

УДК 665.662.2

Эксплуатационные свойства полимерных сорбентов

**В.М. Мелкозеров, С.И. Васильев,
А.Я. Вельп, Р.Н. Крылышкин, Д.И. Марьянчик**
*Сибирский федеральный университет,
Россия 660041, Красноярск, пр. Свободный, 82¹*

Received 5.08.2011, received in revised form 12.08.2011, accepted 19.08.2011

Рассматриваются сравнительные характеристики сорбирующих свойств полимерных сорбентов для очистки сельскохозяйственных земель, под водой и на поверхности воды при утечке нефтепродуктов и нефти. Показано, что сорбент Unipolymer-M (униполимер – М) оказывает значительное положительное влияние на рост микроорганизмов, участвующих в очистке загрязненных нефтью почв при условии стимуляции этих микробов с добавлением биоактивных элементов, чтобы сбалансировать их рацион питания.

Ключевые слова: нефтеемкость, полимерный сорбент, микробиологический анализ, поверхностно-активные вещества, кратность вспенивания, условно-пикнометрическая плотность, порозность, нефтеокисляющие микроорганизмы, сорбат, биоремедиация нарушенных земель, подземные воды, грунт.

Введение

Для очистки почв, водоемов, сточных и технологических вод, загрязненных нефтью, нефтепродуктами и другими органическими жидкостями, широко применяют адсорбенты на основе природных и синтетических материалов. Например, используются опилки, солома, торф, вспученный перлит и вермикулит, тонковолокнистые материалы из лавсана, акрилонитрила и полипропилена (Безопасность труда..., 2008; Охрана..., 2007), с емкостью от 4 до 30 весовых частей на одну весовую часть поглотителя. Особенностью волокнистых материалов является многократное использование после извлечения поглощённых загрязняющих веществ в каландрах, центрифугах или других устройствах. Сравнительный анализ целой серии сорбентов из природных и синтетических материалов представлен в работе (Ro et al., 1998). Сегодня трудно сказать, какой из природных сорбирующих материалов пользуется широким промышленным спросом. Однако известны также синтетические материалы, обладающие высокой сорбционной способностью и высоким водопоглощением. Они имеют воспроизводимые и определенные характеристики, постоянный состав, технологичны, дешевы и могут быть получены непосредственно на месте применения. К числу таких относятся различные полимерные материалы. Их физические

* Corresponding author E-mail address: s-vasilev1@yandex.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

свойства обеспечивают им определенные преимущества перед сорбирующими материалами природного происхождения.

Для сбора и ликвидации проливов летучих, пожароопасных и токсичных органических жидкостей применим полимерный сорбент (Безопасность труда..., 2008) из модифицированной водорастворимой смолы. Благодаря технике вспенивания и отверждения, сорбент имеет высокую пористость (84÷93 %), причём до 90 % пор являются сквозными или открытыми. Получаемая пена гидрофобна и не поддерживает горение. В товарном виде она представляет собой сухой порошок, состоящий из гранул неправильной формы с размерами до 10÷20 мм, или блоки толщиной от 50 до 150 мм. Кажущаяся плотность полимера 0,0070÷014 г/см³ при истинной плотности компактного полимера 1 г/см³.

Экспериментальная часть

Свойства сорбента зависят от состава многокомпонентной композиции, которую создают при его получении. В частности, на кратность вспенивания существенное влияние оказывают поверхностно-активные вещества (ПАВ) и технология вспенивания (ультразвуковая, воздушно-механическая, ротационно-гидродинамическая РГД). С увеличением содержания ПАВ более чем 50,0 масс.ч кратность вспенивания растет (рис. 1).

При увеличении концентрации синтетической полимерной смолы (СПС) от 5,5 до 9,0 мас. ч. кратность вспенивания уменьшается до 3,8 %. А в области до 5,5 масс.ч кратность вспенивания увеличивается (рис. 2). ПАВ и СПС оказывают также значительное влияние на нефтеёмкость получаемого сорбента. Нефтеёмкость сорбента с увеличением доли ПАВ имеет параболический характер изменения, а увеличение содержания СПС приводит к нелинейному многократному возрастанию нефтеёмкости (рис. 3). Добавление ПАВ от 31,0 до 41,5 масс.ч увеличивает, а при дальнейшем увеличении до 51 масс.ч уменьшает нефтеёмкость (рис. 4).

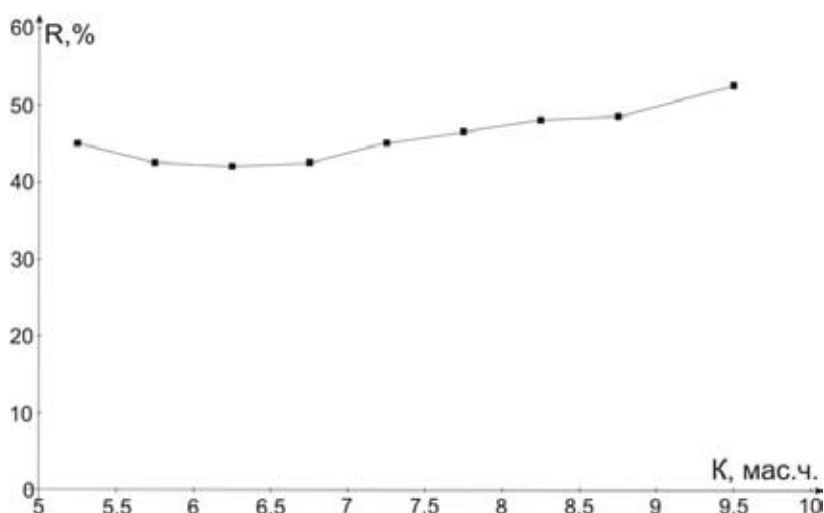


Рис. 1. Влияние содержания поверхностно-активных веществ на кратность вспенивания композиций для получения сорбента

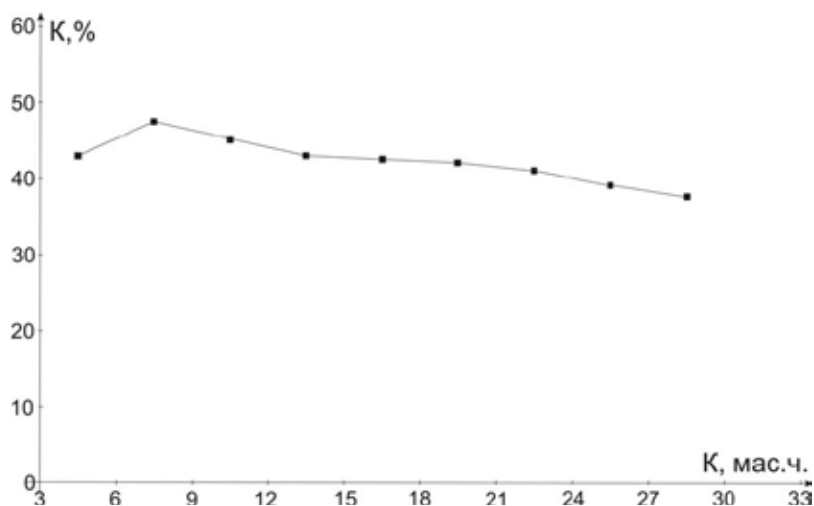


Рис. 2. Влияние содержания водорастворимой полимерной смолы на кратность вспенивания композиций для получения сорбента

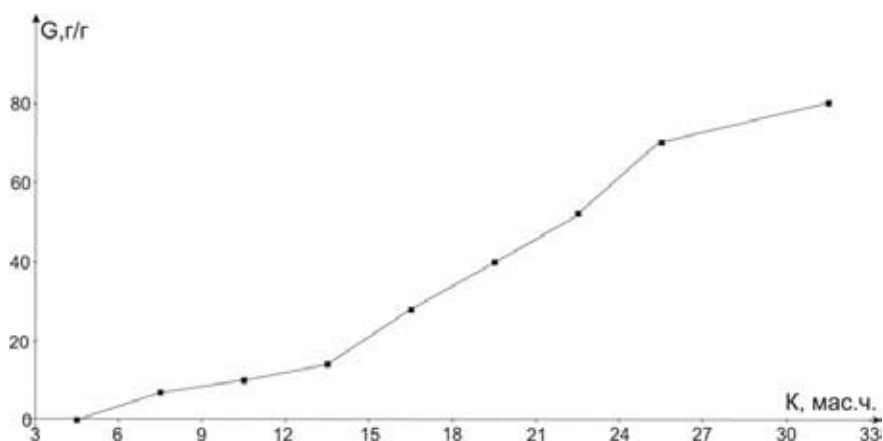


Рис. 3. Влияние содержания синтезированной водорастворимой полимерной смолы на нефтеемкость сорбента

Таким образом, установлено влияние содержания (K) поверхностно-активных веществ и синтезированной водорастворимой смолы для получения полимерного сорбента наибольшей кратности вспенивания (w) и нефтеемкости (G) при наименьших экономических затратах.

Непрерывно регистрируемое изменение количества сорбируемой жидкости дает возможность вычислить параметры капиллярной пропитки и рассчитать условно-пикнометрическую плотность, порозность «П», сорбционную ёмкость, выраженную соотношением $m_{ж}/m_c$. Условно-пикнометрическая плотность вычисляется для каждой конкретной жидкости, так как является характеристикой её сорбирования, учитывает объём замкнутых, тупиковых (невпитывающих) пор и даёт возможность рассчитать значение порозности, характеризующее % пористого пространства сорбента.

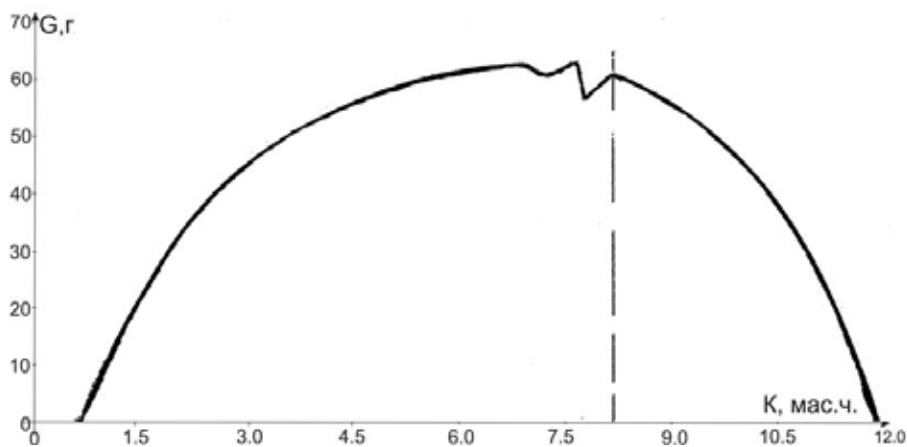


Рис. 4. Влияние содержания поверхностно-активных веществ на нефтеёмкость сорбента

Исследования сорбционных свойств разных модификаций полимерных сорбентов серии «Униполимер-М» проводились на нефти и нефтепродуктах: дизельное топливо (летнее), бензин АИ-92, бензин А-76 и сырая нефть Сургутского месторождения (плотность d_4^{20} $0,871 \div 0,873$ кг/см³; содержание солей 15,2 мг/л, воды 0,09 мг/л и серы, масс. % – 1,5).

Исследованы два типа образцов плотностью в диапазоне $0,0067 \div 0,0140$ г/см³, порозностью 83,9 % и пикнометрической плотностью в пределах $0,06$ см³. Следует отметить, что пикнометрическая плотность и порозность образцов, исследованных для широкого спектра нефтепродуктов, близки по значениям, что свидетельствует о наличии в этих образцах открытых пор, проницаемых для всех видов нефтепродуктов и обеспечивающих значительную скорость сорбции.

Механические и физико-химические методы удаления загрязняющих окружающую среду нефти и нефтепродуктов не обеспечивают требуемую степень очистки (Охрана..., 2007), эта задача решается с помощью биотехнологических методов обработки загрязненных сред, которые получили название биоремедиации и фиторемедиации. Реализуются они с помощью микроорганизмов и растений. Практически все известные в настоящее время технологии биологической очистки нефтезагрязненных почв, грунтов и водоемов направлены на интенсификацию разложения загрязняющих соединений микроорганизмами. Достигается это путем внесения в почву и другие объекты коммерческих микробных препаратов (штаммов и ассоциаций активных углеводородокисляющих микроорганизмов) или посредством использования различных приемов стимулирования аборигенных углеводородокисляющих микроорганизмов (Там же). Чаще положительный результат дает второй подход. В обзорной работе (Margesin, 1999) отмечается, что на бедных азотом и фосфором почвах на микробные препараты приходится всего 5-7 % успеха, а на богатых положительный эффект вовсе не наблюдается. Подобные выводы делают и другие авторы (Седых, 2005).

Проведенные многолетние научно-исследовательские работы показали, что пролитые на землю нефть и нефтепродукты не только нарушают экологическое состояние почвенного по-

кровя, но и очень деформируют структуру биоценозов. Следовательно, внесение известных нефтеокисляющих микроорганизмов коммерческих биокультур («Дестройл», «Путидойл», «Деворойл» и т.д.) в почву не оправдано не только с экономической, но и с экологической точки зрения. Если учесть, что максимальный титр живых клеток углеводородокисляющих товарных микроорганизмов (УОМ) в любом жидком или твердом носителе-биопрепарате не превышает $10^8 - 10^{11}$ клеток на 1 мл (г), внесение его в дозе 100 -200 кг на 1 га почвы при обработке ее на глубину 10 – 25 см обеспечивает плотность микробной культуры не более $10^2 - 10^3$ клеток на 1 г почвы. Это примерно в 10000 раз меньше, чем плотность аборигенной нефтеусваивающей микрофлоры почвы. Чрезвычайно низкий титр интродуцированной микробной культуры приводит к быстрой ее элиминации из состава микробного ценоза почвы по причине конкуренции с доминирующими аборигенными видами гетеротрофными микробами (психрофилы, мезофилы, аэробы, анаэробы и т.д.). В зависимости от ландшафтных характеристик места загрязнения и от природно-климатических условий, давности сроков, степени загрязнения объектов (пахотные, засушливые поля, торфяники, луга, лесные угодья, болота и т.д.) сорбционно-агрехимическая обработка загрязненной нефтью почвы очень влияет на динамику численности аборигенной микрофлоры.

Анализ многолетних проведенных исследований и апробирование технологии биоремедиации позволил разработать способ и внедрить в производство новую технологию биорекультивации с применением состава композиционного многофункционального препарата «Меном», выполняющего роль одновременно сорбента, мелиоранта-аэранта, структуропочвообразователя и агрохимиката – медленно действующего азотного удобрения.

Имея развитую пористую структуру, многофункциональный препарат «Меном» легко внедряется в толщину нефтяного слоя и мгновенно начинает сорбировать нефть с загрязнённого участка, приобретая черный цвет. При этом тёмный цвет препарата, пропитанного нефтью, обеспечивает повышение поглотительной способности, так как повышается поглощение солнечной радиации, т.е. происходит нагревание препарата в процессе его эксплуатации.

Инфракрасные лучи занимают промежуточное положение между радиоволнами и световым излучением. Длина их волны колеблется от 0,76 до 400 мкм. Они обладают свойством проникать на некоторую глубину материала. В результате сорбирования нефти альbedo α_λ сорбата понижается с $\alpha_\lambda = 0,9$ (у сорбента белого цвета) до $\alpha_\lambda = 0,02$ (альbedo нефти). Следовательно, материал, имеющий альbedo (~ 0,02), нагревается, поглощая прямую и рассеянную радиацию, при этом тепло переходит от верхних слоёв к нижним слоям материала, создавая парниковый эффект.

Например, в сорбенте-мелиоранте «Меном» чёрного цвета лучи проникают на глубину до 20 – 25 мм в зависимости от плотности и влажности. В результате этого создаётся аномальное распределение температуры: на некоторой глубине сорбента-мелиоранта температура оказывается выше, чем на поверхности, создавая парниковый эффект. Вследствие этого при отрицательных температурах нефтеёмкость сорбента-мелиоранта уменьшается лишь на незначительную величину, так как парниковый эффект не позволяет очень снизить олеофильность препарата и образование льда в его капиллярах при отрицательных температурах.

Количество энергии, излучаемой единицей поверхности нагретого тела в секунду, определяется по формуле

$$q = 5,67 \cdot 10^{-8} (T_1^4 - T_2^4) \cdot a_\lambda,$$

где $5,67 \cdot 10^{-8}$ – коэффициент лучеиспускания абсолютно чёрного тела, $(\text{Вт}/\text{см}^2) \cdot \text{К}^{-4}$;

a_λ – коэффициент, характеризующий поглощательную способность тела, равен (0,02... 0,99), наименьшее его значение относится к саже, нефти;

T_1 – абсолютная температура нагретого тела;

T_2 – абсолютная температура окружающей среды.

Поскольку глубина проникновения инфракрасных лучей в чёрном материале достаточно велика, где мощность лучистого теплообмена определяется с учётом расчётной поверхности и коэффициента облучения $\psi = 1$, то создаваемый мощный парниковый эффект позволяет успешно использовать полученный многофункциональный препарат «Меном» при отрицательных температурах, не снижая при этом степень биохимического окисления нефтепродуктов (СБОН).

Высокая эффективность разрушения сорбата объясняется тем, что помимо созданного искусственного парникового эффекта многофункциональный препарат обладает 87 % открытых пор, что в свою очередь является хорошим кондиционером для микроорганизмов. Тепловой, воздушный факторы одни из основных для обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов.

Наличие в сорбенте-мелиоранте (агрохимикате) «Меном» питательных веществ, состоящих из мочевины, солей и микроэлементов: фосфора 0,35 – 0,40 %, калия 0,0015 – 0,0020 %, магния 0,0035 – 0,0045 %, азота связанного 30,0 – 32,0 %, азота свободного 0,20 – 0,30 % и их производных, позволяет местным почвенным аборигенным микроорганизмам мгновенно внедряться и мобилизоваться в многофункциональном олеофильном препарате, при этом производить большой рост нефтеокисляющих микроорганизмов, титр которых достигает $n 10^8 - 10^{11}$ клеток/г и более, разлагающих одновременно нефть, нефтепродукты и полимерный носитель (сорбент-мелиорант) на безвредные составляющие (воду, двуокись углерода и гумус), и тем самым осуществлять биологическую утилизацию отработанного сорбата, т.е. его биоразложение.

Благодаря своей высокопористой, мезапористой структуре (количество открытых пор достигает 87 %) большой площадью активной поверхности внесенный препарат в почву позволяет обеспечить одновременно высокую сорбцию нефти ($47-73 \text{ Г}_{\text{неф}}/\text{Г}_{\text{сорб}}$) и адгезию клеток колонии нефтеусваивающих аборигенных микроорганизмов из почвы с диффузией кислорода в почвенные агрегаты с одновременным гидротермостатированием баланса почв. При этом происходит разрыв поверхностных пор, насыщенных нефтью, что наращивает и стимулирует «взрывной» рост аборигенных бактерий, включая психротелерантные микробы, имеющихся в почве, которые в дальнейшем разлагают нефть на углекислый газ и воду. Такое совмещение в одном объеме углеводородного субстрата и агентов его трансформации при наличии достаточного количества азотного удобрения, фосфора и других необходимых микроэлементов, способствующих формированию в загрязненном грунте центров активной деструкции и элементов гидропоники. При этом происходит ускоренный процесс биоремедиации нарушенных земель с восстановлением плодородия почв, одновременным накоплением гумуса, улучшением фитосанитарного состояния и предотвращение эрозионных процессов. Технология биоремедиации нарушенных земель основана на внесении в почву данного препарата

и позволяет без внесения товарных известных штаммов-микроорганизмов активизировать природные нефтеокисляющие сообщества аборигенных почвенных микроорганизмов. Это способствует интенсификации процессов самоочищения почвы и мобилизации всех природных резервов экосистемы с одновременным обогащением всем необходимым для почвенных микроорганизмов комплексом микроэлементов биогенов (углерод, азот, фосфор, калий, магний). Данный препарат «Меном» совместим с рядом других биологических препаратов и является биоразлагаемым.

В случае загрязнения среды нефтью нужно учитывать, что естественная микрофлора с высокой вероятностью содержит микроорганизмы, которые окисляют загрязняющие вещества природного происхождения, например углеводороды нефти. В первую очередь это относится к территориям с многолетней историей загрязнения. Отличительная характеристика аборигенных микроорганизмов состоит в том, что они адаптированы к условиям среды и, следовательно, имеют преимущества перед внедряемыми новыми видами. Кроме того, нужно учитывать, что для стимулирования роста микроорганизмов, вносимых с препаратами, применяют те же методы, которые необходимы и в случае использования микробных препаратов.

Эффективность мероприятий по стимулированию роста аборигенных углеводородокисляющих микроорганизмов подтверждают также наши данные, полученные при проведении исследований на участках аварийного разлива нефти и загрязнения грунтов нефтепродуктами (Трусей и др., 2009; Ladygina et al., 2008).

На загрязненные нефтью опытные и контрольный участки (всего 5) почвы вносили определенный набор минеральных источников азота, фосфора и калия для балансирования питания микроорганизмов. На опытных участках внесли сорбент марки Униполимер-М (Безопасность труда..., 2008; Кульман, 1982; Helm, 1990; Ro, et al., 1998) и микроорганизмы-деструкторы, выращенные в автономной установке. Обработку загрязненных участков провели через год после аварийного разлива нефти и удаления свободной нефти механическими методами.

Обработка почвы оказала существенное влияние на рост углеводородокисляющих микроорганизмов. Например, на опытных площадках с 31 мая по 23 июля средняя численность мезофильных микроорганизмов-деструкторов увеличилась с $2,8 \times 10^5$ до $1,95 \times 10^8$ КОЕ/г. При этом их доля от общего числа гетеротрофных микроорганизмов достигла 28,5 % при начальном значении 0,8 % (Ladygina et al., 2008).

Численность микроорганизмов определяли общепринятыми методами по численности колоний образующих единиц (КОЕ). Обработку данных проводили с использованием статистики Пуассона, стандартных статистических методов для нормального распределения и непараметрического критерия Вилкоксона (Шараф и др., 1989).

Внесение в почву сорбента способствовало быстрому и значительному увеличению численности мезофильных микроорганизмов, как гетеротрофных, так и углеводородокисляющих (рис. 5), в течение теплого периода года (уровень доверительной вероятности 90 %). На участке, который не подвергался обработке, численность микроорганизмов достигла такого же порядка только в конце теплого периода года.

Но после продолжительного зимнего периода, когда температура почвы была ниже 0 °С, в начале следующего летнего периода она оказалась на 3-4 порядка ниже, чем на участках обработанных сорбентом (Ladygina et al., 2008).

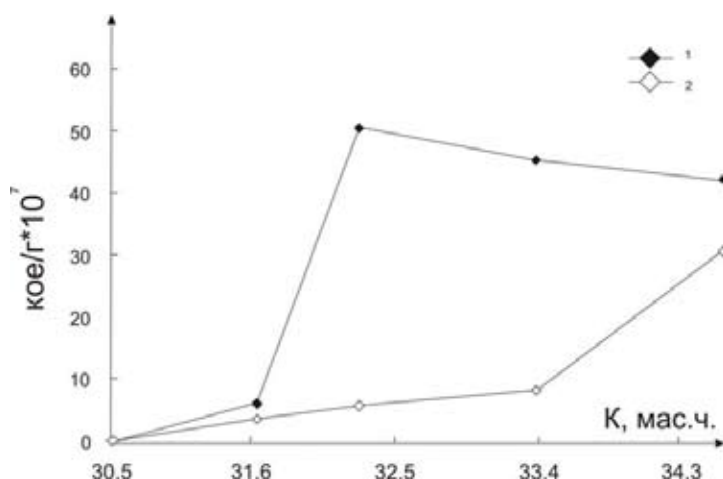


Рис. 5. Влияние сорбента Униполимер-М на динамику численности мезофильных углеводородокисляющих микроорганизмов в нефтезагрязненной почве: 1 – средняя численность на опытных площадках, обработанных сорбентом; 2 – численность на контрольной площадке без сорбента

Положительный, но существенно меньший эффект получен за счет внесения дополнительно микроорганизмов-деструкторов загрязняющих веществ. Это отражает и уровень достоверной вероятности – 70 %.

Концентрация нефти на опытных площадках варьировала в диапазоне от 96,7 до 167,2 г/кг почвы в течение всего эксперимента. Это связано с тем, что площадки №№ 1÷5 расположены в нижней части (по высоте) загрязненной территории. Поэтому развитие микрофлоры происходило в условиях продолжающегося поступления нефти и сохранения большой концентрации ее на протяжении длительного периода времени, что часто имеет место. В этой ситуации концентрация нефти не может служить показателем идущих в почве процессов восстановления, поэтому более информативным является рост численности микроорганизмов.

Результаты и обсуждение

Микробиологический анализ состава микрофлоры подземных вод (глубина залегания 4-10 м), загрязненных нефтепродуктами, показал, что в составе естественной микрофлоры численность углеводородокисляющих микроорганизмов была $n \times 10^4 \div 10^5$ КОЕ/мл. Данные получены на четырех объектах, расположенных на территории Красноярского края и Хакасии, при глубине залегания подземных вод 4÷10м. Доля углеводородокисляющих микроорганизмов была высокой и достигала 95 % и существенно превышала их долю, характерную для ненарушенных грунтов (Шкидченко, Аринбасаров, 2002). Для подземных вод и грунтов характерным было увеличение доли психрофильных и психротрофных микроорганизмов. Однако общая численность микроорганизмов в подземных водах была низкой, и, соответственно, естественные процессы разложения загрязняющих среду нефтепродуктов были заторможены. Это вызвано неблагоприятными условиями для развития микроорганизмов. В первую очередь к ним относится низкая температура $7 \div 10$ °С, ограниченная доступность кислорода и минеральных элементов питания.

В связи с этим на опытном участке были проведены испытания определенной схемы стимулирования аборигенных микроорганизмов подземных вод и грунтов. На участке внесения в подземные воды минеральных добавок (азота, фосфора и калия), балансирующих питание микроорганизмов, наблюдалось увеличение численности микроорганизмов, как общей, так и углеводородокисляющих, а также снижение загрязнения их нефтепродуктами.

Измерения содержания в подземных водах микроорганизмов и нефтепродуктов проводили через 1 и 5 месяцев после введения стимулирующих добавок. Это говорит об их достаточно большом последствии. Численность микроорганизмов в подземной воде значительно выросла и составляла $3,8 \cdot 10^7$ КОЕ/мл. Одновременно наблюдалось появление простейших, причем их численность достигла в отдельных скважинах 10^4 для жгутиковых и 10^3 для ресничных. Это свидетельствует о снижении концентрации контаминанта и начале восстановления сообщества организмов.

Результаты исследования свидетельствуют об эффективности синтетических сорбентов, полученных на основе поропластов, аминопластов, олигомеров, а также о стимулировании роста и активности естественной микрофлоры грунтов в процессе очистки достаточно простыми и доступными методами агрохимии с применением композиционно-сорбирующего агрохимиката милиоранта-аэранта Меном.

Выводы

1. Критическим содержанием поверхностно-активных веществ и синтезированной водорастворимой смолы, обеспечивающим глобальный максимум значений кратности вспенивания и нефтеемкости полимерного сорбента, является величина 41,5 масс. часть и существенно зависит от технологии и способа вспенивания.
2. Внесение в почву полимерного сорбента способствует значительному увеличению в нефтезагрязненном грунте численности мезофильных гетеротрофных и углеводородокисляющих микроорганизмов.

Список литературы

- Безопасность труда в нефтегазовом комплексе: Справ. пособие/ Сост.: С. П. Аржанов, С. И. Васильев, Л. Н. Горбунова Красноярск: ИПК СФУ, 2008. 519 с.
- Гриценко А.И., Акопов Г.С., Максимов В.М. Экология, нефть и газ. М.: Наука, 1997. 598 с.
- Баронин И.Е., Кислов А.И., Мелкозеров В.М. Ликвидация нефтезагрязнений с использованием сорбентов // Трубопроводный транспорт нефти. 2002. №9. С. 20-23.
- Белоусова Н.И., Барышникова Л.М., Шкидченко А.Н. Отбор микроорганизмов, способных к деструкции нефти и нефтепродуктов при пониженных температурах // Прикладная биохимия и микробиология. 2002. Т. 38, №5. С. 513-517.
- Коронелли Т.В. Принципы и методы интенсификации биологического разрушения углеводородов в окружающей среде // Прикладная биохимия и микробиология. 1996. Т.32 № 6. С. 579-585.
- Кульман А. Искусственные структурообразователи почвы. М.: Колос, 1982. 157 с.

Охрана окружающей среды и рациональное природопользование: справочник / Авт.-сост.: М. Г. Мелкозеров, С. И. Васильев, В. М. Батутина и др.; ред. В. М. Мелкозеров. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т; Политехнический ин-т, 2007. 198 с.

Седых В.Н. Парадоксы в решении экологических проблем Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 2005. 160 с.

Трусей И.В., Озерский А.Ю., Ладыгина В.П., Гуревич Ю.Л. Распределение микроорганизмов в загрязненном нефтепродуктами грунте зон аэрации и насыщения // Сибирский экологический журнал. 2009. Т.16, вып. 1. С. 29-35.

Шараф М.А., Иллман Д.Л., Ковальски Б.Р. Хемометрика. Л.: Химия, 1989.

Шкидченко А.Н., Аринбасаров М.У. Изучение нефтеструктивной активности микрофлоры прибрежной зоны Каспийского моря // Прикладная биохимия и микробиология. 2002. Т. 38, №5. С. 509-512.

Чугунов В.А., Ермоленко З.М., Жиглецова С.К. и др. Создание и применение жидкого препарата на основе ассоциации нефтеокисляющих бактерий // Прикладная биохимия и микробиология. 2000. Т. 36, №6. С. 666-671.

Alexander A., Helm H.-U. Ureaform as a slow release fertilizer: a review // Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 1990. 153. P. 249-255.

Atlas R. Petroleum biodegradation and oil spill bioremediation // Marine Pollution Bulletin. 1995. 31. 178-182.

Cunningham C.J., Philp J.C. // Land Contamination and Remediation. 2000. V. 8. N 4. P. 261-269.

Ladygina V.P., Trucey I.V., Gurevich Y.L. Bioremediation of the fuel oil contaminated subsurface // The 2nd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE 2008), May 16-18, 2008 Shanghai, China. Vol V: Environmental Pollution and Public Health (2). <http://www.icbbe.org>.

Margesin R., Schinner F. Biological decontamination of oil spills in cold environments // J. Chem. Technol. Biotechnol. 1999. V. 74. P. 381-389.

Margesin R & Schinner F (2001) Bioremediation (natural attenuation and biostimulation) of diesel-oil-contaminated soil in an alpine glacier skiing area // Appl Microbiol Biotechnol. 2001. V. 67. P. 3127-3133.

Johnson C.R., Scow K.M. Effect of nitrogen and phosphorus addition on phenanthrene biodegradation in four soils // Biodegradation. 1999. V. 10. P. 43-50.

Ro, K. S., Breitenbeck G. A., Ghalambor A. Composting technology for practical and safe remediation of oil spill residuals. Louisiana Oil Spill Coordinator's Office/Office of the Governor, Louisiana Applied Oil Spill Research and Development Program, Baton Rouge, Louisiana. 1998. Technical Report Series 97-009.

Operation Capacity of Polymeric Sorbates

**Vladimir M. Melkozerov,
Sergey I. Vasilev, Andrey Ya. Velp,
Roman N. Krylyshkin and Dmitry I. Marynchik**
*Siberian Federal University,
82 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia*

The comparative characteristics of sorbing capacity of polymer sorbents (sorbates) for purification of agricultural soils, subsurface and water surface under leakage of petroleum products and oil are considered. It was shown that sorbent Unipolymer-M exerted a significant positive influence on the growth of microorganisms participating in purification of oil contaminated soil under the condition of stimulation of these microbes with additions of biogenic elements to balance their nutrition.

Keywords: oil capacity, the polymeric sorbate, the microbiological analysis, surface-active substances, the multiplicity of foaming, conditional bottle density, porosity, oil-oxidizing microorganisms, sorbate, bioremediation of disturbed land, groundwater, soil.
