

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТА БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ КАК НЕФТЕДЕСТРУКТОРА ПРИ БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Дёмин А.В.¹, Костин М.В.¹, Садчиков А.В.¹

¹ФБГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия (460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13), e-mail: post@mail.osu.ru

Рассмотрены вопросы удаления нефтяных загрязнений земель с помощью микробиологических методов очистки, а также процессы, происходящие при попадании углеводородов в почву и их дальнейшей деструкции. Предложена технология рекультивации нефтезагрязненных земель, в которой в качестве биопрепарата для очистки используется продукт переработки органических отходов (эффлюент), представляющий собой консорциум активных нефтеокисляющих микроорганизмов. В ходе исследовательской работы и пилотных испытаний была установлена и подтверждена способность продукта биогазовой установки выступать в роли биопрепарата для деструкции нефтезагрязнений. Выявлена зависимость расхода эффлюента от вида и концентрации различных углеводородных загрязнений в почве. Показаны преимущества продукта переработки органических отходов перед другими видами биопрепаратов, используемых при биоремедиации загрязненных нефтяными углеводородами земель.

Ключевые слова: биоремедиация, эффлюент, нефтедеструкция, консорциум, микроорганизмы.

PRODUCT USE BIOGAS PLANT AS OIL DESTRUCTORS IN BIOREMEDIATION OF CONTAMINATED LAND

Demin A.V.¹, Kostin M.V.¹, Sadchikov A.V.¹

¹Federal State Educational Government-financed Institution of Higher Professional Education "Orenburg State University", Orenburg, Russia (460018, Orenburg, ave. Victory, 13), e-mail: post@mail.osu.ru

The problems of oil pollution removal lands using microbiological methods for cleaning, as well as the processes occurring in contact with hydrocarbons in the soil and their subsequent destruction. The technology of land reclamation *neftezagryazennyh*, in which as a biological product used to clean the product of organic waste (effluent), which is a consortium of active oxidizing microorganisms. In the course of research and pilot testing has been established and confirmed the ability of the product biogas plant to act as a biological preparation for destruction of oil pollution. The dependence of the flow of the effluent from the type and concentration of various hydrocarbon contaminants in the soil. The advantages of organic waste product over other types of biological products used in bioremediation of petroleum hydrocarbons in the land.

Keywords: bioremediation, effluent, *neftedestruction*, consortium, microorganisms.

Нефтеокисляющие микроорганизмы в нефтяной микробиологии все чаще стали рассматриваться как основа микробиологического метода очистки окружающей среды. Микробиологическая деградация сырой нефти и нефтепродуктов приобрела сейчас большое значение в связи с проблемой очистки загрязненных участков морей и почв. Биodeградация нефти осуществляется большим числом микроорганизмов. В контролируемых условиях изучено влияние физических и химических факторов на разложение нефти популяцией микроорганизмов. Процесс ускоряется в присутствии кислорода, при повышении температуры до 25 °С и при добавлении источников азота и фосфора.

Во всем мире широко разрабатываются и производятся коммерческие биопрепараты для ликвидации углеводородных загрязнений, состоящие из активных штаммов-нефтедеструкторов и их консорциумов. Применение заполнивших российский рынок

зарубежных бакпрепаратов, разработанных для районов, по климатическим и экологическим условиям резко отличающихся от регионов России, оказывается малоэффективным. С учетом российских разработок спектр предлагаемых продуктов довольно широк. Несмотря на это, ведётся постоянный поиск новых микроорганизмов-нефтедеструкторов и их ассоциаций и изучение их свойств с целью повышения эффективности очистки нефтезагрязнённых территорий.

В процессе добычи нефти в первую очередь загрязняется близлежащий поверхностный грунт. Нарушается равновесие в экосистеме вследствие изменения состояния почвенного покрова и геохимических свойств. Свойства почвы как гетерогенной системы определяют характер фракционирования этого многокомпонентного загрязнителя: частичное расслоение по удельному весу, вязкости, активности взаимодействия с почвенной массой и т.д. Почвы при этом играют роль хроматографической колонки, способствующей расслоению нефтяного потока на различные компоненты, задерживающиеся в верхних почвенных горизонтах, а минерализованные воды, будучи более тяжелыми и менее вязкими, быстрее проникают в нижние горизонты. С течением времени дифференциация вещества углубляется. В частности, при движении нефтяных компонентов в почвенном профиле происходит сорбция асфальтово-смолистых компонентов нефти. В нижних горизонтах почвенного профиля уменьшается как количество, так и молекулярный вес нефтяных компонентов.

Процесс естественного самовосстановления загрязненной среды является очень длительным: при уровне загрязнения 5 г/кг почвы он длится от 2 до 30 лет и выше. Это приводит к отторжению земель из сельскохозяйственного использования, в связи с чем проблема рекультивации нефтезагрязненных почв становится весьма актуальна. Ликвидация последствий разливов нефти на почвы проводится часто таким способом, что происходит необратимое уничтожение плодородного слоя почвы, например при сжигании нефти, засыпке загрязненных участков грунтом, вывозе загрязненной почвы в отвалы. Такие способы «рекультивации» совершенно неприемлемы. Наиболее эффективной является совокупность механического и микробиологического методов очистки. Использование механических обработок в некоторой степени позволяет удалить плотную битумную пленку с поверхности и решить проблему аэрации грунта.

При этом особую сложность представляет проведение рекультивационных мероприятий по удалению остаточных количеств нефтепродуктов после проведения мероприятий по механической очистке территорий, а также крупных разливов нефти на заболоченных территориях. Известную трудность составляет рекультивация земель, загрязненных тяжелыми фракциями углеводородного сырья.

Успешная, экологически безопасная рекультивация таких загрязнений возможна только при применении микробиологического метода с использованием активных культур нефтеокисляющих микроорганизмов. Однако активная жизнедеятельность этих микроорганизмов возможна лишь в условиях созданной им оптимальной экологической ниши. Это предполагает разработку технологий применения бактериальных препаратов нефтеокисляющих микроорганизмов для каждой почвенно-климатической зоны с целью адаптации микроорганизмов к условиям среды обитания.

Основа биопрепарата для биоремедиации почвенных и водных экосистем, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, состоит из штаммов-деструкторов родов *Rhodococcus*, *Pseudomonas* и *Acinetobacter*. При этом необязательно, чтобы консорциум состоял только из нефтедеструкторов. Возможно, наиболее эффективным будет взаимодействие нескольких активных нефтедеструкторов, ориентированных на разные фракции нефти, и нескольких гетеротрофных микроорганизмов, не обладающих углеводородокисляющей способностью, но способных ассимилировать продукты промежуточного окисления углеводов, часто токсичных для углеводородокисляющих организмов. Большое значение в процессе разложения нефти и нефтепродуктов в почве в естественных условиях имеет функциональная активность комплекса почвенных микроорганизмов, обеспечивающих полную минерализацию нефти и нефтепродуктов до CO₂ и воды. Но такое естественное очищение является длительным процессом, зависящим от природных условий. Максимальная скорость биодegradации нефтяного загрязнения достигается сочетанием двух способов очистки: повышением метаболической активности естественной микрофлоры почв путем изменения соответствующих физико-химических условий среды и внесением специально выделенных активных нефтеокисляющих микроорганизмов в загрязненную почву.

Процессы разложения углеводов происходят главным образом в аэробной среде. Оптимальная влажность процессов биодеструкции углеводов в почве составляет 91%, и, как правило, для стимулирования естественных процессов самоочистки требуется регулярный полив. Кислотность почвы играет также важную роль: в природных условиях микроорганизмы-биодеструкторы активны в узкой области pH (нейтральные, или близкие к нейтральным значения). Для стимуляции деятельности микроорганизмов необходимо проводить химическую мелиорацию с внесением минеральных солей. Для ускорения очистки иногда добавляют навоз и опилки в количестве 25% от массы нефтесодержащих осадков.

В зависимости от предварительно проводимой оценки загрязненного УВ нефти участка принимается решение о проведении работ по биологической утилизации отходов прямо на

месте или же применении технологий, предполагающих съём загрязненного грунта и вывоз его на специальный полигон для дальнейшей очистки.

Из всего комплекса задач по реабилитации нефтезагрязненных территорий наиболее сложная - переработка шламов, образующихся при механическом удалении грунта после крупных аварийных разливов. Конечными результатами утилизации таких шламов должны стать возврат нефти в товарооборот, получение вторичного сырья (битумов, асфальтов, парафинов), очистка грунтов и рекультивация.

Применение продукта переработки органических отходов (эффлюента) как биопрепарата для деструкции нефтезагрязнений на основе консорциума активных нефтеокисляющих микроорганизмов позволяет обеспечить биологическую очистку почв и нейтрализовать экотоксическое действие промежуточных продуктов разложения углеводородов (УВ) на окружающую среду.

Цель дальнейших исследований – определить микробиологическую активность в почвах, загрязненных различными нефтепродуктами, при их обработке продуктом переработки органических отходов (эффлюентом).

Для реализации поставленной цели будут решаться следующие задачи.

1. Изучить микробиологические и биохимические процессы в почве при загрязнении ее нефтью в условиях микрополевого опыта по разработке системы биорекультивации.
2. Исследовать динамику уменьшения содержания остаточной нефти в почве в результате применения эффлюента.
3. Изучить микробиологические и ферментативные процессы рекультивации почв при использовании эффлюента.
4. Разработать оптимальный состав компонентов биотехнологии, обеспечивающих максимальную активность микробоценоза в разрушении углеводородного сырья, и оценить их биотестированием.

Наибольшую активность биопрепарат проявляет при концентрации нефти от 0,05 до 10,0%. При степени загрязнения выше 5% рекомендуется повторное внесение биогенных элементов для стимуляции процесса деструкции нефти. Следует помнить, что при свежем загрязнении углеводородов 20% и выше, возможно, будет рентабелен процесс переработки отходов с выделением товарных компонентов нефти при помощи специализированного оборудования и с последующей биоремедиацией получившейся твердой фазы.

В течение 12-24 часов при наличии благоприятных условий углеводородокисляющие микроорганизмы (УОМ) активизируются, начинается необратимый процесс разложения нефтяных УВ, завершающийся метаболизацией до 90% массы входящих в состав углеводородного загрязнителя (общие нефтепродукты) фракций до экологически

нетоксичных продуктов метаболизма. Конечные продукты метаболизма нефти в почве следующие: углекислота (связывается в составе карбонатов) и вода; кислородосодержащие соединения (спирты, кислоты, альдегиды, кетоны), которые частично входят в почвенный гумус, частично растворяются в воде и удаляются из почвенного профиля; твердые нерастворимые продукты метаболизма — результат дальнейшего уплотнения высокомолекулярных продуктов или связывания их в органо-минеральные комплексы; твердые корочки высокоминеральных компонентов нефти на поверхности почвы (киры).

Эффективность процесса очистки почв от нефтяного загрязнения оценивается по динамике численности микроорганизмов, анализу остаточных углеводородов и результатам фитотестирования. Дыхательную активность исследуемых субстратов определяют по интенсивности выделения CO_2 . Продукты жизнедеятельности бактерий и сами отмирающие бактерии легко усваиваются местной сапрофитной микрофлорой, давая основу для формирования гумуса.

Эффлюент представляет собой высококачественное органическое удобрение, в результате чего отпадает необходимость дополнительно вносить питательные вещества. За счет использования жидкой фракции продукта переработки отсутствует необходимость регулярно перепахивать и переворачивать очищаемый почвенный слой для поддержания жизнедеятельности внесенного биодеструктора. Таким образом, значительно упрощается процедура очистки почвы и шламов, и соответственно сокращаются трудозатраты.

В то же время существует возможность за счет использования эффлюента снизить класс опасности нефтезагрязненных земель на специальных полигонах до практически безопасных отходов.

Эффективность использования эффлюента как нефтедеструктора продиктована тем, что продукт получается на территории Оренбургской области и оптимально подходит для решения экологических проблем в этом регионе. Адаптация будет происходить в кратчайшие сроки, что сократит время восстановления загрязненных земель. Процесс очистки загрязненных почв с помощью биопрепарата можно условно разделить на три основных этапа: подготовительный, основной, заключительный. Подготовительный этап в случае проведения биообработки непосредственно на месте аварии заключается в определении загрязненных площадей и глубины проникновения нефти или нефтепродуктов в почвах и грунтах. В случае очистки на полигоне определяется объем замазученного материала, подлежащего переработке. Также на этом этапе необходимо аналитическим путем определить концентрацию нефтепродуктов, содержащихся в почве или грунте. Следует подобрать необходимые сельскохозяйственные механизмы для работ на участках и картах полигонов.

Основной этап по обработке замазученных почв и грунтов начинается с рыхления загрязненных площадей или пластов замазученного грунта на спецполигоне. Затем проводятся повторные определения исходных концентраций нефтепродуктов, содержащихся в почве. После того расчетным путем, используя экспериментальные данные, определяются дозы активного ила (эффлюента), биогенных веществ (удобрения) и адсорбента. После определения доз необходимых составляющих они вносятся на загрязненные площади или в грунты. Затем проводится повторное рыхление для тщательного перемешивания загрязненных почв с вносимыми ингредиентами. На этом этапе поддерживается необходимая влажность путем полива грунта.

После проведения всех мероприятий на участках переработки загрязненных грунтов ориентировочно определяется время, которое необходимо для биодеструкции нефтепродуктов на опытных участках, учитывая, что процесс разложения нефтепродуктов протекает эффективно только в теплое время года.

В процессе биообработки загрязненных грунтов в течение всего периода восстановления проводится аналитический контроль концентрации нефтепродуктов, влажности материала и содержание в нем азота и фосфора. Кроме того, проводится микробиологический контроль восстанавливаемых почв. Если по каким-то обстоятельствам произошла гибель большей части микробного биоценоза, вносятся дополнительные количества активного ила.

На заключительном этапе проводится анализ результатов работ, проделанных по рекультивации почв или грунтов. В анализ входит определение конечных концентраций нефтепродуктов и расчет скоростей их разложения. Концентрация нефтепродуктов в восстановленных почвах или грунтах должна быть близка к фоновым концентрациям нефтепродуктов. Составляется прогноз дальнейшего использования обработанных почв для засева сельскохозяйственными культурами.

Таким образом, продукт переработки органических отходов, имея, наряду с высокой технологичностью применения, такие достоинства, как дешевизна получаемого эффлюента и его экологичность, является перспективным средством для очистки нефтезагрязненных земель.

Список литературы

1. РД 39-0147098-015-90. Инструкция по контролю за состоянием почв на объектах предприятий Миннефтепрома.

2. ВРД 39-1.13-056-2002. Технология очистки различных сред и поверхностей, загрязненных углеводородами.
3. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Экология почв : учебное пособие для студентов вузов. Часть 3. Загрязнение почв. – Ростов н/Д : УПЛ РГУ, 2004. – 28 с.
4. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах (утв. Минтопэнерго РФ 1 ноября 1995 г.)
5. Ветрова А.А. Биодegradация углеводородов нефти плазмидосодержащими микроорганизмами – деструкторами : автореф. ... канд. биол. наук. – М., 2010. – 26 с.

Рецензенты:

Дерябин Д.Г., д.м.н., профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО «ОГУ», г. Оренбург.

Герасименко В.В., д.б.н., профессор кафедры химии, заведующий отделением химической технологии переработки нефти и газа и экологии, филиал Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина в г. Оренбурге, г. Оренбург.