

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБОРИГЕННЫХ ВИДОВ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ КОМПЛЕКСНЫХ РАБОТАХ ПО ОЧИСТКЕ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

Рассматривается способ биологической очистки нефтезагрязненных территорий. Показана возможность проведения очистки нефтезагрязненных территорий при одновременном загрязнении буровыми растворами. Разработан набор добавок, активизирующих процесс биодegradации буровых присадок. Описан режим предварительной механической обработки территории, состоящей из грунтов различного состава. Предложена оптимизация работ на закисленных и защелоченных грунтах и водоемах. Разработан способ внесения микробиологической культуры в малосорбционные грунты.

Ключевые слова: биологическая очистка; рекультивация земель; экология; нефтедобыча; микроорганизмы.

Добыча нефти считается одним из самых экологически грязных видов человеческой деятельности. По этой причине необходимо проводить работы по улучшению экологической ситуации в местах нефтедобычи. В данной работе рассматриваются способы биологической очистки водоемов и различных грунтов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Экологическую чистоту метода обеспечивает применение аборигенной культуры микроорганизмов для рекультивации земель.

Существует несколько способов ликвидации последствий разлива нефти на воде. Среди них большое значение имеет физико-химическое устранение разливов нефти, т.к. нефть ограниченно растворима в воде и поэтому в данной системе существует четко выраженная граница раздела. Однако следует учитывать, что часть нефти растворима в воде.

Нефть, попадая в водоем, находится в следующих состояниях:

- а) плавающий слой нефти;
- б) загрязненный нефтью грунт на береговой кромке;
- в) растворенная в воде нефть;
- г) нефть, осевшая на дно.

Физико-химические методы способны эффективно ликвидировать нефть, находящуюся на поверхности воды только в виде плавающего слоя. Другие состояния нефти малодоступны для ликвидации данным способом.

На первом этапе необходимо локализовать нефтяное пятно. Это достигается обваловкой водоема по периметру. Если водоем проточный (река, ручей), то устанавливают плавающие боны. Плавающие боны могут быть как заводского производства, так и самодельного. В проточных водоемах нефть собирается в ограниченном пространстве за счет течения воды. В стоячих водоемах боны стягивают, уменьшая площадь плавающего слоя нефти и увеличивая его толщину. Затем проводится сборка слоя нефти. Если объем разлитой нефти составляет от 100 л и больше, используют вакуумные нефтесборщики. Меньшие объемы собираются при помощи сорбентов. Желательно использовать многоразовые сорбенты. Их регенерация после каждого цикла проводится за счет отгонки нефти на центрифуге или отжимом на вальцах. Расход сорбентов составляет 1 кг на 7–8 кг нефти. Число циклов регенерации 30–40. При понижении температуры до 0–5°C старая нефть (возраст разлива более года) загустевает и ее можно собирать с помощью сачка или лопаты.

Второй этап: собранная нефть может быть сожжена в котельных установках или в газовом факеле. При высоком содержании воды (более 50%) собранная нефть поступает на микробиологическую переработку: нефть смешивается с чистым грунтом и перерабатывается по предложенной ниже схеме.

Сбор разлившейся нефти на грунте проводится с использованием вакуумных нефтесборщиков, а при незначительных утечках – с использованием сорбентов. Применяется многократная регенерация сорбентов. После удаления явных нефтепроявлений загрязненный грунт подвергают биологической рекультивации как с вывозом грунта, так и на месте. На первом этапе проводится оптимизация кислотности грунта [1, 2]. Если грунт имеет кислотность ниже 5,5, чтобы создать оптимальную для микрофлоры среду (рН 5,5–7,5), на поверхность грунта вносят раскислители (табл. 1). После этого проводят вспашку и перемешивание. Наиболее быстрый целевой эффект достигается внесением растворимых веществ: кальцинированной соды и диаммоний фосфата. Однако этот эффект кратковремен. Для обеспечения стабильного результата необходимо вносить смесь из нерастворимого раскислителя (известняка, доломитовой муки) и растворимого раскислителя (соды или диаммоний фосфата).

Если грунт имеет щелочную реакцию (рН>7,5), обусловленную разливом на территорию кустовой площадки пластовых вод с высоким содержанием карбонатов или загрязнением грунта щелочными буровыми растворами, проводят снижение кислотности путем внесения в грунт растворов соляной (1,8–1,9%) или серной кислоты (1,85–1,95%) (табл. 2). Внесение кислот целесообразно при высокой степени защелачивания (рН>9). При меньших значениях кислотности (рН<9) для снижения уровня защелачивания вносят буферную систему, состоящую из смеси аммиачной селитры и нитроаммофоски. При этом часть связанного азота в виде аммиака улетучивается, а остаток фосфорной и азотной кислоты стабилизирует кислотность.

Таблица 1

Расход раскислителей, кг/га

Кислотность грунта (рН)	Молотый известняк, мел, доломит	Кальцинированная сода	Диаммоний фосфат
3	3000–5000	500–1000	–
4	1500–3000	200–500	–
5	1000–1500	100–200	100–200

Таблица 2

Расход закислителей, кг/га

Кислотность грунта (рН)	Серная кислота (95%)	Соляная кислота (38%)	Солевая смесь, аммиачная селитра, нитроаммофоска 1:1
8	–	–	700–1000
9	–	–	1000–1500
10	110	340	500–700
11	220	680	500–700

Микробиологической культуру, являющуюся основой для биологической очистки нефтезагрязненных территорий, выращивают на торфяно-песчаном носителе (1:1) на грядах (микробиологическая плантация) до концентрации микрофлоры $2-3 \times 10^{13}$ клеток/кг носителя с влажностью 70–80% (10–15 г/кг). При такой концентрации достигается устойчивый эффект заражения территории нефтеусваивающими микроорганизмами. Биопрепараты высушиваются до остаточной влажности 10–13%, хранятся в джутовых мешках при естественной температуре в сухом проветриваемом помещении, защищенном от прямых солнечных лучей. Срок хранения, предполагающий снижение активности на 50% в летнее время, составляет 4 мес. Расход биопрепарата на 1 га в зависимости от уровня загрязнения приведен в табл. 3.

Таблица 3
Расход биопрепарата

Уровень загрязнения грунта нефтью, г/кг грунта	Расход микробиологического препарата, кг/га
10–50	300–400
50–100	400–1000
100–200	1000–2000
200–400	2000–5000

Для активации микрофлоры и обеспечения физиологического баланса дополнительно вносятся минеральные добавки – источники азота, фосфора, калия, магния в виде аммиачной селитры и нитроаммофоски (1:1) (табл. 4).

Таблица 4
Расход минеральных добавок, кг/га

Уровень загрязнения нефтью, г/кг грунта	Расход минеральных добавок (1:1)
10–50	250–500
50–100	500–1000
100–200	1000–1500
200–400	1500–3000

При содержании солей кальция и магния в грунте в количестве менее 0,15–0,2 г/кг необходимо добавить соли магния (калмагнезия) или кальция (хлорид кальция) в дозах 150–200 кг/га для фиксации источников фосфора.

Для аккумуляции влаги в верхних горизонтах песчаного грунта (слой 0–15 см) вносят крупные фрагменты торфа (3–5 см) с микрофлорой. Доза внесения 4 000–6 000 кг/га.

Для поддержания активности ферментных систем нефтеусваивающих микроорганизмов необходимо внести смесь солей (квалификация ч.д.а.) с микроэлементами (2–2,5 смеси кг/га). Класа чистоты ч.д.а. необхо-

димо придерживаться, т.к. в соединениях класса т.ч. и ч. содержатся примеси ртути, свинца, кадмия и другие, негативно влияющие на микроорганизмы. Состав комплекса приведен в табл. 5.

Таблица 5
Комплекс микроэлементов и их долевое содержание в смеси

Название	% компонентов в смеси
Железо сернокислое II	30
Цинк сернокислый	20
Марганец сернокислый	10
Кобальта хлорид	10
Натрия молибденат	10
Медь сернокислая	2
Калий иодистый	8
Кислота борная	10

Водный раствор солей переводят в нерастворимую форму, добавляя раствор кальцинированной соды (1:1). Полученной суспензией поливают обрабатываемую территорию.

Для обеспечения долгосрочного действия минеральных удобрений в местах постоянной утечки нефти, а именно участках, прилегающих к устью скважин, вносятся малорастворимая форма солей. Малорастворимая форма представляет комплекс минеральных удобрений, связанный с торфоминеральным носителем (40–50%). Нормы внесения малорастворимых форм 150–200 г/м².

При проведении биодеградациии нефти и буровых растворов в грунте на буровых площадках необходимо отслеживать физическое состояние грунта, наличие повторных утечек нефти, обводнение кустовых площадок и содержание нефти в грунте. При проведении ремонтных работ на скважинах происходит уплотнение грунта на рекультивируемых площадках, поэтому после необходимо провести повторную вспашку территории. При наличии повторных утечек нефти необходимо перемешать грунт (за счет вспашки) и внести дополнительную дозу минеральных удобрений и биодобавок, согласно табл. 3 и 4. При длительном, засушливом периоде необходимо рыхление грунта для перемешивания нижнего, более влажного слоя, с верхним сухим. Если этого недостаточно, то проводят полив территории до влажности грунта 15–20%.

Продолжительность процесса очистки зависит от климатических условий и уровня загрязнения нефтью. Практический опыт показал, что процесс длится от 2 месяцев до 1,5 лет. Анализ образцов очищенного грунта и воды показывает остаточное содержание нефти ниже ПДК на уровне фона. Количественное содержание нефти и нефтепродуктов на начальном и конечном этапах очистки определяли методом фотометрии и гравиметрии [3–5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Калюжин В.А. Способ очистки воды и почвы от загрязнения нефтью и нефтепродуктами // Патент РФ №2057724 от 10 апреля 1996 г.
2. Калюжин В.А. Способ биологической очистки воды и грунта от органических веществ алифатического, карбоциклического, гетероциклического рядов и их смесей произвольного состава // Патент РФ. №2315670 от 27 января 2008 г.
3. Пискарева С.К., Бараишова К.М., Ольшанова К.М. Аналитическая химия. М.: Высш. шк., 1994. 382 с.
4. Васильев В.П. Аналитическая химия. М.: Высш. шк., 1989. 275 с.
5. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1989. 573 с.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 21 мая 2009 г.