



(51) МПК
B09C 1/10 (2006.01)
C12N 1/14 (2006.01)
C02F 101/10 (2006.01)
C12R 1/885 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015131380/10, 28.07.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 28.07.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.07.2015

(45) Опубликовано: 27.11.2016 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: ГОРБАЧУК Е.В. и др. "Исследование субстратов с концентрацией белого фосфора 0.1% на предмет метаболитов и устойчивой микрофлоры", Грани науки. 2014, т.2, no.2, с.33-39. АХОССИЙЕНАГБЕ С.К. и др. "Зависимость скорости деструкции белого фосфора в осадке сточных вод от интенсивности микробного метаболизма", Грани науки. 2013, т.1, no.2, с.58-62. (см.прод.)

Адрес для переписки:

420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18,
 Федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Казанский (Приволжский)
 федеральный университет" (ФГАОУ ВО КФУ),
 патентно-лицензионный отдел, И.А. Назмиеву

(72) Автор(ы):

Миндубаев Антон Зуфарович (RU),
 Алимова Фарида Кашифовна (RU),
 Волошина Александра Дмитриевна (RU),
 Горбачук Елена Валерьевна (RU),
 Кулик Наталия Владимировна (RU),
 Минзанова Салима Тахиятулловна (RU),
 Тухбатова Резеда Ильгизовна (RU),
 Яхваров Дмитрий Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Казанский (Приволжский)
 федеральный университет" (ФГАОУ ВО
 КФУ) (RU)

(54) СПОСОБ ДЕТОКСИКАЦИИ БЕЛОГО ФОСФОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ШТАММА
 МИКРООРГАНИЗМОВ *Trichoderma asperellum* ВКПМ F-1087

(57) Реферат:

Изобретение относится к области биотехнологии, а именно к способу детоксикации белого фосфора в загрязненной почве. Обеззараживание выполняют путем обработки загрязненной белым фосфором почвы штаммом

Trichoderma asperellum ВКПМ F-1087. Способ позволяет проводить детоксикацию почв, содержащих белый фосфор в концентрации до 1,0% мас., превышающих ПДК в 5000 раз. 1 ил.

(56) (продолжение):

МОРОЗОВА Ю.А. и др. "Биосинтез ксиланаз и целлюлаз грибами рода *Trichoderma* на послеспиртовой барде", Вестник Казанского технологического университета, 2012, т.15, no.19, с.120-122. RU 2408724 C2, 10.01.2011. RU 2360967 C1, 10.07.2009.

RU
 2 6 0 3 2 5 9
 C 1

RU
 2 6 0 3 2 5 9
 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B09C 1/10 (2006.01)
C12N 1/14 (2006.01)
C02F 101/10 (2006.01)
C12R 1/885 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015131380/10, 28.07.2015

(24) Effective date for property rights:
28.07.2015

Priority:

(22) Date of filing: 28.07.2015

(45) Date of publication: 27.11.2016 Bull. № 33

Mail address:

420008, g. Kazan, ul. Kremlevskaja, 18, Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Kazanskij (Privolzhsnij) federalnyj universitet" (FGAOU VO KFU), patentno-litsenzionnyj otdel, I.A. Nazmievu

(72) Inventor(s):

Mindubaev Anton Zufarovich (RU),
Alimova Farida Kashifovna (RU),
Voloshina Aleksandra Dmitrievna (RU),
Gorbachuk Elena Valerevna (RU),
Kulik Natalija Vladimirovna (RU),
Minzanova Salima Takhijatullova (RU),
Tukhbatova Rezeda Ilgizovna (RU),
Jakhvarov Dmitrij Grigorevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Kazanskij (Privolzhsnij) federalnyj universitet" (FGAOU VO KFU) (RU)

(54) **METHOD FOR DETOXIFICATION OF WHITE PHOSPHORUS USING MICROORGANISM STRAIN *Trichoderma asperellum* VKPM F-1087**

(57) Abstract:

FIELD: biotechnology.

SUBSTANCE: invention relates to biotechnology, specifically to a method for detoxification of white phosphorus in contaminated soil. Decontamination is performed by treatment of white phosphorus-contaminated soil with a strain of *Trichoderma*

asperellum VKPM F-1087. Method enables detoxification of soil containing white phosphorus in concentration up to 1.0 wt%, exceeding the maximum allowable concentration 5,000 times.

EFFECT: method enables detoxification of soil.
1 cl, 1 dwg

Предлагаемое изобретение относится к области удовлетворения жизненных потребностей человека. Может быть использовано для обезвреживания или уменьшения вредности химических отравляющих веществ биологическими способами.

Известен способ биоразложения фосфорорганических соединений [1]. По [1] детоксикацию продуктов гидролиза боевого отравляющего вещества VX - метилфосфоновой кислоты и ее эфиров производят при помощи ферментов, выделенных из специализированного штамма микроорганизмов. Недостатком [1] является неприменимость для биодеградации белого фосфора и его производных. Недостаток ограничивает область применения способа [1].

Известен способ извлечения элементарного фосфора из шлама [2]. Шлам, состоящий из воды, белого фосфора (свыше 5%) и примесей, нагревают до температуры выше точки плавления белого фосфора (приблизительно плюс 55...75°C). Затем в шлам вносят водную хромовую кислоту концентрацией 3...4%. Смесь перемешивают до образования непрерывной фазы белого фосфора. Суть подхода заключается в том, что хромовая кислота окисляет поверхностную пленку на поверхности дисперсных частиц белого фосфора, несущую электрический заряд, и способствует их коагуляции в непрерывную фазу. Осевший слой фосфора замораживают и отделяют фильтрованием или центрифугированием. Способ не эффективен в случае низких концентраций белого фосфора в среде. Недостатком [2] является применимость только для шламов, содержащих 5% белого фосфора и выше, но не для следовых загрязнений. Недостаток ограничивает область применения способа [2].

Известен способ [3] превращения белого фосфора в загрязненной воде путем окисления смесью серной и азотной кислот. Белый фосфор при этом окисляется до фосфата. Недостатком [3] является необходимость внесения в сточные воды опасных для окружающей среды реагентов.

Наиболее близким по существу заявляемого изобретения, прототипом, является способ биодеградации белого фосфора [4]. Недостатком прототипа [4] является его неприменимость при низкой (менее 0,1%) концентрации белого фосфора в среде, где производят биодеградацию. Недостаток ограничивает область применения способа [4], поскольку прототип неприменим при сильных загрязнениях.

Целью предлагаемого изобретения является создание способа обезвреживания (детоксикации) белого фосфора и его производных антропогенного происхождения в загрязненной почве и осадках сточных вод.

Цели достигают тем, обезвреживание белого фосфора выполняют с применением штамма микроорганизма - грибов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ из депозитария Всероссийской Коллекции Промышленных Микроорганизмов (ВКПМ).

Заявляемое изобретение осуществляют, например, следующим путем, с использованием штамма микроорганизма *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ [5].

Берут культуральную среду и размещают ее в емкостях, например в лабораторных колбах объемом 50 мл. Берут посевной материал - споры микроскопических грибов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ.

Споры высевают в колбы на культуральную среду, например, состава: глюкоза - 5 г; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 2.64 г; MgSO_4 - 0.49 г; $\text{CuSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ - 0.1 г; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0.02 г; $\text{MnCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0.12 г; (в перерасчете на 1 л). Получают посев штамма.

Далее описан пример хода процесса взаимодействия штамма *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ с фосфорсодержащей культуральной средой. Берут 5 колб, например, объемом 50 мл, содержащих по 20 мл культуральной среды различающихся составов. Производят посев штамма *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ на среду в колбах.

Схема посева *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ на культуральные среды показана на Фиг., где 1 - контроль первый, без соединений фосфора; 2 - контроль второй, с нетоксичной смесью фосфатов; 3...5 - опыты с присутствием в культуральной среде белого фосфора в различной концентрации.

5 В одной из колб, контрольной, культуральная среда не содержит соединения фосфора (Фиг., позиция 1 - контроль первый, без соединений фосфора). Во второй колбе в культуральную среду добавляют нетоксичную смесь фосфатов - в качестве необходимого для жизнедеятельности штамма источника фосфора: $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ - 7.4 г, KH_2PO_4 - 2.38 г, в перерасчете на 1 л (Фиг., позиция 2 - контроль второй, с нетоксичной смесью
10 фосфатов). В три другие колбы сначала вносят культуральную среду, одинаковую по составу с культуральной средой в контрольной колбе. Затем в эти три колбы добавляют токсичный диспергированный белый фосфор в различной концентрации, а именно в концентрации 0,1%; 0,5%; 1,0% по массе (Фиг., позиции 3, 4, 5 - опыты с присутствием
15 белого фосфора в различной концентрации). Белый фосфор диспергируют, например, в ультразвуковом диспергаторе «Сапфир» (г. Кострома, Россия) при максимальной интенсивности ультразвука, температуре плюс 50°C, частоте колебаний 30 кГц, в шленке, в стерилизованной автоклавированием дистиллированной воде.

В каждую из 5 колб с культуральной средой производят посев штамма грибов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ. Колбы с посевами помещают в термостат с
20 аэробными условиями, например поддерживающий температуру плюс 37°C, и выжидают.

В среде без источников фосфора (первая колба с контрольной культуральной средой) за весь период наблюдений - 600 час (25 суток) признаки жизнедеятельности штамма грибов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ не наблюдаются (отсутствуют).

25 На среде с неядовитыми фосфатами в качестве источника фосфора (вторая колба с контрольной культуральной средой) через 24 час проявились признаки жизнедеятельности штамма грибов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ в виде мелких колоний гриба на и в массиве культуральной среды. Далее, через 140 час, наблюдалось спороношение гриба, продолжавшееся до окончания одного жизненного цикла гриба
30 - 600 час (25 суток), предположительно до исчерпания питательных компонентов культуральной среды в колбе. Это означает, что штамм грибов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ в благоприятных условиях жизнеспособен в присутствии белого фосфора.

В содержащих белый фосфор в различной концентрации трех опытных колбах наблюдают следующее.

Через 24 часа (1 сутки) рост посеянных микроорганизмов не наблюдается.

35 Через 96 часов (4 суток) на поверхности культуральной среды с концентрацией в 0,1% (500-кратное превышение ПДК [6]) белого фосфора выросла одна крупная колония грибов триходермы *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ. Далее рост колонии триходермы *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ на поверхности культуральной среды с белым фосфором продолжается до окончания одного жизненного цикла гриба (около
40 20 суток), предположительно до исчерпания питательных компонентов культуральной среды в колбе. После завершения жизненного цикла выполняют определение остатков белого фосфора в культуральной среде колбы. Анализ культуральной среды методом газовой хроматографии и масс-спектрологии (ГХМС) выявил отсутствие следов токсичного белого фосфора (в культуральной среде). Это показывает способность
45 грибов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ усваивать токсичный белый фосфор.

Через 170 час (восемь суток) наблюдается начало роста колонии триходермы на поверхности культуральной среды с белым фосфором в концентрации 0,5% (2500-кратное превышение ПДК [6]). Далее рост колонии грибов *Trichoderma asperellum* F-

1087 на поверхности культуральной среды с белым фосфором продолжается до окончания одного жизненного цикла гриба (около 23 суток), предположительно до истощения питательных компонентов культуральной среды в колбе, ибо анализ культуральной среды выявил отсутствие следов токсичного белого фосфора как

5 необходимого для жизнедеятельности штамма источника фосфора.

Через 265 час (одиннадцать суток) наблюдается начало роста колонии триходермы на поверхности культуральной среды с белым фосфором в концентрации 1,0% (5000-кратное превышение ПДК [6]). Далее рост колонии триходермы *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ на поверхности культуральной среды с белым фосфором продолжается

10 до окончания одного жизненного цикла (около 25 суток) гриба. После завершения жизненного цикла выполняется определение остатков белого фосфора в культуральной среде колбы, предположительно до истощения питательных компонентов культуральной среды в колбе, ибо анализ культуральной среды выявил отсутствие следов токсичного белого фосфора как необходимого для жизнедеятельности штамма

15 источника фосфора.

Опыты показывают и доказывают, что заявляемый штамм грибов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ жизнеспособен в благоприятных условиях, когда в культуральной среде содержится необходимый для жизнедеятельности штамма источник фосфора. И таким источником может быть белый фосфор.

По результатам опытов с триходермой *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ прослеживается четкая зависимость: чем выше концентрация белого фосфора в субстрате и выше токсичность среды, тем медленнее растет гриб. На 12-е сутки после посева на 0,1% белого фосфора гриб уже спороносит и имеет розовую окраску, на 0,5% колония еще бесцветная, но уже всплыла на поверхность субстрата и имеет форму, близкую к

25 правильному кругу, а на 1,0% колония бесформенная и растет в толще среды. То есть содержащий белый фосфор в концентрации до 1,0% масс. культуральной среды пригоден для культивирования штамма грибов триходермы *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ. Это выявленное, ранее неизвестное, свойство штамма *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ позволяет применять его для детоксикации сред, содержащих белый фосфор в количествах, до 5000 раз превышающих ПДК. Выявленное свойство штамма применяют

30 в практической деятельности людей, например для устранения последствий попадания белого фосфора в окружающую природную среду, например в почву.

Обработку загрязненной белым фосфором почвы выполняют, например, следующим путем. Работы выполняют в соответствующей защитной одежде. Берут

35 порошкообразный препарат триходермы с титром не менее 10^9 КОЕ в 1 г препарата. Для обработки почвы, например весной при температуре почвы от плюс 10°C, берут 80 г препарата и разводят в 10 л технически чистой теплой воды, дают постоять около часа, получают суспензию (взвесь) препарата в воде. Берут опрыскиватель, например применяемый для защитной химической обработки сельскохозяйственных культур. В

40 опрыскиватель заливают суспензию препарата триходермы. Загрязненные белым фосфором участки почвы опрыскивают суспензией исходя из расхода 300 л/га. По завершении опрыскивания выполняют взрыхление поверхностного слоя почвы, например, на глубину до 0,05 м. На обработанном участке почвы через некоторое время споры триходермы прорастают и начинается процесс биологической детоксикации

45 белого фосфора. Опрыскивание повторяют, например, 1 раз в месяц или по мере необходимости. Оптимальная температура обрабатываемой почвы - от плюс 10 до +30°C. Ход процесса детоксикации и его итоги контролируют путем отбора и анализа проб почвы на наличие белого фосфора.

Способы получения, хранения и применения препарата триходермы подобны используемым в области сельского хозяйства для профилактики и лечения заболеваний растений от фитопатогенов. Срок годности сухого препарата триходермы - до 5 лет.

5 Не известны более ранние факты и случаи культивирования штамма гриба триходерма *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ в присутствии высокотоксичного белого фосфора. Следует подчеркнуть, что триходерма *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ в аэробных условиях (в присутствии кислорода воздуха) адаптировалась к указанным концентрациям белого фосфора (от 0,1 до 1,0%) без применения известных способов адаптации микроорганизмов к неблагоприятным условиям - предварительного культивирования с рядом пересевов. Экспериментально определенная концентрация 1,0% белого фосфора в культуральной среде, когда штамм гриба триходерма *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ сохраняет жизнеспособность и производит детоксикацию белого фосфора, соответствует 5000-кратному превышению ПДК фосфора в сточных водах.

15 Экспериментально выявленное свойство штамма грибов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ - способность в аэробных условиях произрастать в среде с высоким содержанием высокотоксичного белого фосфора обладает новизной и высокой полезностью для практики ликвидации последствий непредвиденного или умышленного появления сильнейшего токсиканта в природных средах, преимущественно на и в почве. Выявленное, ранее неизвестное свойство штамма грибов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ весьма полезно для детоксикации белого фосфора в местах проживания людей, например фосфора и его соединений, попадающих в природную среду с промышленными отходами и стоками, для устранения последствий производственных аварий, применения фосфорных боеприпасов [7, 8, 9, 10, 11].

25 Использование штамма грибов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ расширяет перечень способов обезвреживания или уменьшения вредности химических отравляющих веществ, причем с использованием биотехнологии, с наименьшим ущербом природной среде обитания, ибо заявляемый штамм является естественным обитателем почвы.

30 Далее приведены примеры непредвиденного или умышленного загрязнения территорий (акваторий) белым фосфором, в которых потенциально может быть использован метод биодеградации токсиканта с применением штамма грибов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ.

35 Единственное предприятие по производству технического белого фосфора в РФ ОАО «Фосфор» (г. Тольятти) обанкротилось в 2002 г. Теперь территория предприятия, где на 180 га хранятся 6 тыс. тонн фосфорного шлама, является причиной частых возгораний, неблагоприятной экологической обстановки в городе и его окрестностях: требуются меры по ее очистке [7]. С января по август 2014 г. на территории ОАО «Фосфор» зафиксировано 16 случаев самовозгораний.

40 16 июля 2007 г. в 16 ч 55 мин на 12-м километре перегона Ожидов-Красное Львовской железной дороги произошла крупная авария товарного поезда. Эшелон в составе 58 вагонов следовал из Казахстана в Польшу транзитом через Россию и Украину. 15 цистерн товарного эшелона содержали белый фосфор. С рельсов сошли только цистерны с фосфором. В момент аварии нарушена герметизация шести цистерн, из которых вылился горящий жидкий фосфор [8].

45 Тяжелейшая экологическая ситуация сложилась на обанкротившемся химическом заводе «Фосфор» в г. Шымкенте (бывший Чимкент, Казахстан), территория которого окружена шламовыми озерами площадью в 30 га и содержащими более 500000 тонн фосфорного шлама. Кроме того, фосфор содержится и в донных отложениях реки Бадам, протекающей по территории предприятия. Здесь неоднократно происходили

несчастные случаи отравлений и ожогов, ведется нелегальная и без соблюдения элементарной техники безопасности работа по добыче белого фосфора из шлама [9].

Сильнейшие загрязнения происходят в окрестностях военных полигонов США, например Орлиная река на Аляске [10], где меры очистки не принимаются вообще.

5 Проводимые на полигоне исследования экологов показали, что белый фосфор легко накапливается в жировой ткани, богатых жиром органах и кожных покровах. Особенно страдают от загрязнения водоплавающие птицы - утки, гуси и лебеди, поскольку белый фосфор проникает в их организм из водной среды во время кормежки. Кроме того, водоплавающие птицы накапливают в организме много жира. В организм хищных
10 птиц белый фосфор также проникает с пищей и зачастую накапливается в летальных концентрациях.

Министерство обороны России официально заявило, что располагает достоверными данными, подтверждающими факты использования вооруженными силами Украины так называемых фосфорных бомб [11] против своих граждан, живущих на юго-востоке
15 страны. Авиаудары по Славянску, Лисичанску, Донецку украинская военная авиация проводила именно фосфоросодержащими снарядами. Зафиксированы время, даты и названия населенных пунктов каждого такого налета.

Приведенный пример применения предлагаемого изобретения показывает его полезность для природоохранной деятельности путем детоксикации и обезвреживания
20 белого фосфора и его соединений в окружающей среде. Применение заявляемого изобретения способствует улучшению среды обитания живых организмов.

Предлагаемое изобретение удовлетворяет критериям новизны, так как при определении уровня техники не обнаружено средства, которому присущи признаки, идентичные (то есть совпадающие по исполняемой ими функции и форме выполнения
25 этих признаков) всем признакам, перечисленным в формуле изобретения, включая характеристику назначения.

Способ детоксикации белого фосфора имеет изобретательский уровень, поскольку не выявлены технические решения, имеющие признаки, совпадающие с отличительными признаками данного изобретения, и не установлена известность влияния отличительных
30 признаков на указанный технический результат.

Заявленное техническое решение можно реализовать в промышленных масштабах посредством использования известных стандартных технических устройств и оборудования. Это соответствует критерию «промышленная применимость», предъявляемому к изобретениям.

35 Источники информации

1. Патент RU 2408724 / МПК C12N 11/02 (2006.01), A62D 3/02 (2007.01), A62D 101/26 (2007.01). Приоритет от 11.02.2009. Опубликовано 10.01.2011. Описание изобретения.

2. Патент РФ 2248937. МПК⁷ C01B 25/01. Приоритет от 25.02.2001. Опубликовано: 27.03.2005. Описание изобретения.

40 3. R.E. Edwards, J.M. Sullivan, O.E. Moore. Recovery of Phosphates from Elemental Phosphorus-Bearing Wastes. Emerging Technologies in Hazardous Waste Management V. 1995. Chapter 8. P. 88-100.

4. Миндубаев А.З., Алимова Ф.К., Ахоссийенагбе С.К., Болормаа Ч., Волошина А.Д., Кулик Н.В., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Яхваров Д.Г. Возможность анаэробной детоксикации белого фосфора. Бултеровские сообщения. 2013. Т. 33. №1. - С. 22-34.
45

5. Справка о депонировании микроорганизма *Trichoderma asperellum* F-1087 во Всероссийской Коллекции Промышленных Микроорганизмов (ВКПМ).

6. Патент US 5549878, заявлен: 24 мая 1995, выдан: 27 августа 1996.

7. Бабанов С.А., Воробьева Е.В., Васюков П.А., Гайлис П.В. Причины и закономерности профессиональной заболеваемости (по материалам Самарской области). Медицинский альманах. 2010. №1. С. 23-27.

8. Бадюгин И.С. Зажигательные и токсические свойства фосфора. Уроки Львовской аварии. Военно-медицинский журнал. 2009. Т. 330. №9. - С. 20-26.

9. Бахтигареев Р. Фосфор-мажорные обстоятельства. Шымкент. Народные новости. 24. 11. 2008 г <http://shymkent.su>.

10. С.Н. Racine, М.Е. Walsh, В.Д. Roebuck, О.М. Collins, D. Calkins, L. Reitsma, P. Buchli, G. Goldfarb. White Phosphorus Poisoning of Waterfowl in an Alaskan Salt Marsh. Journal of Wildlife Diseases. 1992. Vol. 28. No. 4. P. 669-673.

11. Филиппов И. У России есть доказательства применения Украиной фосфорных бомб. Материал с сайта Вести.ru. 25 072014. <http://www.vesti.ru/doc.html?id=1836349>

Формула изобретения

15 Способ детоксикации белого фосфора в загрязненной почве, отличающийся тем, что обезвреживание белого фосфора выполняют с применением штамма микроорганизма *Trichoderma asperellum* ВКПМ F-1087.

20

25

30

35

40

45

Способ детоксикации белого фосфора с применением штамма микроорганизмов *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ. Схема посева *Trichoderma asperellum* F-1087 ВКПМ на культуральные среды.

