси по настоящему изобретению показали более высокую прочность на разрыв, чем соответствующие эталонные системы. В этом случае прочность на разрыв смесей по настоящему изобретению была кратна прочности эталонной системы R3 (Фигура 3, внизу слева).

С увеличением возраста образцов разница в эффекте подавления пыли после предварительной механической верификации стала еще более очевидной: через 48 часов связанная с выбросами потеря массы, после одной минуты воздействия ветра в аэродинамической трубе (12 м/с) с предварительным механическим напряжением (определение прочности на разрыв) составила 1,30% для R2, 0,85% для R3.

Смеси M15-M23 по настоящему изобретению показали потерю массы после механической верификации и воздействия ветра от 0,04% до 0,45% (см. Фигуру 3, внизу справа).

Если исследование свойств механического разрушения и связанной с выбросами потери массы в аэродинамической трубе проводилось после длительного времени реакции, то разница между эталонными системами и биоцементирующими смесями становилась еще более очевидной:

Кроме того, были продуцированы эталонная смесь R7, а также биоцементирующая смесь M24, и их сравнивали друг с другом, как описано выше.

Эталон 7 (R7):

50 г/л лигносульфонат кальция

Смесь 24 (M24):

48 г/л мочевины

44 г/л хлорид кальция

50 г/л лигносульфонат кальция

4×10^8 клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь M24 дополнительно содержала микроэлементы и следы, например, солей и сахаров (< 1 мас.%). Лигносульфонат кальция является модифицирующим когезию соединением в смеси M24. Бактерии штамма *S. pasteurii* присутствовали в среде для культивирования, описанной в Примере 1. Смеси приготавливали и хранили, как описано выше.

Было обнаружено, что эти смеси уплотняются в течение 48 часов (прочность на разрыв не показана; в связи с этим см. также Пример 5). С помощью R7 был образован тонкий слой, тогда как с помощью M24 был образован более толстый, более когезивный слой. Эти различия в характере слоя отразились на разнице в потере массы, связанной с выбросами. Смеси R7 и M24 испытывали после определения прочности на разрыв в аэродинамической трубе в течение одной минуты при ветре 12 м/с (как описано выше). Связанная с выбросами потеря массы здесь составила 11,3% для R7, а связанная с выбросами потеря массы M24 составила 0,21%. Выбранным смесям и эталонным системам давали возможность реагировать в течение 48 часов. Результаты показывают специалисту в данной области техники, что повышенная когезионная способность обеспечивает преимущества для длительного подавления пыли.

Через 10 и 28 дней определяли прочность на разрыв различных агентов в сравнении с эталонными системами. Результаты, достигнутые в этом случае, были сопоставимы с

результатами, описанными выше (данные не показаны). Потеря массы после механической верификации через 10 дней представлена в Таблице 1. В этом случае обнаружено, что более когезивные биоцементные слои имели значительно лучшее подавление пыли после механических испытаний.

Таблица 1: Потеря массы после 10-дневного времени реакции, механические испытания и одна минута воздействия ветра при скорости ветра 12 м/с для различных эталонных смесей, а также для биоцементирующих смесей

Смесь или эталонная система	Потеря массы после механических испытаний и одна минута воздействия ветра при скорости ветра 12 м/с. [весовой процент]
R3	> 50
R7	50,1
M5	0,67
M6	1,56
M7	0,26
M8	0,14
M9	0,16
M10	0,96
M11	4,82
M12	0,15
M13	0,67
M14	1,82
M16	0,77
M17	6,31
M18	2,52
M19	0,04
M20	8,1
M21	0,63
M22	0,26
M23	0,11
M24	0,06

Сопоставимые эффекты по уменьшению выбросов были также достигнуты при незначительно модифицированных составах биоцементирующих смесей M5-M24, содержащих ацетат кальция, пропионат кальция, формиат кальция, лактат кальция и/или хлорид кальция в концентрации от 0,05 М до 0,4 М, не превышающей концентрацию общего содержания кальция 1 М (данные не показаны). Больше изменение концентрации лигносульфоната кальция (например, от 1 до 500 г/л), концентрации *L*-аланина (например, от 1 до 250 г/л), концентрации стирол-акрилатной дисперсии (например, от 1 до 350 г/л), концентрации поливинилового спирта (например, от 1 до 250 г/л), концентрации

поливинилацетатной дисперсии (например, от 1 до 350 г/л), концентрации альбумина (от 1 до 200 г/л), концентрации эфира крахмала (например, от 1 до 90 г/л), концентрации сульфата магния (например, от 1 до 300 г/л), концентрация лизина (например, 1 до 250 г/л), концентрации мочевины (например, от 0,1 до 1,0 М) или в количестве дрожжевого экстракта (например от 0,1 до 150 г/л) также привело к хорошему уменьшению выбросов. Подавление пыли зависело в каждом случае от используемых концентраций составляющих соответствующей биоцементирующей смеси (данные не показаны). Соответствующие замечания были также сделаны для соответственно модифицированных составов по настоящему изобретению из Примеров 3, 4 и 5.

Сопоставимые эффекты по уменьшению выбросов были также достигнуты при использовании биоцементирующих смесей М5-М24, в которых бактерии присутствовали в виде высушенного распылением и/или лиофилизированного порошка. Для этой цели, соответствующие бактериальные клетки концентрировали в среде для культивирования, затем профессионально высушивали и растворяли перед применением в соответствующей среде. Было обнаружено, что при использовании высушенных бактериальных клеток, фактически можно достигнуть дальнейшего незначительного уменьшения потери массы, связанной с выбросами (данные не показаны).

Аналогичным образом, сопоставимые эффекты всех вышеупомянутых смесей были достигнуты в смесях, где лигносульфонат кальция был заменен лигносульфоновой кислотой, лигносульфонатом натрия, лигносульфонатом калия и лигносульфонатом аммония соответственно. Кроме того, при удалении источника катионов (здесь: источник кальция) в смесях М5, М6, М7, М8, М9, М10, М11, М12, М13, М14, М18, М19, М21, М22 и М23 был достигнут сопоставимый эффект подавления пыли. Где в то же время лигносульфонат кальция был заменен лигносульфоновой кислотой, лигносульфонатом натрия, лигносульфонатом калия и лигносульфонатом аммония, соответственно, и источник катионов (здесь: источник кальция) был удален, снова был достигнут сопоставимый эффект.

Пример 3: Анализ выбранных смесей, а также эталонных систем в аэродинамической трубе во внешней испытательной лаборатории

Материал и методы:

Во внешней испытательной лаборатории был испытан эффект уменьшения выбросов эталонных систем R1 (сухое) и R2 (водное применение), а также агент подавления пыли R8, имеющийся в продаже на рынке, в сравнении со смесью M20.

В качестве нижнего слоя почвы использовался мелкодисперсный карбонат кальция с обозначением ESKAL 60. Эта мелкодисперсная пыль используется в качестве испытуемой пыли для различных анализов, проводимых, среди прочего, в аэродинамической трубе. ESKAL 60 обладает точно определенным распределением частиц. Средний размер зерна составляет 60 мкм. Специалист в данной области техники знает, что используемая для испытания пыль должна соответствовать используемой аэродинамической трубе. Пластиковые чашки (диаметр 87 мм, высота 16 мм) были до краев заполнены нижним слоем почвы, и была установлена точная масса соответствующих сосудов.

Затем все образцы были снабжены соответствующим агентом для обработки поверхности. Обработанные образцы были помечены методом слепого испытания таким образом, что назначение соответствующих агентов для обработки поверхности было невозможно.

Эталон 8 (R8): полимерная дисперсия 50 г/л (различная)

Продукт, имеющийся в продаже на рынке, является коркообразующим агентом. Он был использован в соответствии со спецификациями производителя и применен из расчета 1,5 л/м². Кроме того, был изучен эффект биоцементирующей смеси M20 по уменьшению выбросов. Смесь 20 вносили с сопоставимыми нормами расхода, измеряемыми в массе твердого вещества на единицу площади поверхности, в R8.

Все образцы, за исключением R2, уравнивали при определенных условиях окружающей среды (относительная влажность 31%, 23° C) в шкафу для кондиционирования образцов в течение 24 часов, а затем снова взвешивали. Образцы эталонного R2 наносили только непосредственно перед воздействием в аэродинамической трубе. Смачивающее средство (R2) обрабатывали деионизированной водой из распылителя, расположенного последовательно, непосредственно перед началом эксперимента. Был зарегистрирован массовый расход воды.

В начале эксперимента образцы располагались в рандомизированном порядке, по отдельности и с покрытием, в середине аэродинамической трубы (Диаметр = 0,15 м, Длина = 5,4 м). С началом экспериментов был активирован счетчик частиц, покрытие на материале образца было удалено, и аэродинамическая труба была герметизирована. Все образцы, каждый по отдельности, в течение 15 минут подвергались воздействию потока над образцом со средней скоростью аэрозоля 6 м/с, измеренной на высоте образца, с определением распределения частиц по размерам каждые 30 секунд. Все эксперименты были повторены три раза. Связанная с выбросами потеря массы была определена с использованием формулы, указанной в Примере 1. Приведенные значения измерений

представляют собой средние значения трех повторов, которые обычно находились в районе 10% от установленного значения.

Результаты:

Эксперименты показывают, что агент для обработки поверхности M20 надежно предотвращает унос пыли. Выбросы произошли только с агентом R8, имеющимся в продаже на рынке, а также с необработанными образцами (R1) и с образцами, обработанными водой (R2).

В случае агента R8, имеющегося в продаже на рынке, такое поведение проявляется в появлении до 180 захваченных частиц в первые 90 секунд и в средней потере массы 1,86%.

Необработанные образцы карбоната кальция (R1), служащие для сравнения, имели наибольший уровень уносимых частиц среди всех рассматриваемых образцов. Начиная с 2500 - 3800 частиц/30 секунд, выбросы выросли до 4100-5500 частиц/30 секунд, прежде чем неуклонно снижались до уровня, примерно, 100 частиц/30 секунд. Связанная с выбросами средняя потеря массы составила 74,55%.

В случае образцов, обработанных водой, высвобождение частиц задерживалось; здесь высвобождение частиц началось только, примерно, через 200 секунд. Связанная с выбросами средняя потеря массы составила 66,94%. Задержка высвобождения, вероятно, связана с испарением воды в аэродинамической трубе.

В случае биоцементирующей смеси M20 не было обнаружено высвобождения частиц, а связанная с выбросом потеря массы составила 0,003% (см. Фигуру 4).

Пример 4: Демонстрация на открытом воздухе эффекта уменьшения выбросов в известняковой шахте

Материал и методы:

Для того, чтобы контролировать подавление пыли в условиях открытого воздуха, биоцементирующую смесь M20 применяли в сравнении с эталонной смесью R3 (в качестве контроля) на трех участках в известняковом карьере, иллюстративно. Три участка внутри шахты были расположены на дороге (участок 1 на Фигуре 5, вверху слева), на свежем отвале (участок 2 на Фигуре 5, вверху слева), а также в действующем карьере (участок 3 на Фигуре 5, вверху слева). В каждом случае нанесение производилось на площадь 150 м² с объемом нанесения три литра на квадратный метр. В качестве дополнительного эталона была применена мера по уменьшению выбросов, используемая в настоящее время при ежедневной эксплуатации шахты: нанесение трех литров воды на квадратный метр (Фигура 5, вверху справа). Это происходило таким же образом, как и для эталона R2. Эталонные участки были расположены непосредственно рядом с испытательными участками

биоцементирующих смесей и имели те же рабочие уровни. Участок доставки смеси М20 на дороге изображен внизу слева на Фигуре 5; участок доставки смеси М20 на отвале изображен внизу справа на Фигуре 5.

После нанесения, все 9 участков, где было произведено нанесение, как показано внизу Фигуры 5, были изолированы, и им дали возможность отреагировать в течение 48 часов. Через 24 часа визуально оценивали образование слоев, а через 48 часов измеряли прочность слоев на разрыв (данные не показаны).

Эксперимент на открытом воздухе был рассчитан на 4 недели. Температура в этот период варьировалась от 5,3° С ночью до 26,3° С днем. Относительная влажность воздуха варьировалась от 64% ночью до 31% днем. За период эксперимента общее количество осадения составило 11 л/м².

Эффект подавления пыли измеряли в разное время: через 48 часов, 7 дней и 28 дней. Через 48 часов эффект подавления пыли верифицировали в нескольких точках с помощью воздуходувки Bosch Leaf Blower (GBL 18V-120). Скорость ветра, используемая здесь, составляла 40 м/с на расстоянии одного метра от поверхности, и использовался угол падения, примерно, 15°. Осмотр, проведенный тремя сотрудниками шахты, проходил в форме классификации "сильное запыление", "умеренное запыление" и "отсутствие запыления". Все сотрудники являются квалифицированными специалистами в области подавления пыли при разработках месторождений, каждый из которых имеет более чем 10-летний соответствующий профессиональный опыт. "Отсутствие запыления" использовалось, когда не было удалено никаких видимых частиц. "Сильное запыление" использовалось, когда на испытательном участке пыль образовывалась таким же образом, как и на необработанном участке. "Умеренное запыление" использовалось, когда пылеобразование было уменьшено по сравнению с необработанным участком. Полученные опытным путем данные были дополнительно верифицированы с помощью анализа частиц (данные не показаны).

После первого испытания (48 ч), исследуемые участки были снова запущены в эксплуатацию, и барьеры были сняты. На этом этапе была предпринята забота о том, чтобы все участки были одинаково подвержены воздействию. Визуальный осмотр участков, а также измерение эффекта подавления пыли были проведены для всех участков через 7 дней и 28 дней, а также через 48 часов.

Результаты

Через один день слой состава для ускоренной биоцементации М20 был замечен, в то время как слой эталонной смеси 3 не уплотнился. После времени реакции 48 часов стало

возможным воспроизвести относительную прочность слоев на разрыв, как описано в Примере 2 (данные не показаны).

Испытание эффекта подавления пыли с использованием воздуходувки Bosch (GBL 18V-120) привело к следующей оценке экспертов через 48 часов:

Смесь 20 (M20) – "отсутствие запыления"

Эталон 3 (R3) – "умеренное запыление"

Эталон 2 (R2) – "умеренное запыление".

В этом случае не было никакой разницы между эффектом подавления пыли в каждом месте нанесения.

Через семь дней после нанесения три участка нанесения - дорога, отвал и карьер - были осмотрены в соответствии со схемой, описанной выше. На отвале и в карьере было очевидно, что в случае смеси 20 (M20) все еще был виден твердый слой, тогда как в случае эталонных смесей R2 и R3 слой не образовался. Тенденция к подавлению пыли была оценена следующим образом:

Смесь 20 (M20) – "отсутствие запыления"

Эталон 3 (R3) – "умеренное запыление"

Эталон 2 (R2) – "сильное запыление".

На дороге эффект был еще более очевиден. Это обусловлено эффектом настоящего изобретения, благодаря которому биоцементирующая смесь M20 по настоящему изобретению обладает высокой механической прочностью. В отношении дороги была проведена следующая оценка:

Смесь 20 (M20) – "отсутствие запыления"

Эталон 3 (R3) – "сильное запыление"

Эталон 2 (R2) – "сильное запыление".

Результаты, сопоставимые с таковыми через 7 дней, были достигнуты через 28 дней. По истечении этого времени эксперимент был прекращен.

Аналогичным образом, сопоставимые эффекты по уменьшению выбросов были достигнуты для всех вышеуказанных смесей, в которых бактерии присутствовали в виде порошков. Для этой цели, соответствующие бактериальные клетки концентрировали в среде для культивирования, затем профессионально высушивали и растворяли перед использованием в соответствующей среде.

Этот пример убедительно показывает, что составы по настоящему изобретению, в плане их эффекта более быстрого уплотнения и более высокой прочности, проявляют улучшенный эффект подавления пыли при механической нагрузке. Более того, корки,

полученные с применением составов по настоящему изобретению, могут сохраняться в течение более длительного периода по сравнению с существующими системами.

Пример 5: Синергетический эффект биоцементирующих составов с соединениями, модифицирующими когезию

Материал и методы:

Эксперимент проводили в лаборатории в пластиковых сосудах объемом 450 см³. Площадь нанесения в каждом случае составляла 78,5 см².

Нижний слой почвы в эксперименте состоял из кварцевого песка с гранулометрической характеристикой 0-2 мм. Песок был промыт и высушен производителем и использовался непосредственно. В качестве нижнего слоя почвы использовали 800 г кварцевого песка на пластиковый сосуд. Пластиковый сосуд был полон до краев.

Для контроля использовали эталонные смеси, состоящие из следующих составляющих в следующих концентрациях:

Эталон 3 (R3):

48 г/л мочевины

44 г/л хлорид кальция

4 x 10⁸ клеток/мл *S. pasteurii*

Эталон 7 (R7):

50 г/л лигносульфонат кальция

Эталон 9 (R9)

25 г/л поливиниловый спирт

Эталон 10 (R10)

15,6 г/л поливиниловый спирт

Эталон 11 (R11):

9,4 г/л эфир крахмала

Эталон 12 (R12):

50 г/л гуминовая кислота

Эталон 13 (R13):

50 г/л силикат натрия

Эталон 14 (R14):

25 г/л стирол-бутадиеновая дисперсия

Смесь R3 дополнительно включает микроэлементы и следы, например, солей и сахаров (< 1 мас.%). Мочевина в этой среде служила главным образом источником карбоната.

Все компоненты настоящих смесей, которые способны к биоцементации, за исключением стирол-бутадиеновой дисперсии, гуминовой кислоты, а также бактерий штамма *S. pasteurii*, находились в твердом виде. Бактерии присутствовали в виде жидкой культуры в среде для культивирования, известной из предшествующего уровня техники, как описано, например, в работе Катберта, М.О. и соавт., Экологическая инженерия 2012, 41, 32-40 (см. раздел 2.2, стр. 33), причем с использованием 5 г/л дрожжевого экстракта в контексте настоящего изобретения. Твердые составляющие и бактерии в жидкой культуре смешивали непосредственно перед использованием, при этом твердые составляющие растворялись.

Эталонные смеси наносили каждую в трех повторах на экспериментальные участки. Количество, наносимое на квадратный метр, неизменно составляло 4 литра на повтор. Нанесение полностью растворенных образцов осуществляли с помощью пипетки. После нанесения, поверхность была равномерно распределена шпателем. Приведенные значения измерений представляют собой средние значения трех повторов, которые обычно находились в районе 10% от установленного значения.

Были использованы жидкие биоцементирующие смеси, состоящие из следующих составляющих в следующих концентрациях:

Смесь 12 (M12):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
9,4	г/л	эфир крахмала
4×10^8	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>

Смесь 19 (M19):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
25	г/л	поливиниловый спирт
4×10^8	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>

Смесь 24 (M24):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
50	г/л	лигносульфонат кальция

4 x 10⁸ клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 25 (M25):

48 г/л мочевины

44 г/л хлорид кальция

15,6 г/л поливинилового спирта

4 x 10⁸ клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 26 (M26):

48 г/л мочевины

44 г/л хлорид кальция

50 г/л гуминовая кислота

4 x 10⁸ клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 27 (M27):

48 г/л мочевины

44 г/л хлорид кальция

50 г/л силикат натрия

4 x 10⁸ клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 28 (M28):

48 г/л мочевины

44 г/л хлорид кальция

25 г/л стирол-бутадиеновая дисперсия

4 x 10⁸ клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь M12, M19, M24, M25, M26, M27 и M28 дополнительно включала микроэлементы и следы, например, солей и сахаров (< 1 мас.%). Мочевина в этой среде служила главным образом источником карбоната.

Эфир крахмала, поливинилового спирта, лигносульфоната кальция, гуминовая кислота (в каждом случае в качестве полимера), силикат натрия и стирол-бутадиеновая дисперсия являются соединениями, модифицирующими когезию в смесях M12, M19, M24, M25, M26, M27 и M28. Мочевина использовалась в смесях M12, M19, M24, M25, M26, M27 и M28 в качестве источника карбоната.

Все компоненты настоящих смесей, которые способны к биоцементации, за исключением стирол-бутадиеновой дисперсии, гуминовой кислоты, а также бактерий штамма *S. pasteurii*, находились в твердом виде. Бактерии присутствовали в виде жидкой культуры в среде для культивирования, известной из предшествующего уровня техники, как описано, например, в работе Катберта, М.О. и соавт., Экологическая инженерия 2012,

41, 32-40 (см. раздел 2.2, стр. 33), причем с использованием 5 г/л дрожжевого экстракта в контексте настоящего изобретения. Твердые составляющие и бактерии в жидкой культуре смешивали непосредственно перед использованием, при этом твердые составляющие растворялись.

Смеси наносили каждую в трех повторах на экспериментальные участки. Количество, наносимое на квадратный метр, неизменно составляло 4 литра на повтор. Нанесение полностью растворенных образцов осуществляли с помощью пипетки. После нанесения, поверхность была равномерно распределена шпателем. Приведенные значения измерений представляют собой средние значения трех повторов, которые обычно находились в районе 10% от установленного значения.

После нанесения эталонных смесей, а также биоцементирующих смесей, инкубацию проводили в течение всего периода наблюдения 28 дней при влажности воздуха от 20% до 60% и при многократной смене воздуха в день. В этот период минимальная преобладающая температура составляла 14,2° С, а максимальная преобладающая температура составляла 25,2° С.

Через один, два, три, четыре, десять и 28 дней определяли прочность на разрыв и связанную с выбросами потерю массы, как описано в Примерах 1 и 2. Кроме того, была измерена толщина слоя:

Через один, два, три, четыре, десять и 28 дней определяли прочность слоев на разрыв. Прочность на разрыв (максимальное значение измерения силы) может быть определена с помощью следующего способа: способ основан на стандартизированном способе испытания на определение прочности цемента, стандарт DIN EN 196-1:2005-05. Прочность на разрыв измеряют с помощью цифрового прибора для измерения прочности на разрыв в соответствии с инструкциями производителя. Испытуемый образец вдавливается в образец (до точки разрушения) с помощью станда для испытаний кривошипно-шатунным механизмом, и приложенная сила непрерывно измеряется. По результатам ряда измерений (>3) вычисляется средняя прочность на разрыв. Средняя прочность на разрыв предпочтительно составляет от 0,5 до 1000 Н, более предпочтительно от 1 до 300 Н.

После определения прочности на разрыв была определена толщина образовавшегося слоя. С этой целью было проведено ручное измерение после механического разрушения слоя с помощью штангенциркуля. Толщина слоя была определена в шести точках на разрушенном слое; отклонение отдельных измерений составило 1 мм. Толщина слоя была задокументирована как среднее арифметическое отдельных измерений.

После определения толщины слоя, механически напряженный образец помещали в аэродинамическую трубу и в течение одной минуты подвергали воздействию ветра со скоростью 12 м/с. Направление потока воздуха ударяло о поверхность под углом 12,5°. Связанная с выбросами потеря массы определена по формуле, указанной в Примере 1. Это испытание служит эталоном для определения долгосрочной стабильности образцов, а также подавления ими пыли.

Результаты:

В предыдущих Примерах 1-4 были описаны составы, которые демонстрировали более быстрый профиль жесткости и уменьшенную потерю массы, связанную с выбросами. В ходе анализа неожиданно выяснилось, что для смесей по настоящему изобретению не обязательно существует корреляция между прочностью на разрыв и уменьшением выбросов. Корреляция действительно ожидалась бы и также наблюдалась для агентов, описанных в предшествующем уровне техники, со ссылкой на эталонные смеси R9 и R10 (Фигура 6). После четырехдневной реакции эталонные системы показали прочность на разрыв $R9 = 53,8$ Н и $R10 = 29,8$ Н. Связанная с выбросами потеря массы после механической верификации составила 3,79% для R9 и 7,72% для R10. Было обнаружено, что более прочные эталонные системы демонстрируют меньшую потерю массы, связанную с выбросами. Следовательно, существовала отрицательная корреляция между прочностью на разрыв и связанной с выбросами потерей массы. Сопоставимое снижение связанной с выбросами потери массы при увеличении прочности при разрушении наблюдалось для эталонной системы лигносульфоната кальция: когда лигносульфонат кальция подается в количестве от 25 до 400 г/м² лигносульфоната кальция на квадратный метр песка, то наблюдается линейное увеличение прочности на разрыв и снижение связанной с выбросами потери массы (данные не показаны).

В случае смесей по настоящему изобретению, через два дня не наблюдалось заметной прямой корреляции между высокой прочностью на разрыв и низкой связанной с выбросами потерей массы (см. Пример 2). Например, у M24 прочность на разрыв составляла 14 Н через четыре дня, тогда как у соответствующей эталонной системы R7 прочность на разрыв составляла 26,5 Н. Однако R7 продемонстрировала значительно более высокую потерю массы, связанную с выбросами, на 53%. За это время эталонная система 3 практически не продемонстрировала уплотнения (прочность на разрыв $R3 = 1,5$ Н), и она продемонстрировала связанную с выбросами потерю массы после определения прочности на разрыв и воздействия ветра, составившую 51%. Комбинация двух систем (смесь 24) позволяет получить систему уменьшения выбросов, в которой связанная с выбросами

потеря массы составила всего 0,87%. Прочность на разрыв этой системы составляла M24 = 14 Н. В контексте предшествующего уровня техники не ожидалось, что эта менее прочная на разрыв смесь будет обладать значительно более высоким подавлением пыли. Это объясняется синергетическим эффектом между биоцементацией и веществами, модифицирующими когезию: M24, M19, M25 и M12 продемонстрировали значительно меньшую потерю массы, связанную с выбросами, чем их отдельные компоненты R3 и R7, R3 и R9, R3 и R10, а также R3 и R11 (Фигура 6). Прочность на разрыв этих смесей показана вверху на Фигуре 6, а связанная с выбросами потеря массы после механической верификации - внизу на Фигуре 6. Однако высокая прочность на разрыв также не оказывает отрицательного влияния на подавление пыли и при определенных обстоятельствах может рассматриваться как дополнительное преимущество биоцементирующих смесей (см. Пример 2). В настоящем документе эффект веществ, модифицирующих когезию, заключается в режиме разрушения слоя биоцемента. После разрушения слоя, R7 распадается на множество мелких фрагментов, тогда как в случае с M24 остаются только небольшие отверстия. Мелкие фрагменты могут быть легко подхвачены ветром и распределены.

Определение толщины образовавшегося слоя дало следующие значения: толщина слоя R7 составляла 8 мм, тогда как M24 имела толщину слоя 14 мм.

Аналогичные наблюдения были также сделаны при использовании модифицирующих когезию соединений эфира крахмала (R11, M12), гуминовой кислоты (R12, M26), силиката натрия (R13, M27) и стирол-бутадиеновой дисперсии (R14, M28). В указанных смесях прочность на разрыв соответствующей биоцементирующей смеси меньше, чем у соответствующей эталонной смеси, но уменьшение выбросов больше (см. Фигуру 6).

Сопоставимые эффекты уменьшения выбросов смесей M12, M19, M24, M25, M26, M27 и M28 были также в случае незначительно модифицированных составов биоцементирующих смесей, которые содержали ацетат кальция, пропионат кальция, формиат кальция, пируват кальция, салицилат кальция, цитрат кальция и/или хлорид кальция в концентрации в каждом случае от 0,05 до 0,4 М, и которые не превышали концентрацию общего содержания кальция 1 М (данные не показаны). Большее изменение концентрации лигносульфоната кальция (например, от 1 до 500 г/л), концентрации поливинилового спирта (например, от 1 до 250 г/л), концентрации эфира крахмала (например, от 1 до 90 г/л), концентрации гуминовой кислоты (например, от 1 до 350 г/л), концентрации силиката калия и силиката натрия (например, от 1 до 450 г/л), концентрации

поливинилового спирта, мочевины (например, от 0,1 до 1,0 М) или количества дрожжевого экстракта (например, от 0,1 до 30 г/л) также привело к эффективному уменьшению выбросов. Подавление пыли зависело в каждом случае от используемых концентраций составляющих соответствующей биоцементирующей смеси (данные не показаны). Сопоставимые эффекты были также достигнуты, когда бактериальный штамм был заменен на *L. sphaericus*, *B. cohnii*, *B. halodurans*, *B. pseudofirmus* и *A. crystallopoietes* при одинаковом количестве клеток на миллилитр (данные не показаны). Когда *B. cohnii*, *B. halodurans*, *B. pseudofirmus* и *A. crystallopoietes* использовались аналогично с тем же количеством клеток на миллилитр в составах, основные составляющие были дополнительно адаптированы к требованиям конкретного бактериального штамма. Специалисту в данной области техники в этом случае известно, что для этих неуреолитических биоцементирующих бактериальных штаммов базовая среда должна быть адаптирована по аналогии с составляющими, перечисленными в Примере 2, в частности, в рамках подходящего метаболического исходного материала. Влияние смесей на уменьшение выбросов было сопоставимо с результатами, полученными для *S. pasteurii* (данные не показаны).

Аналогичным образом, сопоставимые эффекты уменьшения выбросов были достигнуты для всех вышеуказанных смесей, в которых бактерии присутствовали в виде порошков. Для этой цели, соответствующие бактериальные клетки концентрировали в среде для культивирования, затем профессионально высушивали и растворяли перед использованием в соответствующей среде.

Аналогичным образом, сопоставимые эффекты уменьшения выбросов, как и для смеси M24, были достигнуты для смесей, в которых лигносульфонат кальция был заменен лигносульфоновой кислотой, лигносульфонатом натрия, лигносульфонатом калия и лигносульфонатом аммония, соответственно. Удаление источника катионов (здесь: источника кальция, такого как хлорид кальция, например) в смесях M12, M19, M24, M25, M26, M27 и M28 также позволило достичь сопоставимых результатов в подавлении пыли. В тех случаях, когда производилась как замена лигнинопроизводного (как описано выше, например, лигносульфоновой кислотой), так и удаление источника катионов (здесь: источника кальция), это также приводило к сопоставимым результатам в подавлении пыли.

На основании настоящих результатов правдоподобным допущением является то, что источник катионов, в частности, источник кальция, является необязательным при использовании соединений, модифицирующих когезию, как описано в настоящем документе.

Пример 6: Определение минимальных требований к соединениям, модифицирующим когезию, для пригодности к уменьшению связанных с выбросами потерь массы биоцемента и повышения целостности биоцемента

Материал и методы:

Эксперимент проводили в лаборатории в пластиковых сосудах объемом 450 см³. Площадь нанесения в каждом случае составляла 78,5 см².

Нижний слой почвы в эксперименте состоял из кварцевого песка с гранулометрической характеристикой 0-2 мм. Песок был промыт и высушен производителем и использовался непосредственно. В качестве нижнего слоя почвы использовали 800 г кварцевого песка на пластиковый сосуд. Пластиковый сосуд был полон до краев.

Для контроля использовали эталонные смеси, состоящие из следующих составляющих в следующих концентрациях:

Эталон 3 (R3):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
4 x 10 ⁸	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>

Эталон 15 (R15):

50	г/л	поливинилацетат 20 (твердый, гранулы)
----	-----	---------------------------------------

Эталон 16 (R16):

50	г/л	поликарбонат (твердый, гранулы)
----	-----	---------------------------------

Эталон 17 (R17):

50	г/л	растительное масло (рапсовое масло)
----	-----	-------------------------------------

Эталон 18 (R18):

12,5	г/л	длинноцепочечная жирная кислота (стеариновая кислота)
------	-----	---

Эталон 19 (R19):

50	г/л	крахмал необработанный (твердый, порошок)
----	-----	---

Эталонные смеси содержали вместо составляющей (iii) соединения, которые не являются водорастворимыми, вододиспергируемыми или водоземмулируемыми.

Смесь R3 дополнительно включает микроэлементы и следы, например, солей и сахаров (< 1 мас.%). Мочевина в этой среде служила главным образом источником карбоната.

Все компоненты настоящих смесей, которые способны к биоцементации, за исключением бактерий штамма *S. pasteurii*, находились в твердом виде. Бактерии

присутствовали в виде жидкой культуры в среде для культивирования, известной из предшествующего уровня техники, как описано, например, в работе Катберта, М.О. *и соавт.*, Экологическая инженерия 2012, 41, 32-40 (см. раздел 2.2, стр. 33), причем с использованием 5 г/л дрожжевого экстракта в контексте настоящего изобретения. Твердые составляющие и бактерии в жидкой культуре смешивали непосредственно перед использованием, при этом водорастворимые твердые составляющие растворялись. Нерастворимые в воде, не диспергируемые в воде и не эмульгируемые в воде вещества, соответственно, были равномерно нанесены на верхний слой песка заранее, чтобы добиться однородного нанесения и исключить любые отрицательные воздействия на испытание на подавление пыли, возникающее в результате возможного неоднородного нанесения.

Эталонные смеси наносили каждую в трех повторах на экспериментальные участки. Количество, наносимое на квадратный метр, неизменно составляло 4 литра на повтор. Нанесение полностью растворенных образцов осуществляли с помощью пипетки. После нанесения, поверхность была равномерно распределена шпателем. Приведенные значения измерений представляют собой средние значения трех повторов, которые обычно находились в районе 10% от установленного значения.

Были использованы жидкие биоцементирующие смеси, состоящие из следующих составляющих в следующих концентрациях:

Эталон 20 (R20):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
50	г/л	поливинилацетат 20 (твердый, гранулы)
4×10^8	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>

Эталон 21 (R21):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
50	г/л	поликарбонат (твердый, гранулы)
4×10^8	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>

Эталон 22 (R22):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
50	г/л	растительное масло
4×10^8	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>

Эталон 23 (R23):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
12,5	г/л	длинноцепочечная жирная кислота
4×10^8	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>

Эталон 24 (R24):

48	г/л	мочевина
44	г/л	хлорид кальция
50	г/л	крахмал необработанный (твердый, порошок)
4×10^8	клеток/мл	<i>S. pasteurii</i>

Поливинилацетат 20 (твердый, гранулы), поликарбонат (твердый, гранулы), рапсовое масло, длинноцепочечная жирная кислота и крахмал оказались нерастворимыми в воде, не диспергируемыми в воде и не эмульгируемыми в воде, и поэтому они не могут быть отнесены к соединениям, модифицирующим когезию. Источником карбоната служила мочеви́на в смесях R20, R21, R22, R23 и R24.

Все компоненты настоящих смесей, которые способны к биоцементации, за исключением бактерий штамма *S. pasteurii*, находились в твердом виде. Бактерии присутствовали в виде жидкой культуры в среде для культивирования, известной из предшествующего уровня техники, как описано, например, в работе Катберта, М.О. и соавт., Экологическая инженерия 2012, 41, 32-40 (см. раздел 2.2, стр. 33), причем с использованием 5 г/л дрожжевого экстракта в контексте настоящего изобретения. Твердые составляющие и бактерии в жидкой культуре смешивали непосредственно перед использованием, при этом водорастворимые твердые составляющие растворялись. Не растворимые в воде, не диспергируемые в воде или не эмульгируемые в воде вещества были равномерно нанесены на верхний слой песка заранее.

Смеси наносили каждую в трех повторах на экспериментальные участки. Количество, наносимое на квадратный метр, неизменно составляло 4 литра на повтор. Нанесение полностью растворенных образцов осуществляли с помощью пипетки. После нанесения, поверхность была равномерно распределена шпателем. Приведенные значения измерений представляют собой средние значения трех повторов, которые обычно находились в районе 10% от установленного значения.

После нанесения эталонных смесей, а также биоцементирующих смесей, инкубацию проводили в течение всего периода наблюдения 28 дней при влажности воздуха от 20% до 60% и при многократной смене воздуха в день. В этот период минимальная преобладающая

температура составляла 14,2° С, а максимальная преобладающая температура составляла 25,2° С.

Через один, два, три, четыре, десять и 28 дней определяли прочность слоев на разрыв. Прочность на разрыв (максимальное значение измерения силы) может быть определена с помощью следующего способа: способ основан на стандартизированном способе испытания на определение прочности цемента, стандарт DIN EN 196-1:2005-05. Прочность на разрыв измеряют с помощью цифрового прибора для измерения прочности на разрыв в соответствии с инструкциями производителя. Испытуемый образец вдавливается в образец (до точки разрушения) с помощью стенда для испытаний кривошипно-шатунным механизмом, и приложенная сила непрерывно измеряется. По результатам ряда измерений (>3) вычисляется средняя прочность на разрыв. Средняя прочность на разрыв предпочтительно составляет от 0,5 до 1000 Н, более предпочтительно от 1 до 300 Н.

После определения прочности на разрыв механически напряженный образец помещали в аэродинамическую трубу и в течение одной минуты подвергали воздействию ветра со скоростью 12 м/с. Направление потока воздуха ударяло о поверхность под углом 12,5°. Связанная с выбросами потеря массы определена по формуле, указанной в Примере 1. Это испытание служит эталоном для определения долгосрочной стабильности образцов, а также подавления ими пыли.

Для определения водорастворимости, вододиспергируемости и водоземмульгируемости веществ была утверждена следующая процедура: для определения растворимости в воде твердых, пастообразных и гелеподобных веществ (например, поливинилацетата 20, поликарбоната, длинноцепочечной жирной кислоты и крахмала), помещали 5 г вещества в 100 мл дистиллированной воды и встряхивали при температуре 20° С в течение 24 часов. За этим последовала фильтрация (обеззоленная фильтровальная бумага Nonyl 80-120 мкм). Затем фильтровальную бумагу профессионально высушивали и взвешивали. Установленная масса за вычетом массы фильтра представляет собой массу остатка в граммах (определено в настоящем документе). Разница между 5 г и массой остатка в граммах, деленная на 0,1 л, дает растворимость соответствующего вещества в г на литр.

Для определения вододиспергируемости твердых, пастообразных и гелеподобных веществ, 50 г соответствующего вещества смешивали с 1000 мл дистиллированной воды и гомогенизировали при температуре 20° С в растворителе DISPERMAT® LC75 при 15 000 оборотах в минуту в течение 5 минут. Затем 100 г смеси переносили в сосуд для центрифугирования и центрифугировали в течение 2 мин. Супернатант сливали, а осадок

профессионально высушивали и взвешивали. Установленная масса представляет собой массу осадка после центрифугирования (определено в настоящем документе). Разница между 50 г и массой осадка после центрифугирования, деленная на 1 л, представляет собой вододиспергируемость вещества (определено в настоящем документе).

Для определения водорастворимости или водоземлюлируемости жидкого вещества (например, рапсового масла), была утверждена следующая процедура. 5 г вещества соединяли со 100 г дистиллированной воды и встряхивали в течение 24 часов. Затем смесь переносится в разделительную воронку. Смесь хранили в разделительной воронке в течение 5 минут. Если по истечении этого времени разделения фаз не происходит, то смесь оставляют в покое еще на 2 часа, предпочтительно еще на 10 часов. Если разделения фаз не происходило, то вещество считалось водорастворимым. Водорастворимость вещества в этом случае составляет, по меньшей мере, 50 граммов на литр. Если разделение фаз происходило, то фазы разделялись в разделительной воронке, а органическая фаза высушивалась над сульфатом натрия. Определяли массу высушенной органической фазы (массу органической фазы в граммах). Разница между 5 г и массой органической фазы в граммах, деленная на 0,1 л, означала водоземлюлируемость жидкого вещества. Водорастворимость, вододиспергируемость и водоземлюлируемость используются как синонимы в контексте настоящего изобретения. Предельное значение водорастворимости, вододиспергируемости и водоземлюлируемости, соответственно, для соединения составляющей (iii) определяется как 1 г на литр.

Другим предпочтительным методом разделения дисперсных и недисперсных фракций является центрифугирование. После соответствующей сушки можно определить массу остатка в граммах, а также, исходя из этого, водорастворимость или вододиспергируемость.

Результаты:

В предыдущих Примерах 1-5 были описаны составы для биоцементации, которые вместе с соединениями, модифицирующими когезию, демонстрировали синергетический эффект и показывали уменьшенную потерю массы, связанную с выбросами.

При применении эталонных смесей R20-R24 выяснилось, что применение поликарбоната, поливинилацетата 20, рапсового масла, длинноцепочечной жирной кислоты и нерастворимого крахмала не приводит к какому-либо синергетическому эффекту в отношении уплотнения и уменьшения выбросов (Фигура 7). Нанесение полимеров (R15, R16) не приводит к уменьшению массы, связанной с выбросами: связанная с выбросами потеря массы для R20 и R21 после четырех дней уменьшения и механической верификации,

а также после одной минуты воздействия ветра со скоростью 12 м/с составляет более 50 мас.%. Таким образом, это ничем не отличается от связанной с выбросами потери массы для соответствующих эталонных составов R3 и R15, а также R3 и R16. Отсутствие синергетического эффекта, вероятно, связано с нерастворимостью этих полимеров в воде. Водорастворимость или вододиспергируемость поликарбоната и поливинилацетата 20, соответственно, в описанном количественном анализе составляла менее 1 г на литр (данные не показаны).

Только нанесение крахмала на поверхность привело к незначительному увеличению прочности на разрыв слоев (11 Н), но синергетического эффекта с биоцементацией не наблюдается (см. R19 и R24 на Фигуре 7). Связанная с выбросами потеря массы составила 34 мас.%.

Сопоставимые значения были также получены через 10 и 28 дней (данные не показаны).

Сопоставимые эффекты были также достигнуты, когда бактериальный штамм был заменен на *L. sphaericus*, *B. cohnii*, *B. halodurans*, *B. pseudofirmus* и *A. crystallopoietes* при одинаковом количестве клеток на миллилитр (данные не показаны). Когда *B. cohnii*, *B. halodurans*, *B. pseudofirmus* и *A. crystallopoietes* использовались аналогично с тем же количеством клеток на миллилитр в составах, основные составляющие были дополнительно адаптированы к требованиям конкретного бактериального штамма. Специалисту в данной области техники в этом случае известно, что для этих неуреолитических биоцементирующих бактериальных штаммов базовая среда должна быть адаптирована по аналогии с составляющими, перечисленными в Примере 2, в частности, в рамках подходящего метаболического исходного материала. Влияние смесей на уменьшение выбросов было сопоставимо с результатами, полученными для *S. pasteurii* (данные не показаны).

Следовательно, специалист в данной области техники понимает, что модифицирующие когезию соединения по смыслу настоящего изобретения должны обладать определенной водорастворимостью и/или водоэмульгируемостью, и/или вододиспергируемостью, чтобы иметь возможность производить синергетический эффект при биоцементации.

Удаление источника катионов (здесь: источник кальция) в смесях, указанных выше, показало сопоставимые результаты в отношении подавления пыли.

Пример 7: Дополнительные области применения смесей по настоящему изобретению

Материал и методы:

Гранулирование

Эксперимент проводился в лаборатории, в лабораторном грануляторе. Для этой цели вводили 100 г железной руды (порошок гематита) и использовали жидкие биоцементирующие смеси для подавления пыли/гранулирования, причем, эти смеси состояли из следующих составляющих в следующих концентрациях:

Эталон 3 (R3):

48 г/л мочевины

44 г/л хлорид кальция

4×10^8 клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 7 (M7):

5 г/л дрожжевой экстракт

21 г/л ацетат кальция

34,9 г/л хлорид кальция

46,2 г/л лактат кальция

25 г/л лигносульфонат кальция

4×10^8 клеток/мл *B. halodurans*

Смесь 8 (M8):

36 г/л мочевины

35 г/л хлорид кальция

10 г/л дрожжевой экстракт

4×10^8 клеток/мл *L. sphaericus*

Смесь 9 (M9):

27 г/л мочевины

17 г/л хлорид кальция

31 г/л альбумин

4×10^8 клеток/мл *L. sphaericus*

Смесь 22 (M22):

27 г/л мочевины

47 г/л лигносульфонат кальция

12 г/л хлорид кальция

4×10^8 клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь дополнительно содержала микроэлементы и следы, например, солей и сахаров (< 1 мас.%). Мочевина в смесях М8, М9 и М22 служила главным образом источником карбоната. В смеси М7 источником карбоната служил лактат кальция.

Лигносульфонат кальция, дрожжевой экстракт и альбумин в смесях М7, М8, М9 и М22 являются (водорастворимыми и/или вододиспергируемыми, и/или водоземмульгируемыми) соединениями, модифицирующими когезию.

Все компоненты настоящей смеси, которые способны к биоцементации, за исключением бактерий, находились в твердом виде. Бактерии присутствовали, как описано в Примерах 1-6. Твердые составляющие и бактерии в жидкой культуре смешивали непосредственно перед использованием, при этом твердые составляющие растворялись.

Этот эксперимент был проведен также и с древесными стружками, чтобы изучить способность биоцементирующих смесей связывать древесные стружки.

20 мл соответствующей биоцементирующей смеси распыляли на 100 г железной руды (порошок гематита) и оставляли для реакции в течение 5 минут при скорости 30 оборотов в минуту.

Через пять минут определяли прочность на разрыв полученных гранул: для этой цели отбирали первые гранулы аналогичного диаметра: диаметр определяли с помощью штангенциркуля. Диаметр гранулы измеряли в трех точках на грануле; отклонение отдельных измерений составляло 1 мм. Были выбраны гранулы, диаметр которых соответствовал 11 ± 1 мм. Прочность на разрыв (максимальное значение измерения силы) может быть определена с помощью следующего способа: способ основан на стандартизированном способе испытания на определение прочности цемента, стандарт DIN EN 196-1:2005-05. Прочность на разрыв измеряют с помощью цифрового прибора для измерения прочности (на разрыв) в соответствии с инструкциями производителя. Цилиндрическая испытательная пластина устанавливается на гранулу с помощью испытательного стенда с кривошипным приводом, а затем вдавливается в гранулу (до точки разрушения). Приложенная сила непрерывно измеряется. По результатам ряда измерений гранул (>3) вычисляется средняя прочность на разрыв. Средняя прочность гранул на разрыв предпочтительно составляет от 0,5 до 500 Н, более предпочтительно от 1 до 150 Н.

Контроль испарения

Эксперимент проводили в лаборатории в пластиковых сосудах объемом 1000 см³. Площадь нанесения в каждом случае составляла 29,2 см².

Нижний слой почвы в эксперименте состоял из кварцевого песка с гранулометрической характеристикой 0-2 мм. Песок был промыт и высушен

производителем и использовался непосредственно. В качестве нижнего слоя почвы использовали 2200 г кварцевого песка на пластиковый сосуд. Пластиковый сосуд был полон до краев.

Для контроля использовали эталонные смеси, состоящие из следующих составляющих в следующих концентрациях:

Эталон 2 (R2): Применение воды.

Были использованы жидкие биоцементирующие смеси, состоящие из следующих составляющих в следующих концентрациях:

Эталон 3 (R3):

48 г/л мочевины

44 г/л хлорид кальция

4×10^8 клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 11 (M11):

48 г/л мочевины

44 г/л хлорид кальция

3,9 г/л поливинилацетатная дисперсия

4×10^8 клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 16 (M16):

1,07 г/л хлорид аммония

21 г/л ацетат кальция

15 г/л L-аланин

34,9 г/л хлорид кальция

0,40 г/л гидроксид натрия

1 г/л дрожжевой экстракт

46,2 г/л лактат кальция

4×10^8 клеток/мл *A. crystallopoietes*

Смесь 22 (M22):

27 г/л мочевины

47 г/л лигносульфонат кальция

12 г/л хлорид кальция

4×10^8 клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь дополнительно содержала микроэлементы и следы, например, солей и сахаров (< 1 мас.%). Мочевина в смесях R3, M11 и M22 служила главным образом источником карбоната. В смеси M16 источником карбоната служил лактат кальция.

Дрожжевой экстракт, L-аланин, поливинилацетатная дисперсия и лигносульфонат кальция являются соединениями, модифицирующими когезию в смесях M11, M16 и M22.

Все компоненты настоящих смесей, которые способны к биоцементации, за исключением бактерий штаммов *A. crystalllopoietes*, *L. sphaericus* и *S. pasteurii*, находились в твердом виде. Бактерии присутствовали в виде жидкой культуры в средах для культивирования, описанных в Примерах 1-6. Твердые составляющие и бактерии в жидкой культуре смешивали непосредственно перед использованием, при этом твердые составляющие растворялись.

Перед нанесением соответствующих смесей, песок смачивали водой таким образом, что песок полностью пропитывался водой при последующем нанесении смесей. Соответствующие смеси наносили каждую в трех повторах на экспериментальные участки. Количество, наносимое на квадратный метр, неизменно составляло 10 литров на повтор. Полностью растворенные образцы наносили с помощью пипетки. После нанесения, поверхность была равномерно распределена шпателем. Приведенные значения измерений представляют собой средние значения трех повторов, которые обычно находились в районе 10% от установленного значения.

Нанесенную массу воды определяли гравиметрически. Для этой цели определяли массу заполненного песком сосуда для образцов до и после нанесения воды и соответствующей биоцементирующей смеси (масса до нанесения, масса после нанесения, оба определены в настоящем документе). Разница в массе после нанесения и массе до нанесения за вычетом твердого вещества, содержащегося в соответствующих биоцементирующих смесях (см. M11, M16, M22), представляет собой наносимое количество воды (определенное в настоящем документе). Твердое вещество, присутствующее в соответствующей биоцементирующей смеси, определяется из соответствующей концентрации твердого вещества, умноженной на соответствующий наносимый объем. Общая сумма массы перед нанесением и твердого вещества, содержащегося в соответствующей биоцементирующей смеси, представляет собой общую массу твердых веществ в лабораторном стакане (определенное в настоящем документе).

После нанесения эталонных смесей, а также биоцементирующих смесей, инкубацию проводили в течение всего периода наблюдения 168 дней при влажности воздуха от 20% до 60% и при многократной смене воздуха в день. В течение этого периода преобладающая минимальная температура составляла 14,2° C, а преобладающая максимальная температура составляла 25,2° C; все смеси подвергались воздействию абсолютно одинаковых внешних

условий. Масса сосуда для образцов в различные моменты времени была измерена и задокументирована (масса образца_{день ху}).

Относительную влажность почвы в соответствующий день измерения, в процентах (день ху), определяли по следующей формуле:

Относительная влажность почвы_{день ху} = [(масса образца_{день ху} – общая масса твердых частиц в лабораторном стакане)/количество нанесенной воды] * 100

Этот эксперимент был проведен аналогично эксперименту с древесными стружками, шахтными отходами или сельской землей. Для этой цели, самые верхние пять сантиметров слоя песка были заменены древесной стружкой, шахтными отходами или сельской землей, соответственно, и это было обработано в качестве нижнего слоя почвы, как описано выше, смесями R3, M11, M16 и M22. Общая масса твердых частиц была скорректирована с учетом массы древесных стружек, шахтных отходов и сельской земли, соответственно.

Деконтаминация

Были использованы жидкие биоцементирующие смеси, состоящие из следующих составляющих в следующих концентрациях:

Эталон 9 (R9)

25 г/л поливиниловый спирт

Эталон 25 (R25):

48 г/л мочевины

4 x 10⁸ клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 20 (M20):

27 г/л мочевины

47 г/л лигносульфонат кальция

4 x 10⁸ клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 29 (M29):

1 г/л дрожжевой экстракт

25 г/л лигносульфонат кальция

21 г/л ацетат натрия

46,2 г/л лактат натрия

4 x 10⁸ клеток/мл *B. cohnii*

Смесь 30 (M30):

48 г/л мочевины

50 г/л гуминовая кислота

4 x 10⁸ клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 31 (M31):

27 г/л мочевины

47 г/л лигносульфонат натрия

4×10^8 клеток/мл *S. pasteurii*

Смесь 32 (M32):

48 г/л мочевины

25 г/л поливиниловый спирт

4×10^8 клеток/мл *L. sphaericus*

Кроме того, смеси R25, M20, M29, M30, M31 и M32 включают микроэлементы и следы, например, солей и сахаров (< 1 мас.%). Мочевина в смесях M20, M30, M31 и M32 служила главным образом источником карбоната; ацетат натрия и лактат натрия в смеси M29 служили главным образом источником карбоната. Эти смеси необязательно содержали одну из следующих солей металлов (0,1 М): хлорид никеля(II), хлорид железа(III), хлорид меди (II). Если использовался хлорид железа(III), то также присутствовала соляная кислота (0,1 М). Каждую металлическую соль соединяли с каждой смесью. Использованное обозначение было следующим: соль металла + соответствующая смесь. Для солей металлов используется следующее обозначение: хлорид железа(III) = FeCl₃, хлорид никеля(II) = NiCl₂, хлорид меди(II) = CuCl₂. Смесь, в которой, например, наряду с агентом 20 присутствовал также хлорид меди(II), указана как CuCl₂ + M20 (см. Фигуру 8). Каждый раствор соли металла также подвергали соответствующей обработке без добавления соответствующей смеси.

Все компоненты, включая соответствующие бактерии, находились в твердом виде. В случае с бактериями pulverulent, порошок представлял собой порошок, профессионально высушенный. Все компоненты, за исключением соответствующего бактериального порошка, смешивались непосредственно перед использованием, при этом твердые компоненты растворялись. Как только компоненты были полностью растворены, добавляли соответствующий бактериальный порошок и растворяли.

После того, как смеси были объединены с бактериальным порошком, смесь встряхивали в течение 5 минут, а затем оставляли для реакции на 24 часа. Полученный осадок затем отделяли центрифугированием (3000 г, 10 мин) и сливали. Была определена масса влажного осадка, содержащего тяжелые металлы, – влажная масса осадка, содержащего тяжелые металлы (определено в настоящем документе). Влажный осадок, содержащий тяжелые металлы, затем высушивали в потоке азота и определяли массу осадка, содержащего тяжелые металлы (определено в настоящем документе). Присутствие

соответствующего иона тяжелого металла было подтверждено количественно с помощью атомной спектроскопии. В качестве контроля соответствующие смеси были получены без присутствия соответствующей соли металла (M20, M29, M30, M31 и M32) и обработаны в соответствии с точно такой же процедурой (5 мин встряхивания, 24 реакции, центрифугирование, сливание, сушка). Масса этого осадка после декантации представляет собой влажную массу контрольного осадка (определено в настоящем документе). После сушки определяли массу контрольного осадка (определено в настоящем документе). Соответствующий супернатант также исследовали с помощью абсорбционной спектроскопии и/или атомной спектроскопии на наличие ионов тяжелых металлов. В этом случае использовалась подходящая длина волны с соответствующей чувствительностью. Концентрация соответствующего иона тяжелого металла, полученная в результате этого анализа, представляет собой остаточную концентрацию иона тяжелого металла (определено в настоящем документе). Остаточная концентрация ионов тяжелых металлов, деленная на 0,1 моль на л, умноженная на 100, представляет собой остаточное содержание ионов тяжелых металлов в супернатанте в процентах (определено в настоящем документе). Соответствующий раствор соли металла аналогичным образом встряхивали в течение 5 минут, инкубировали в течение 24 ч и центрифугировали при 3000 г в течение 10 мин с последующим определением остаточной концентрации ионов тяжелых металлов.

Результаты:

При испытании биоцементирующих смесей по настоящему изобретению на различных нижних слоях почвы были сделаны дополнительные неожиданные наблюдения, которые подробно изложены ниже. Это приводит к возникновению дополнительных потенциальных областей применения, которые далее изложены в настоящем примере:

Гранулирование

При нанесении составов по настоящему изобретению на движущийся образец железной руды с целью предотвращения образования пыли было обнаружено, что после нанесения образуются небольшие агломераты или гранулы. Это наблюдение было использовано для формирования гранул с использованием биоцементирующих смесей M7, M8, M9 и M22 на лабораторном грануляционном диске.

Помимо уменьшения выбросов в процессе производства, эти гранулы также демонстрировали большую прочность, чем это было возможно при использовании эталонных составов (R3). Гранула в каждом случае, полученная с использованием различных агентов M7, M8 и M9 (слева направо), показана вверху на Фигуре 8.

Прочность гранул на разрыв была следующей для различных агентов: M7 = 28 Н, M8 = 29 Н, M9 = 30 Н, M22 = 27 Н – и, следовательно, была выше, чем у R3. Гранулы, полученные с использованием R3, имели прочность на разрыв 3 Н через 5 минут после продуцирования. Обработка гранул, полученных с использованием эталона 3, оказалась сложной, поскольку гранулы, полученные с использованием R3, очень легко разрушались. Предположительно, это связано с отсутствием соединения, модифицирующего когезию. Таким образом, вещества, модифицирующие когезию, также позволяют продуцировать биоцемент, который может быть использован для гранулирования.

Смеси согласно настоящему изобретению также способны связывать и агрегировать древесные стружки.

Также было обнаружено, что при использовании смесей, в которых все компоненты, включая бактерии, присутствовали в виде порошков, были достигнуты аналогичные результаты в отношении уменьшения выбросов. Для этой цели все порошкообразные компоненты смешивали и добавляли описанное выше количество воды в лабораторный гранулятор (данные не показаны). Сопоставимые эффекты были также достигнуты, когда бактериальный штамм был заменен на *L. sphaericus*, *B. cohnii*, *B. halodurans*, *B. pseudofirmus* и *A. crystallopoietes* при одинаковом количестве клеток на миллилитр (данные не показаны). Где *B. cohnii*, *B. halodurans*, *B. pseudofirmus* и *A. crystallopoietes* использовались аналогично с тем же количеством клеток на миллилитр в составах, основные составляющие были дополнительно адаптированы к требованиям конкретного бактериального штамма. Специалисту в данной области техники в этом случае известно, что для этих неуреолитических биоцементирующих бактериальных штаммов базовая среда должна быть адаптирована по аналогии с составляющими, перечисленными в Примере 2, в частности, в рамках подходящего метаболического исходного материала. В этом случае было обнаружено, что эффективное гранулирование было достигнуто со всеми бактериальными штаммами (данные не показаны).

Неожиданно выяснилось, что после образования биоцемента, некоторые нижние слои почвы сушились медленнее в лабораторном грануляторе, и, следовательно, влияние биоцементирующих смесей на испарение было изучено на более глубоком уровне.

Контроль испарения

Скорость высыхания песка была уменьшена за счет эффективного образования слоя. Это видно из более высокой относительной влажности почвы образцов, в которых использовались смеси M11, M16 и M22, по сравнению с применением воды (R2) (Фигура 8, середина). По сравнению с нанесением эталонного состава R3, который способен к

биоцементации, относительная влажность почвы в смесях M11, M16 и M22 значительно выше. Это происходит потому, что полученный в результате слой биоцемента создает когезионный барьер для воды, текущей вниз. Можно предположить, что ввиду присутствия веществ, модифицирующих когезию, пористость слоя модифицируется таким образом, что вода способна испаряться менее быстро.

Измененная пористость также может быть использована в других областях, где пористость играет определенную роль. Это касается, в частности, использования в изоляционных материалах, слоях катализаторов и/или материалах аккумуляторных батарей. В результате уменьшенной пористости материал также подходит в качестве герметизирующего материала.

Также было обнаружено, что при использовании смесей, в которых все компоненты, включая бактерии, присутствовали в виде порошков, были достигнуты аналогичные результаты в отношении уменьшения выбросов. Для этой цели все порошкообразные компоненты смешивали и вводили в самый верхний слой. Соответствующий объем жидкости был нанесен впоследствии (данные не показаны). Сопоставимые эффекты были также достигнуты, когда бактериальный штамм был заменен на *L. sphaericus*, *B. cohnii*, *B. halodurans*, *B. pseudofirmus* и *A. crystallopoietes* при одинаковом количестве клеток на миллилитр (данные не показаны). Где *B. cohnii*, *B. halodurans*, *B. pseudofirmus* и *A. crystallopoietes* использовались аналогично с тем же количеством клеток на миллилитр в составах, основные составляющие были дополнительно адаптированы к требованиям конкретного бактериального штамма. Специалисту в данной области техники в этом случае известно, что для этих неуреолитических биоцементирующих бактериальных штаммов базовая среда должна быть адаптирована по аналогии с составляющими, перечисленными в Примере 2, в частности, в рамках подходящего метаболического исходного материала. В этом случае было обнаружено, что эффективное уменьшение испарения было достигнуто со всеми бактериальными штаммами (данные не показаны).

При использовании различных шахтных отходов было обнаружено, что почвы с высоким содержанием ионов меди (II), железа (II), железа (III) и никеля (II) показали значительно более быстрое образование слоя. В случае использования наслаивания шахтных отходов/песка были достигнуты аналогичные результаты, как и для образца чистого песка (данные не показаны). В этом случае также смеси с веществами, модифицирующими когезию, высыхали медленнее.

Деконтаминация

Специалисту в данной области техники известно, что ионы карбоната, которые продуцируются бактериями из мочевины, например, могут быть использованы для осаждения ионов металлов (Филлипс и соавт., *Инженерные применения уреолитической биоминерализации: обзор*, Biofouling, 2013, Том 29, № 6, 715--733). Вероятно, причиной это являлось причиной наблюдения в предыдущем примере (Пример 7, Контроль испарения), что образование слоя начиналось быстрее, когда использовались грунты, насыщенные тяжелыми металлами. Поэтому было проведено испытание, чтобы определить, подходят ли вещества, модифицирующие когезию, также для улучшения осаждения ионов тяжелых металлов.

В каждой из используемых смесей масса контрольного осадка меньше массы осадка, содержащего тяжелые металлы. Это показывает, что смеси согласно настоящему изобретению способны связывать и осаждают ионы тяжелых металлов. Присутствие соответствующей соли металла было подтверждено методом атомной спектроскопии.

Влажная масса осадка, содержащего тяжелые металлы, при использовании R9, R25 и R32 для осаждения хлорида железа(III) составляла $\text{FeCl}_3 + \text{R9} = 0,00$ г, для $\text{FeCl}_3 + \text{R20} = 0,75$ г и для $\text{FeCl}_3 + \text{M32} = 12,4$ г (до сушки). В случае $\text{FeCl}_3 + \text{M32}$ в результате бактериальной активности образуется объемный гель. Этот гель очень трудно высушить в потоке азота. Масса осадка, содержащего ионы тяжелых металлов, для $\text{FeCl}_3 + \text{R9} = 0,00$ г, для $\text{FeCl}_3 + \text{R25} = 0,05$ г и для $\text{FeCl}_3 + \text{M32} = 6,53$ г (в данном случае предполагается, что сушка была неполной из-за гелеподобного характера). Остаточное содержание ионов тяжелых металлов было на 50% ниже для $\text{FeCl}_3 + \text{M32}$, чем для $\text{FeCl}_3 + \text{R25}$.

Там, где M20 использовали для осаждения FeCl_3 , NiCl_2 и CuCl_2 , было обнаружено, что добавление соединений, модифицирующих когезию, приводило к увеличению осаждения солей металлов: влажная масса осадка M20 составляет 0,02 г. Влажная масса осадка, содержащего тяжелые металлы, составляет для $\text{FeCl}_3 + \text{M20} = 0,40$ г, для $\text{NiCl}_2 + \text{M20} = 1,44$ г и для $\text{CuCl}_2 + \text{M20} = 0,24$ г. Остаточное содержание ионов тяжелых металлов в супернатанте показано внизу на Фигуре 8.

Неожиданно выяснилось, что присутствие веществ, модифицирующих когезию, также увеличивает осаждение из раствора. Применение смесей, явно не указанных в разделе "Результаты", показало сопоставимые результаты в отношении эффективности осаждения (данные не показаны). Применение бактерий, которые присутствовали в жидких средах Примеров 1-6, также показало очень хорошую эффективность осаждения (данные не показаны).

Особенностью соединений, модифицирующих когезию, является то, что синергически с биоцементацией они дают особенно когезивный биоцемент с низким уровнем выбросов. Неожиданно было обнаружено, что это также происходит в растворе и, следовательно, приводит к особенно эффективному осаждению ионов тяжелых металлов. Это было особенно неожиданно, поскольку полимеры, в частности, имеют тенденцию связывать поливалентные ионы, включая, в частности, катионы двухвалентных металлов, такие как Ca(II), Cu(II), Mg(II), а также Ni(II), диспергировать их в растворе и, таким образом, повышать их растворимость. Из-за этой аффинности к катионам двухвалентных металлов ожидалось, что, в частности, если водорастворимое и/или вододиспергируемое соединение, модифицирующее когезию, было полимером, оно бы стабилизировало катионы поливалентных металлов, а также их агрегаты и агломераты в растворе, что приводило бы к менее эффективному осаждению ионов металлов (см. Тадрос Т.Ф. 2016, Nanodispersions, ISBN-978-3-11-029033-2, в частности, Главу на стр. 25 ff *стерическая стабилизация*).

Удаление источника катионов (здесь: источник кальция) в смесях, указанных выше, показало сопоставимые результаты в отношении изученных эффектов.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Применение смеси, подходящей для биоцементации и содержащей следующие составляющие:

(i) по меньшей мере, один организм, который способен образовывать карбонат или индуцировать, и/или катализировать образование карбоната, и/или, по меньшей мере, один фермент, который способен образовывать карбонат или индуцировать, и/или катализировать образование карбоната,

(ii) по меньшей мере, одно вещество для образования карбоната,

(iii) по меньшей мере, одно водорастворимое и/или вододиспергируемое, и/или водоземмулируемое соединение, модифицирующее когезию, выбранное из группы, состоящей из:

соединений, обладающих кальциевой аффинностью, в частности, соединений, имеющих, по меньшей мере, одну кальцийсвязывающую функциональную группу, выбранную из группы, состоящей из карбоновых кислот, карбоксилатов, карбониллов, спиртов, алкоксидов, тиолов, тиолатов, сульфатов, сульфонов, аминов, амидов, катехолов, хинонов, фосфатов, фосфонатов; и

соединений, обладающих карбонатной аффинностью, в частности, соединений, имеющих, по меньшей мере, одну карбонатсвязывающую функциональную группу, выбранную из группы, состоящей из катионных функциональных групп, и/или нейтральных функциональных групп, в частности, соединений, содержащих катионы, более конкретно моно- или поливалентные катионы, например, четвертичные аммониевые соединения, моно-, двух- или трехвалентные катионы металлов, карбоновые кислоты, сульфоновые кислоты, пероксикарбоновые кислоты, тиокарбоновые кислоты, сульфиноновые кислоты, сульфеновые кислоты, амиды, амины, гидразины и тиолы;

(iv) необязательно: по меньшей мере, один источник катионов;

(v) необязательно: по меньшей мере, один адьювант;

для уменьшения пылеобразования и/или эрозии,

для гранулирования,

для уменьшения испарения,

в качестве компонента или в качестве герметизирующего или изоляционного материала, и/или

для осаждения, в частности, осаждения тяжелых металлов.

2. Применение по пункту 1, отличающееся тем, что эффект, в частности, эффект уменьшения пыли, вызываемый составляющими (i), (ii) и (iii), больше, чем сумма эффекта,

в частности, эффекта уменьшения пыли, вызываемого составляющими (i) и (ii) и эффекта, в частности, эффекта уменьшения пыли, вызываемого составляющей (iii).

3. Применение по пункту 1 или 2, отличающееся тем, что составляющая (iii) присутствует в количестве, по меньшей мере, 0,5 мас.%, в пересчете на общую массу составляющих (i), (ii) и (iii), и/или

при этом, составляющая (iii) присутствует в количестве не более 85 мас.%, в пересчете на общую массу составляющих (i), (ii) и (iii).

4. Применение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что составляющая (iii) выбрана из группы, состоящей из:

(iii-1) (био)полимеров, выбранных из группы, состоящей из:

целлюлозы и ее производных, крахмала и его производных, лигнинов и их производных, в частности, лигносульфонатов и крафт-лигнинов, гуминовых кислот и их производных;

хитина и его производных, хитозана и его производных, циклодекстринов и их производных, декстринов и их производных,

натуральных клеев, гидрогелеобразующих веществ, латекса, каучука и их производных;

источников белка и/или пептидов, которые содержат, по меньшей мере, одну из следующих аминокислот: аланин, глицин, лизин, аспарагин, глутамин, глутамат, непотеиногенная аминокислота;

эфиров крахмала и сложных эфиров крахмала;

дрожжей и их производных и экстрактов;

жидких и высушенных полимерных дисперсий или полимеризатов, содержащих или состоящих из кислот, в частности, из карбоновых кислот, а также их солей, цианатов, сложных эфиров, простых эфиров, оксиранов, аминов, амидов, сульфатов, спиртов, тиолов, галогенов, силанов, силоксанов, фосфатов, алкилов, аллилов и арилов, а также их производных;

(iii-2) (поли)сахаридов и внеклеточных полимерных веществ (EPS) и их соответствующих производных, при этом, ESP выбраны из группы, состоящей из микробных экзополисахаридов, при этом, (поли)сахариды предпочтительно содержат или состоят из лактозы, сахарозы, глюкозы, глюкозамина, фруктозы, инулина и их комбинаций;

(iii-3) карбоновых кислот, выбранных из группы, состоящей из муравьиной кислоты, малеиновой кислоты, янтарной кислоты, бутановой кислоты, пропановой кислоты, уксусной кислоты, пировиноградной кислоты, ацетоуксусной кислоты,

левулиновой кислоты, щавелевоуксусной кислоты, лимонной кислоты, фруктовых кислот, предпочтительно яблочной кислоты, лимонной кислоты, фумаровой кислоты, глюконовой кислоты, гликолевой кислоты, миндальной кислоты, щавелевой кислоты, салициловой кислоты, α -гидроксикаприловой кислоты и винной кислоты, короткоцепочечных и среднецепочечных жирных кислот, и молочной кислоты, и в каждом случае из их солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров;

(iii-4) неорганических связующих, минералов и солей, выбранных из группы, состоящей из цемента, включая его производные, предпочтительно СЕМ I, СЕМ II, СЕМ III, СЕМ IV, СЕМ V, СЕМ VI, глиноземистого цемента, магнезиального цемента, фосфатного цемента, гипса, силикатов натрия, калия и лития, а также из других производных жидкого стекла, карбоната кальция и его производных, гидроксида алюминия, гидроксида алюминия, сульфата кальция, гидроксида кальция, сульфата магния, микрокремнезема и каолинов;

(iii-5) аминокислот, выбранных из группы, состоящей из аланина, глицина, лизина, аспарагина, глутамин, глутамата, непротеиногенных аминокислот и в каждом случае из их солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров и амидов.

5. Применение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что составляющая (iii) выбрана из группы, состоящей из:

лигносульфонатов, гуминовой кислоты и их солей, предпочтительно карбоксилатов и их производных, крафт-лигнинов,

волокон и волокнистых веществ, выбранных из группы, состоящей из целлюлозных волокон, древесных волокон и древесноцеллюлозных волокон,

гуммиарабика, ксантана, альгинатов и агара,

источников белка и/или пептидов, выбранных из группы, состоящей из казеина, альбумина, дрожжевых экстрактов, пептонов, казеината, казеината кальция, сухого молока, аланина, глицина, лизина, аспарагина, глутамин, глутамата, непротеиногенных аминокислот, остаточных веществ и промышленных веществ, выбранных из группы, состоящей из жидкого кукурузного экстракта, маточных растворов лактозы, белковых лизатов, патоки, белковых отходов, предпочтительно от производства дрожжей, производства мяса, производства фруктов, производства овощей, молочной промышленности и производства бумаги,

жидких и высушенных полимерных дисперсий или полимеров, выбранных из группы, состоящей из полигидроксибутирата, полилактида, полибутиленсукцината, полиакриловой кислоты, полиметакрилата, поли(2-гидроксиэтилметакрилата),

поливинилового спирта, поливинилацетата, поливинилпирролидона, поливинилимидазола, поли(2-этил-2-оксазолина), полистирола, полиамида, стирол-бутадиенов, стирол-акрилатов, стиролов, акрилатов, акриловых кислот, винилацетатов, изоцианатов, эпоксидов и полиаминовых кислот.

6. Применение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что составляющая (iii) выбрана из группы, состоящей из:

лигносульфоната кальция, лигносульфоната натрия, лигносульфоната калия, лигносульфоната магния, лигносульфоната аммония, в частности, лигносульфоната кальция, дрожжевого экстракта, альбумина, эфира крахмала, аланина, лизина, стирол-акрилатной дисперсии, сульфата магния, поливинилового спирта, поливинилацетатной дисперсии, стирол-бутадиеновой дисперсии, гуминовой кислоты, силиката щелочного металла и их комбинаций.

7. Применение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что составляющая (ii) выбрана из группы, состоящей из:

мочевины и ее солей; органических кислот, таких как молочная кислота и ее соли, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры; глюконовой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры; уксусной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры; муравьиной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, пропионовой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, бутановой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, пентановой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, муравьиной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, малеиновой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, янтарной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, пировиноградной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, ацетоуксусной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, леулиновой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, щавелевоуксусной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, лимонной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, преимущественно яблочной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, лимонной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, фумаровой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, глюконовой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их

сложные эфиры, гликолевой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, миндальной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, щавелевой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, салициловой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, α -гидроксикаприловой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры, и винной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры; пептидов, предпочтительно содержащих не протеиногенные аминокислоты, аспарагина, аланина, глицина, лизина, глутамина и/или глутаминовой кислоты; аминокислот, предпочтительно не протеиногенных аминокислот, аспарагина, аланина, глицина, лизина, глутамина и глутаминовой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилаты, и их сложные эфиры; растительных и животных сложных субстратов, в частности, пептона, дрожжевого экстракта, мясного экстракта, питательного бульона и казаминовой кислоты; потоков промышленных остаточных веществ, в частности, жидкого кукурузного экстракта, маточного раствора лактозы, белковых лизатов, предпочтительно из гороха, мяса, картофеля или томатов; анаэробных субстратов, предпочтительно из диоксида углерода и метана.

8. Применение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что смесь присутствует в жидком виде, в виде геля, пасты или в виде порошка.

9. Применение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что составляющая (i) выбрана из группы, состоящей из микроорганизмов, предпочтительно выбранных из группы, состоящей из микроорганизмов phylumFirmicutes, предпочтительно класса Bacilli, предпочтительно подкласса Bacillales, предпочтительно семейства Planococcaceae или Bacillaceae, предпочтительно родов Sporosarcina, *Lysinibacillus* или *Bacillus*, предпочтительно выбранные из видов *Sporosarcina pasteurii*, *Sporosarcina ureae*, *Lysinibacillus sphaericus*, *Lysinibacillus fusiformis*, *Bacillus megaterium*, *Lysinibacillus sp.*, *Bacillus pseudofirmus*, *Bacillus halodurans* или *Bacillus cohnii*; и микроорганизмов phylumProteobacteria, предпочтительно из классов Alphaproteobacteria, Gammaproteobacteria, Deltaproteobacteria или Epsilonproteobacteria, предпочтительно из семейств Enterobacteriales, Мухосoccales, Campylobacterales, Pseudomonadales или Caulobacterales, предпочтительно из семейств Enterobacteriaceae, Мухосocccaceae, Helicobacteraceae, Pseudomonadaceae или Caulobacteraceae, предпочтительно из родов *Proteus*, *Мухосococcus*, *Helicobacter*, *Pseudomonas* или *Brevundimonas*, предпочтительно выбираются из видов *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Мухосococcus xanthus*, *Helicobacter pylori*, *Pseudomonas aeruginosa* или *Brevundimonas diminuta*; и микроорганизмов

phylum Actinobacteria, предпочтительно класса Actinobacteria, предпочтительно подкласса Actinomycetales, предпочтительно семейств Brevibacteriaceae или Micrococcineae, предпочтительно родов *Brevibacterium* или *Micrococcaceae*, предпочтительно выбранные из видов *Brevibacterium lines* или *Arthrobacter crystallopoietes*; и микроорганизмов phylum Cyanobacteria, предпочтительно класса Cyanobacteria, предпочтительно подкласса Synechococcales, предпочтительно семейства Synechococcaceae, предпочтительно рода *Synechococcus*, предпочтительно вида *Synechococcus*; и аэробных бактерий, анаэробных бактерий, факультативно анаэробных бактерий и их промежуточных стадий.

10. Применение по любому из пунктов 1-8, отличающееся тем, что составляющая (i) выбрана из группы, состоящей из уреазы, аспарагиназы, карбоангидразы и метаболических ферментов.

11. Применение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что составляющая (v) выбрана из группы, состоящей из:

природных и химических гербицидов; фунгицидов; моллюскицидов; инсектицидов; гидрофобизаторов и восковых эмульсий; стабилизаторов; дисперсантов; эмульгирующих добавок; поверхностно-активных веществ, предпочтительно катионных, анионных и незаряженных поверхностно-активных веществ; аминов; этаноламинов; тиксотропных агентов; пропеллентов; агентов, препятствующих слёживанию и комкованию, центров кристаллизации и модификаторов кристаллизации; комплексообразующих агентов, предпочтительно фосфонатов, фосфатов и полифосфатов, жирных кислот; минералов и микроэлементов; солей, предпочтительно галогенидов, силикатов, фосфатов и сульфатов; камней, предпочтительно пемзы, песка, гравия и сланцевой муки, резиновой крошки, резиновых гранул и других термопластичных эластомеров, предпочтительно от производства шин; наполнителей, предпочтительно аморфных и кристаллических наполнителей, более предпочтительно гидравлических, негидравлических и пуццолановых материалов; семян растений, предпочтительно однодольных и двудольных, спор, предпочтительно спор мха, растений и их частей, предпочтительно корней, луковиц, древесины и древесной стружки; удобрений; бактерий, способных образовывать полимеры; и веществ, которые модифицируют биоцементацию.

12. Применение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что составляющая (i) присутствует в нижнем слое почвы и/или является его частью, предпочтительно в почве, подлежащей обработке смесью, и, при этом, составляющие (ii) и (iii), и необязательно составляющие (iv) и/или (v), наносятся отдельно от составляющей (i), или,

при этом, составляющую (i) выделяют из нижнего слоя почвы, предпочтительно почвы, для обработки смесью, культивируют *ex situ* и затем повторно вводят на и/или в нижний слой почвы, предпочтительно почвы, для обработки либо в комбинации с составляющими (ii) и (iii), и необязательно с составляющими (iv) и/или (v), или отдельно от составляющих (ii) и (iii), и необязательно составляющих (iv) и/или (v).

13. Способ уменьшения образования пыли и/или эрозии, содержащий следующие этапы:

(a) определение подлежащего обработке нижнего слоя почвы, на/в котором должно быть уменьшено пылеобразование и/или эрозия,

(b) предложение смеси или ее составляющих, как определено по любому из пунктов 1-12,

(c) нанесение смеси, предложенной на этапе (b) или ее составляющих на/в подлежащий обработке нижний слой почвы в количестве, достаточном для обеспечения биоцементации, и

(d) обеспечение образования биоцементного слоя, способствуя тем самым уменьшению пылеобразования и/или эрозии на/в нижнем слое почвы.

14. Способ по пункту 13, отличающийся тем, что нижний слой почвы выбирают из группы, состоящей из органического и неорганического материала, в частности, биогенного и/или антропогенного происхождения, предпочтительно из метаморфических, осадочных и магматических пород, и в каждом случае из их производных и смесей, а также их комбинаций.

15. Способ по пункту 13 или 14, отличающийся тем, что этап (c) проводят один раз или повторно, и количество составляющей (iii), наносимое в целом, составляет, по меньшей мере, 20 г, в пересчете на один квадратный метр площади нанесения, и/или

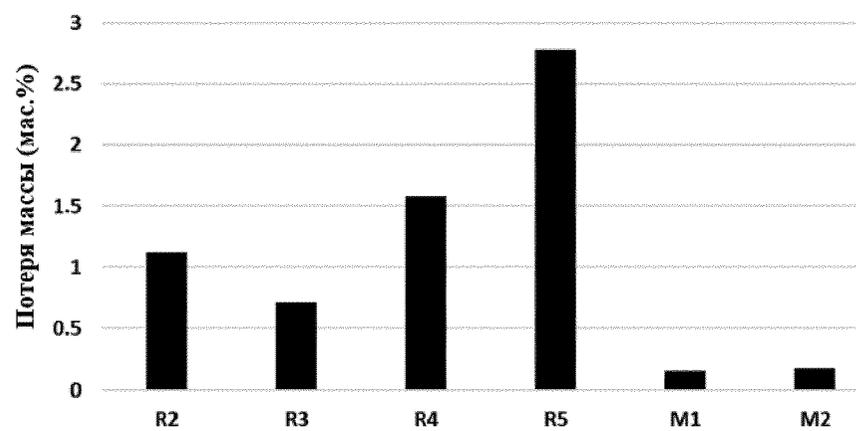
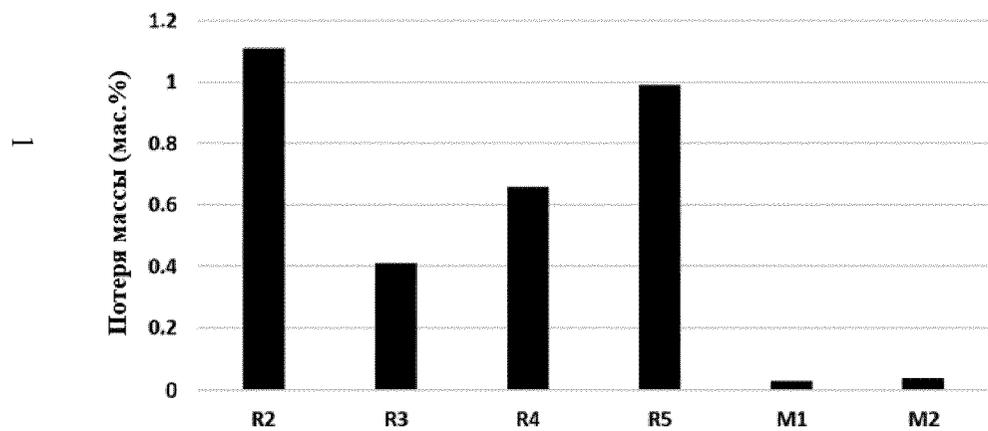
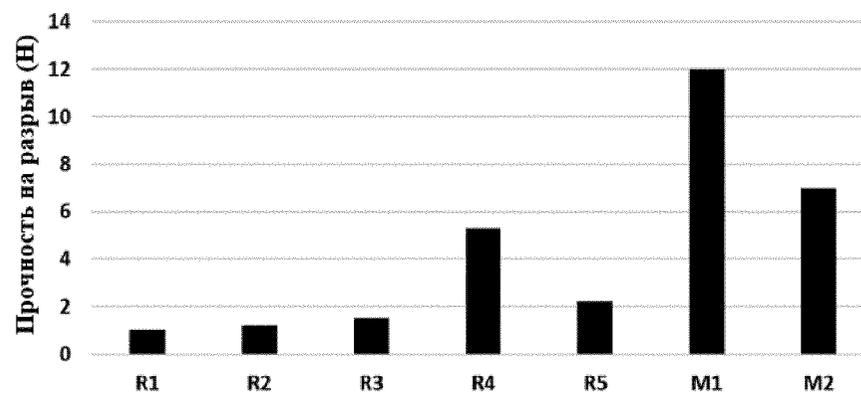
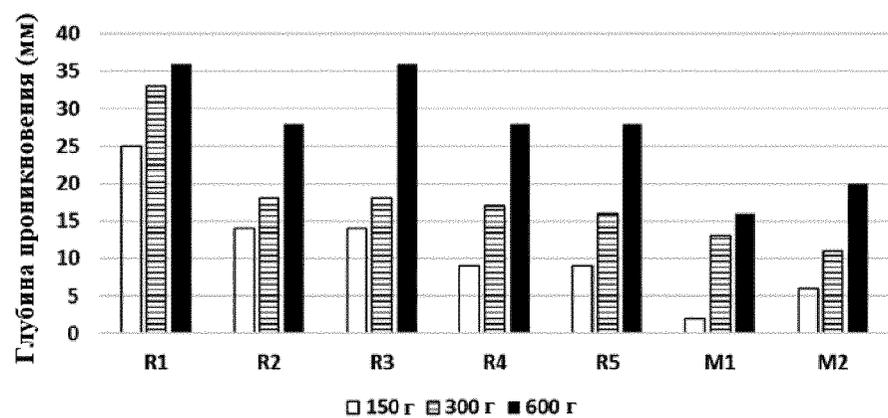
количество составляющей (iii) наносимое в целом, составляет не более 2000 г в пересчете на один квадратный метр площади нанесения.

16. Смесь, способная к биоцементации, как определено по любому из пунктов 1-12, отличающаяся тем, что составляющая (iii) выбрана из группы, состоящей из:

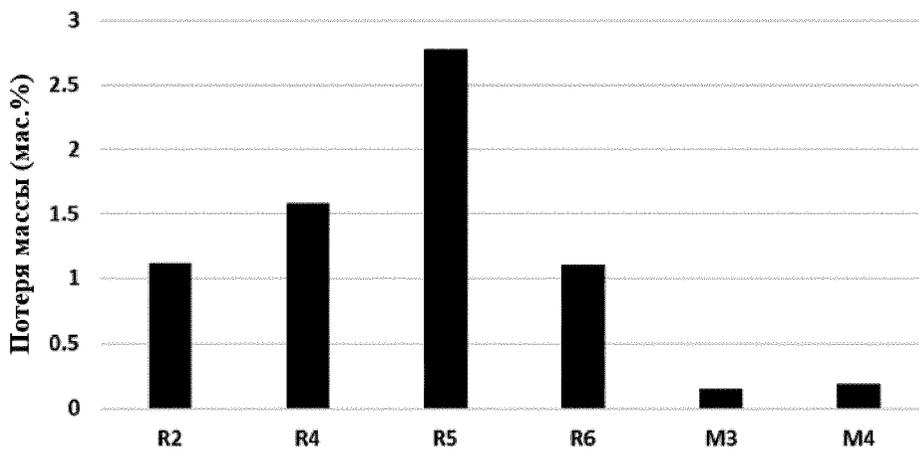
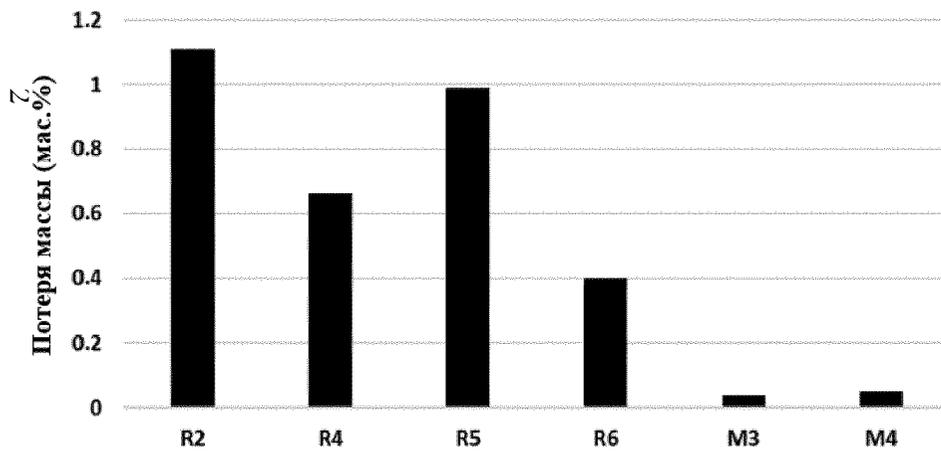
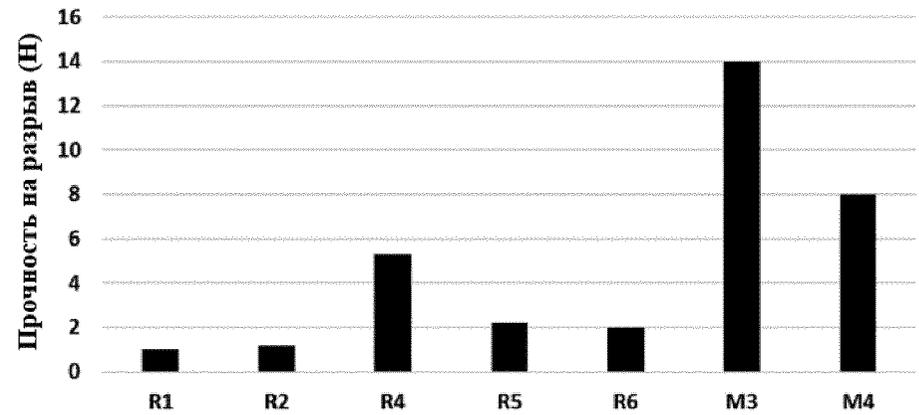
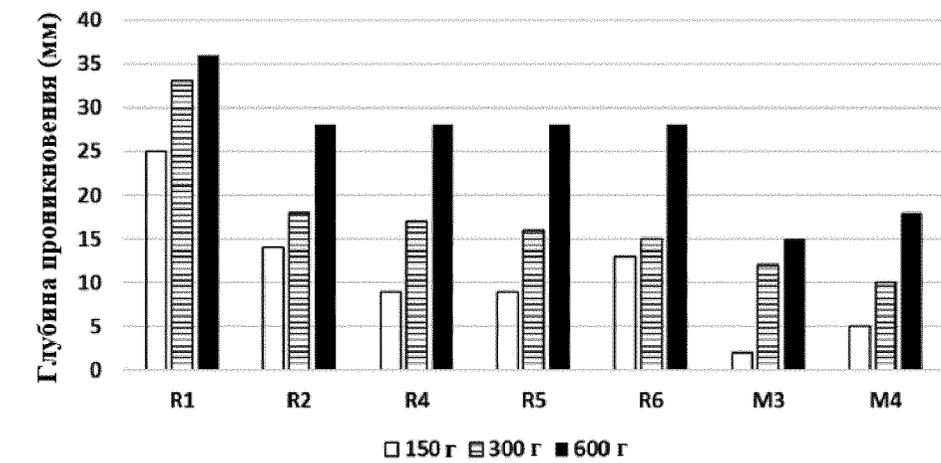
альбумина; эфира крахмала, аланина, лизина, стирол-акрилата, в частности, стирол-акрилатной дисперсии; этиленвинилацетата, в частности, этиленвинилацетатной дисперсии; поливинилового спирта; сульфата магния; поливинилацетата, в частности, поливинилацетатной дисперсии; стирол-бутадиена, в частности, стирол-бутадиеновой дисперсии; гуминовой кислоты и ее комбинаций, а также полимеров, содержащих мономеры вышеупомянутых полимеров.

при этом, составляющая (ii) предпочтительно выбрана из группы, состоящей из:

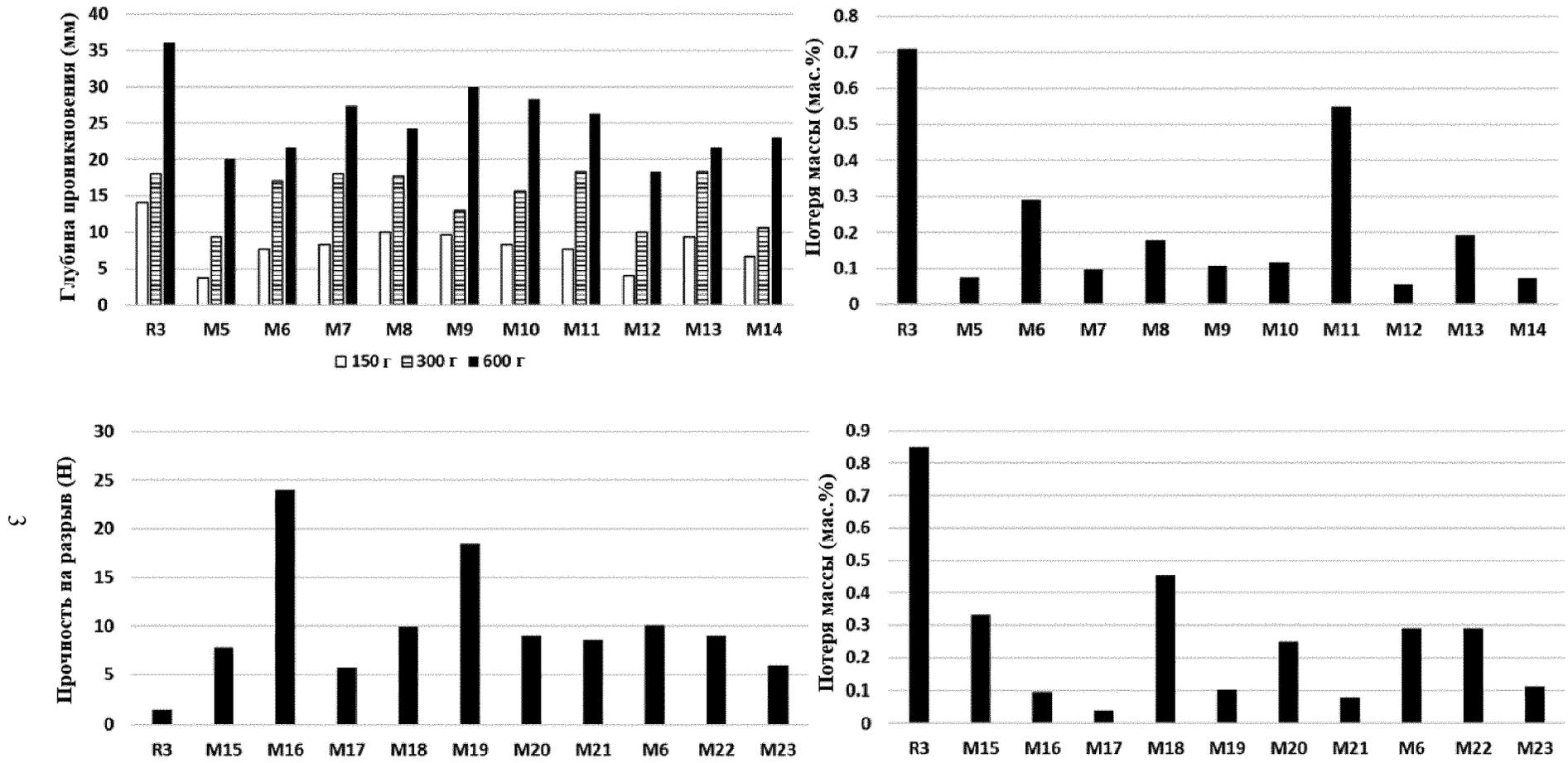
мочевины и ее солей; органических кислот, такой как молочная кислота и ее соли, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; глюконовой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; уксусной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; муравьиной кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; пропановой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; бутановой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; пентановой кислоты и ее солей, предпочтительно карбоксилатов, и их сложных эфиров; пептидов, предпочтительно содержащих непротеиногенные аминокислоты, аспарагин, аланин, глицин, лизин, глутамин и/или глутаминовую кислоту; аминокислот, предпочтительно непротеиногенных аминокислот, аспарагина, аланина, глицина, лизина, глутамина и глутаминовую кислоту, и ее соли, предпочтительно карбоксилатов и их сложных эфиров; сложных субстратов растительного и животного происхождения, в частности, из пептона, дрожжевого экстракта, мясного экстракта, питательного бульона и казаминовой кислоты; потоков промышленных остаточных веществ, в частности, из жидкого кукурузного экстракта, маточного раствора лактозы, протеинолизатов, предпочтительно из гороха, мяса, картофеля или томатов; анаэробных субстратов, предпочтительно из диоксида углерода и метана.



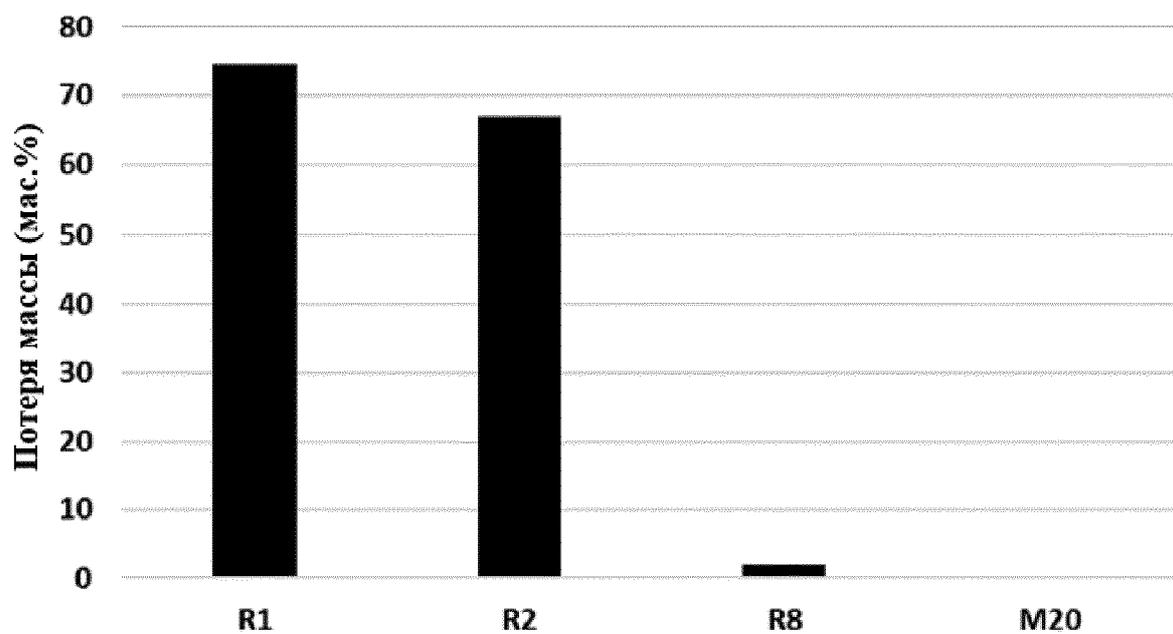
Фиг. 1



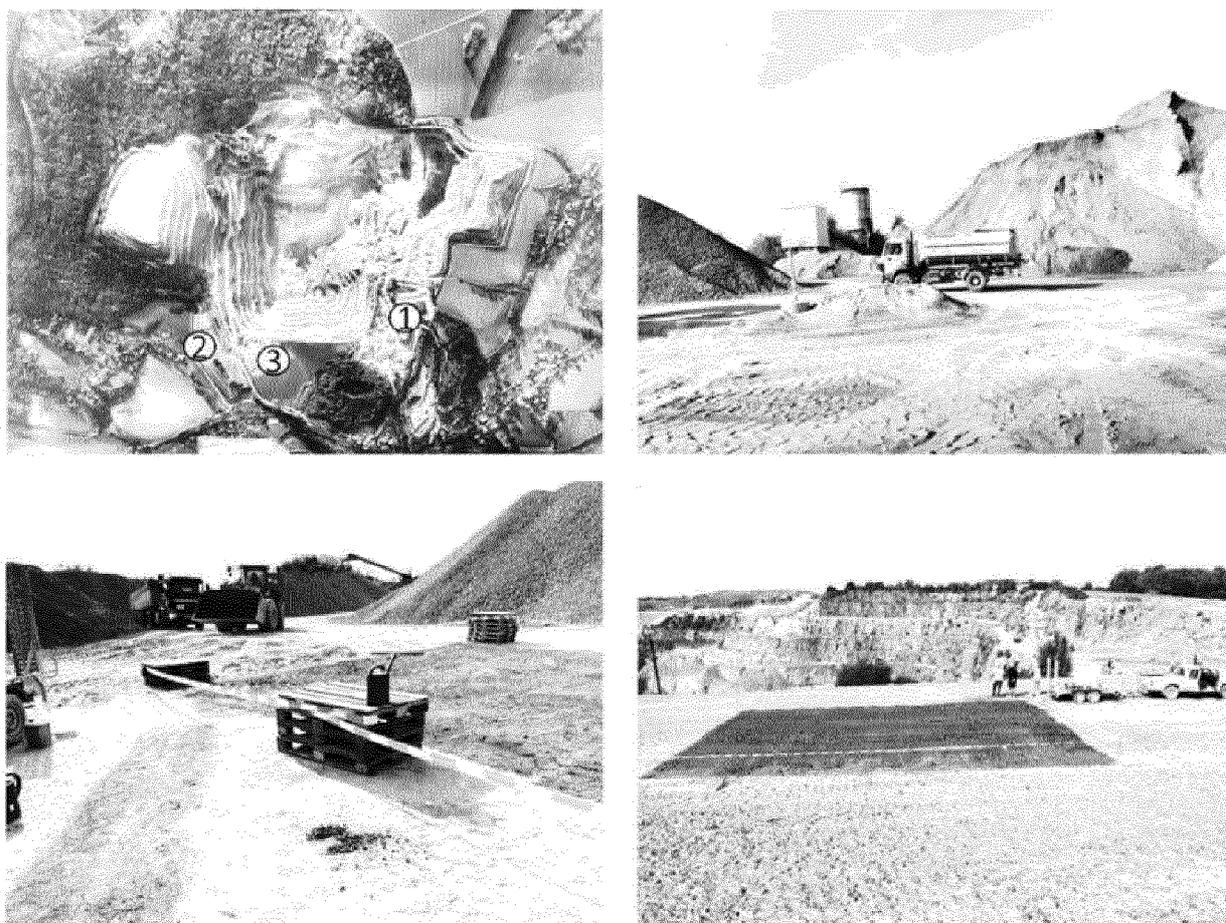
ФИГ. 2



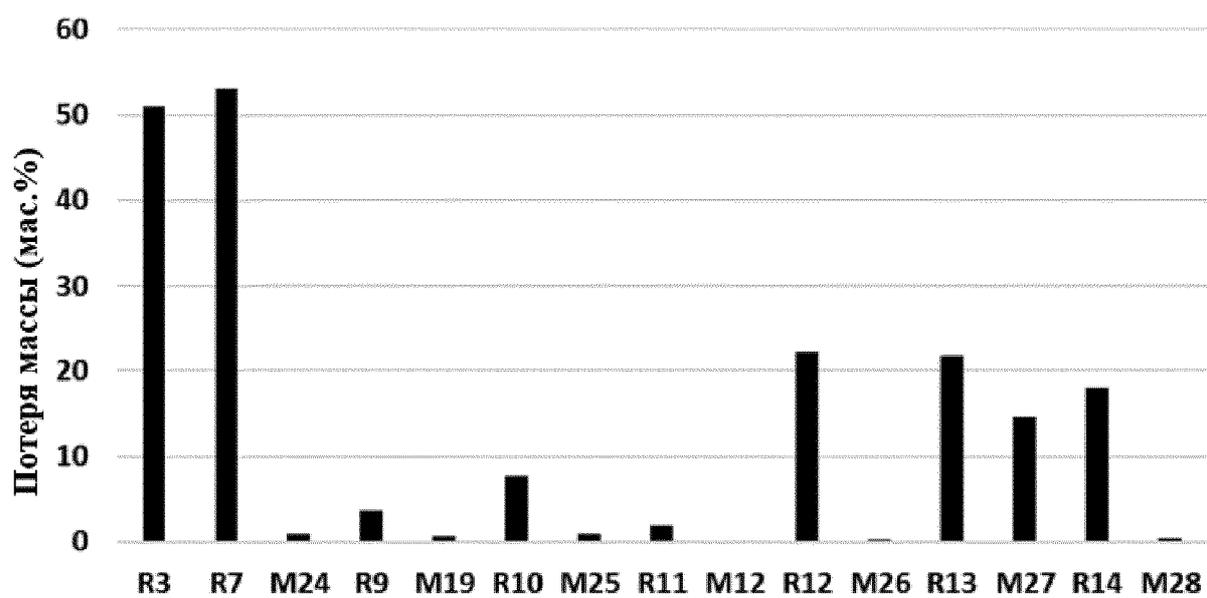
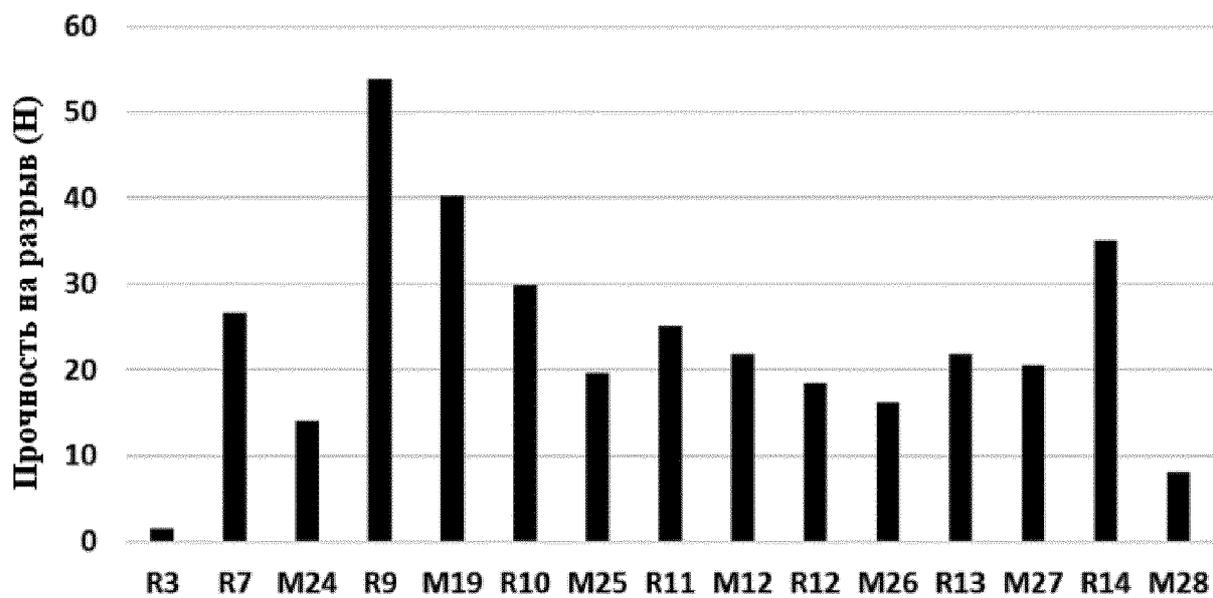
Фиг. 3



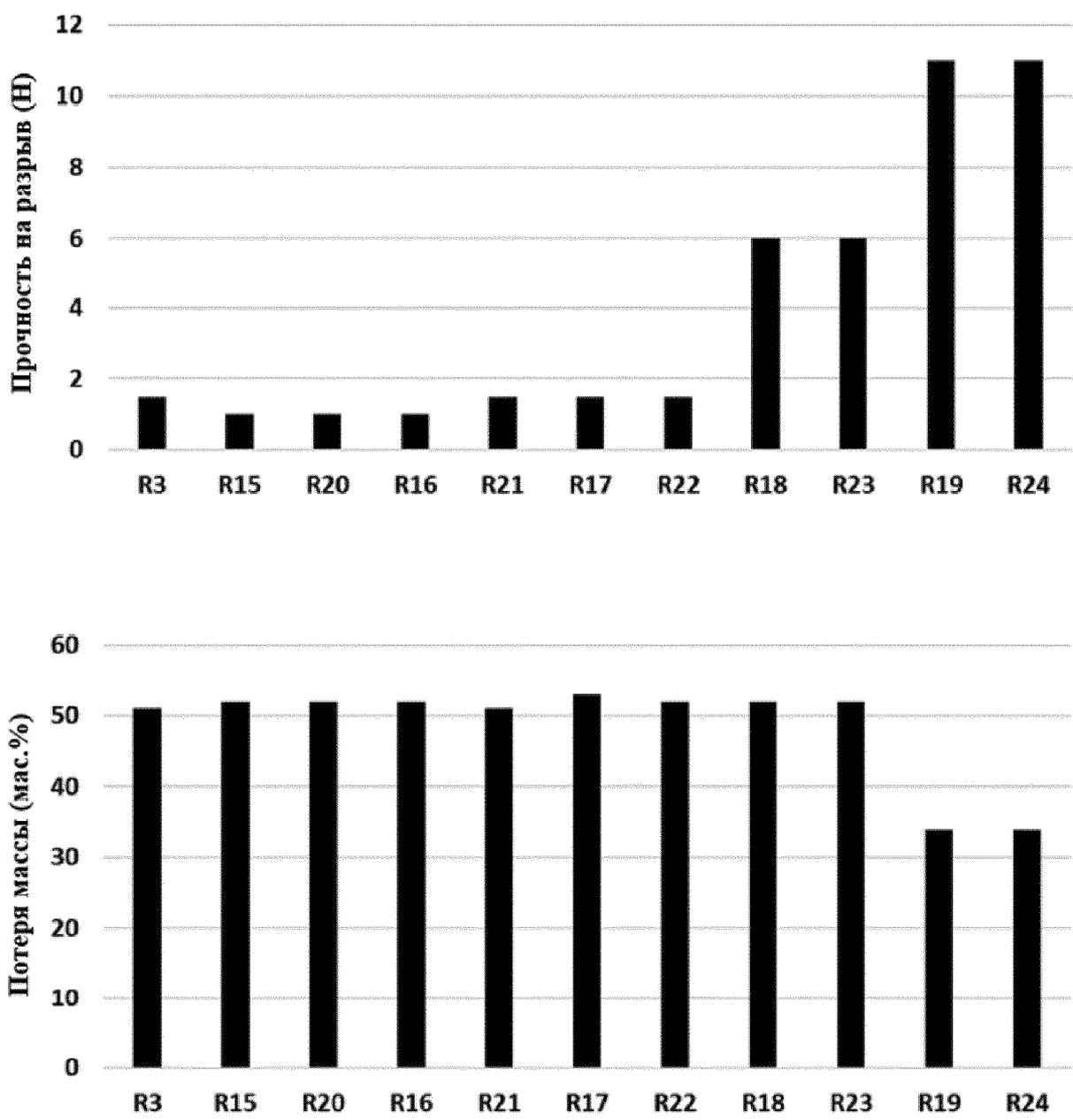
Фиг. 4



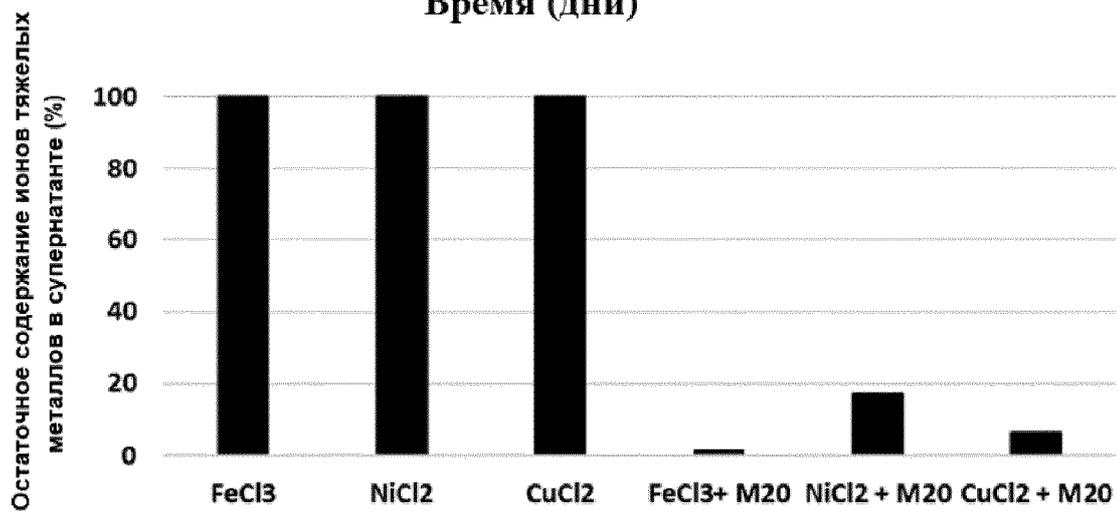
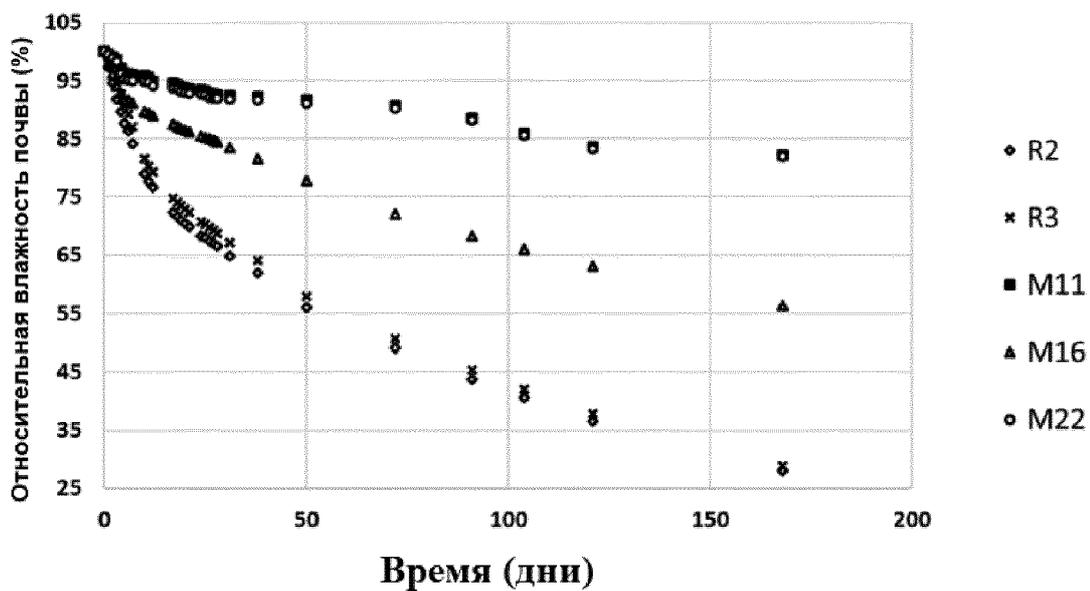
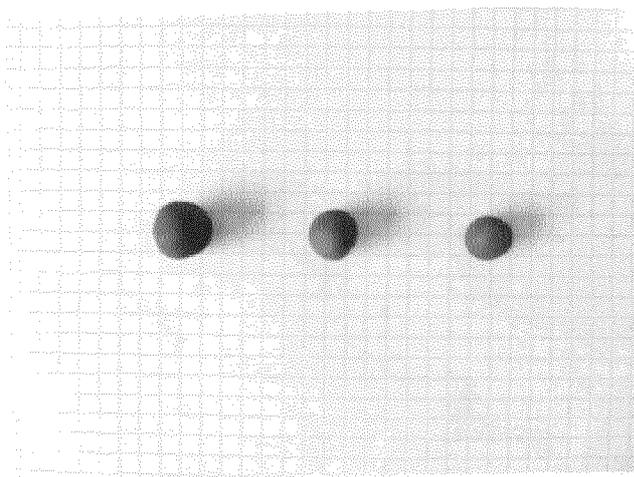
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8