

УДК 571.56

РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫЕ РАБОТЫ НА НЕФТЕПРОМЫСЛАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Калюжин В.А.

*НИИ биологии и биофизики при Томском государственном университете,
Томск, e-mail: vladimirkalyuzhin@bk.ru*

Были проведены полевые испытания технологии биологической очистки на производственных нефтедобывающих площадках, без прерывания процесса нефтедобычи. Была выработана оптимальная, по эффективности, тактика очистных работ в условиях Севера Томской области.

Ключевые слова: нефтяная экология, микроорганизмы, рекультивация, песчаный грунт

REMEDIATION WORK IN THE OIL FIELDS TOMSK REGION

Kalyuzhin V.A.

*Research Institute of Biology and Biophysics, Tomsk State University, Tomsk,
e-mail: vladimirkalyuzhin@bk.ru*

Were field tested technology for biological treatment of industrial oil-producing areas, without interrupting the process of oil production. Was to develop an optimum on the effectiveness, tactics sewage treatment works in the North of the Tomsk region.

Keywords: oil ecology, microorganisms, reclamation, sandy soil

На территориях нефтедобывающих площадок ОАО «Томскнефть» находятся нефтедобывающие скважины и скважины для поддержания пластового давления. На каждой площадке по 6–30 скважин. Кроме того, проложена система трубопроводов, насосов, электрооборудования и других технических устройств. Высокая плотность размещения технических средств затрудняет использование вездеходной техники и вспомогательных средств, для проведения рекультивационных работ. Целью натурных опытов было разработка способа пригодного для очистки технологической территории, без остановки производственного процесса. Работы были проведены на 23 площадках. Площадь каждой площадки 5–10 тысяч кв.метров, глубина загрязнения до 0,25 м. Продолжительность опытных работ – 3 месяца. Вносилась смесь минеральных удобрений. Микроорганизмы вносились в количестве 2 г/кв.м в пересчете на влажность клеток 75% или 10^{10} – 10^{11} живых клеток. Микрофлора предварительно была протестирована на отсутствие патогенных форм. Вспашка проводилась с использованием дачно-садового культиватора [1, 2].

Проведен контроль по изучению очистки грунта. Серия анализов проводилась сотрудниками «Центра по оказанию работ и услуг природоохранного назначения» при государственном учреждении Томской области «Облкомприрода» (ЦОР) Стрежевского филиала. По данным лаборатории ЦОР были получены следующие результаты:

А. Контрольные территории, различающиеся по технологическому состоянию. Изучалась естественная динамика загрязнения без проведения очистных работ.

1. Нефтедобывающая площадка 63 Советского месторождения.

Добыча нефти ведется с применением глубинных насосов без качалок. Территория площадки не подвергалась обработке. Исходное загрязнение на 25.05. – 49680 мг на 1 кг грунта, конечное состояние на 14.09. – 39900 мг на 1 кг грунта. За счет естественной убыли уровень загрязнения снизился на 20–25%.

2. Нефтедобывающая площадка 11 Советского месторождения.

На данном кусте проводились ремонтные работы. Исходный уровень загрязнения на 25.05. составил 46940 мг на 1 кг грунта. Конечный уровень загрязнения на 18.09. составил 51020 мг на 1 кг грунта. Из-за технологических утечек уровень загрязнения увеличился на 10%.

3. Нефтедобывающая площадка 130 Советского месторождения.

Исходный уровень загрязнения на 9.08. – 15470 мг на 1 кг грунта. Конечное состояние на 8.09. – 46120 мг на 1 кг грунта. Произошло трехкратное увеличение уровня загрязнения, за счет проведения ремонтных работ.

Анализ состояния контрольных территорий показывает, что динамика уровня загрязнения носит произвольный характер. Содержание нефти в грунте может незна-

чительно, на 20-25 %, уменьшаться (нефтедобывающая площадка 63), из-за смыва дождевой водой, может сохраняться на одном уровне (нефтедобывающая площадка 11), а также значительно возрастать (нефтедобывающая площадка 130) из-за аварии.

Б. Состояние нефтедобывающих площадок при неполном цикле обработки.

Данные площадки изучались с целью определения значимости каждого элемента обработки при проведении рекультивационных работ.

1. Нефтедобывающая площадка 111 Советского месторождения.

Внесены одни минеральные удобрения без вспашки территории. Исходный уровень загрязнения до обработки на 25.05. составил 59520 мг на 1 кг грунта. Конечное состояние на 8.09. – содержание нефти 54650 мг на 1 кг грунта. Произошло незначительное, в пределах погрешности измерений, уменьшение загрязнения.

Нефтедобывающая площадка 228 Советского месторождения.

Проведена вспашка без внесения микрофлоры и минеральных удобрений. Исходный уровень загрязнения на 9.08. – 11810 мг на 1 кг грунта. Конечное состояние на 14.09. – уровень замазученности 59708 мг на 1 кг грунта. На данной площадке проводились ремонтные работы, вследствие чего загрязненность территории возросла в 5 раз.

Нефтедобывающая площадка 22 Каത്യинского месторождения.

Внесена микрофлора и минеральные удобрения без вспашки. Исходная замазученность на 25.05. – 58483 мг на 1 кг грунта. Конечное загрязнение на 15.09. – 21680 мг на 1 кг грунта. Снижение уровня загрязнения – в 2,5 раза.

Результаты показывают, что одна вспашка или внесение минеральных удобрений недостаточны для полной активации комплекса аборигенных нефтеусваивающих микроорганизмов, обитающих в грунте. В то время как добавка выделенных из природной среды представителей микрофлоры без вспашки значительно ускоряет деградацию нефти.

В. Полный цикл обработки.

Для очистки опытных площадок была разработана следующая тактика:

1. Нефтедобывающие площадки на территории ОАО «Томскнефть» покрыты песчаным грунтом. На глубине 20-50 см обычно укладывается водоупорный слой, состоящий из глины. Как правило, нефть не протекает ниже водоупорного слоя. Следовательно, технология рекультивации кустовых площадок сводится в основном к очистке песчаного грунта.

Песчаный грунт обладает очень слабым сорбирующим эффектом и малой влагоемкостью. Внесенные растворимые вещества быстро вымываются до водоупорного слоя, остаются только углеводороды нефти (УВН), покрывающие пленкой частицы песка. Наличие гидрофобной пленки в еще большей степени снижает влагоемкость песка. Вместе с тем, песок в течение продолжительного времени сохраняет рыхлую структуру. Постоянное наличие микропор обеспечивает газообмен во всем объеме песчаного грунта.

2. Для обеспечения биодеструкции УВН необходимо выполнение следующих условий:

а) В объеме очищаемого грунта необходимо поддерживать необходимую концентрацию микроорганизмов.

б) Необходимо сохранять оптимальную концентрацию минеральных добавок, стимулирующих биодegradацию УВН.

в) Должна поддерживаться необходимая влажность в грунте с обеспечением водной микропленки на частицах песка.

г) Должен осуществляться активный газообмен с поступлением кислорода в грунт и оттоком углекислого газа в атмосферу.

Поставленные проблемы решались по следующим, специально разработанным методикам:

а) Поддержание постоянной концентрации микрофлоры на уровне 10 и более мг на 1 кг. грунта достигалось внесением иммобилизированной на торфе культуры. Частицы торфа были раздроблены до размеров 1-5мм. За счет вспашки достигалось полное перемешивание вносимых веществ. Особое внимание было уделено подбору состава микрофлоры. Использовались те представители аборигенной микрофлоры, которые способны размножаться, внедряясь в нефтяную пленку. Тем самым на частицах песка, покрытых пленкой УВН, в объеме пленки формировались очаги микробиологического заражения. Находясь в плотном контакте с нефтью, представители микрофлоры фиксировались в ней и приобретали устойчивость к вымыванию.

б) Поддержание в песчаном грунте необходимой концентрации источников азота, фосфора и калия относится к наиболее трудно решаемой проблеме. Однако, использование комплексного подхода позволило решить эту задачу. Так, источник азота вносится в виде растворимого в воде нитрата аммония (аммиачной селитры). Жидкие осадки в виде дождя вымывают источник азота в нижние горизонты. В итоге верхний слой лишается источника азота, который концентрируется в более глубоких слоях,

прилегающих к водоупорному слою. При летней норме осадков 150-200 мм внесенная аммиачная селитра вымывается в слои, расположенные на глубине 100-200 мм за 10-20 суток. В этих слоях сохраняются влажные условия. Однако диффузия влаги в верхних слоях не отмечается. В дополнительных опытах было установлено, что в нижних слоях содержится большое количество микроорганизмов, разлагающих NH_4NO_3 на аммиак и ион NO_3^- . Это позволило создать биохимический цикл обеспечения источником азота, в виде NH_3 , верхних слоев песка. Микроорганизмы разлагают аммиачную селитру с выделением аммиака. Газообразный аммиак, имея удельный вес меньший, чем у воздуха, поступает в верхние слои песка, насыщая их источником азота. Нитратная группа, остающаяся в нижних слоях, также используется для деградации нефти. В дальнейшем, аммиачную селитру заменили на мочевины. При разложении $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ образуется только аммиак, углекислый газ и вода без загрязняющих среду ионов NO_3^- .

Фиксация фосфора достигалась с использованием свойств веществ, входящих в состав грунта. Так нефть, поступающая из скважин, содержит в виде примесей пластовые воды. В состав пластовых вод входят ионы кальция и магния. Территории нефтедобывающих площадок, загрязненные подтоварной нефтью, насыщены солями магния и кальция. Вносимые минеральные добавки содержат растворимые соли ортофосфорной кислоты. При взаимодействии растворимых солей фосфорной кислоты с солями кальция образуются малорастворимые фосфаты кальция. Как показали опыты, образующиеся двух или трех замещенные фосфаты очень слабо вымываются из грунта и в то же время обеспечивают в достаточном количестве микрофлору источником фосфора. Для перемешивания солей кальция с вносимым фосфатом необходимо рыхление и перемешивание грунта на глубину 20-30 см. Тем самым достигается фиксация фосфора в песчаном грунте. Одновременно фосфат магния является источником магния, а пластовый гипс – источником серы.

в) Верхний слой песка, толщиной 10-15 см, быстро теряет влагу. За счет потери влаги создаются условия, снижающие скорость биодegradации УВН, поскольку микрофлора активна только при наличии воды в виде жидкой фазы. Полив нежелателен, так как дополнительный поток воды ускоряет вымывание внесенных компонентов.

Для поддержания влажности был разработан следующий прием: в песчаный грунт вносились крупные 3-5 см куски торфа с не-

фтеусваивающей микрофлорой. Торф перемешивался с песком. Куски торфа играли роль накопителей влаги, поскольку влагоемкость торфа составляет 80-90%. Для поддержания 100% влажности при 30 °С в 1 м³ песка требуется около 30-40 г водяного пара. Вода, испаряясь из торфа, насыщает воздушное пространство между частицами песка водяным паром до насыщения. Однако газообразная фаза воды мало усваивается микроорганизмами. Но при суточном ходе температуры в ночное время температура понижается до точки росы. Это приводит к конденсации водяного пара в массе грунта, что и обеспечивает среду обитания микроорганизмов жидкой водой. Опытным путем было установлено, что необходимо 5-6 т торфа на 1 га песка, чтобы поддерживать влажность в течение 3-4 суток, что равно интервалу между дождливыми днями в изучаемом регионе. Одновременно торф служит источником микрофлоры и минеральных добавок.

г) Активный газообмен поддерживается как за счет пористости, так и за счет связывания углекислого газа аммиаком, образующимся при разложении аммиачной селитры.

Для увеличения срока пребывания минеральных добавок в активной зоне, на территорию некоторых кустовых площадок, вносили малорастворимые удобрения в виде торфогранул. Гранулированная форма вносилась в места с повышенным уровнем загрязнения: в районе устья скважин и под площадки балансиров.

В проделанной работе были получены следующие результаты:

Площадка 1 Катильгинского месторождения. Внесена жидкая культура микроорганизмов, минеральные удобрения, проведена вспашка. Исходный уровень загрязнения на 25.05. – 63933 мг на 1 кг грунта. Конечное состояние на 19020 мг на 1 кг. Достигнуто снижение уровня загрязнения в 3,5 раза.

На следующей группе нефтедобывающих площадок проводилась обработка с внесением водорастворимых минеральных удобрений, микроорганизмов иммобилизованных на торфе и проводилась вспашка. Результаты представлены в табл. 1.

Результаты проведенной работы показывают, что достигнуто 4-10 кратное снижение уровня замасленности на конечном этапе. Достигнутый эффект обусловлен внесением комплекса водорастворимых удобрений, специализированных микроорганизмов и торфа.

Следующая группа нефтедобывающих площадок была обработана с применением слаборастворимых торфогранулированных минеральных добавок. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 1

Содержание нефти на нефтедобывающих площадках с использованием растворимых минеральных добавок

№ площадки	Месторождение	Исходное загрязнение, мг/кг	Дата отбора проб	Конечное состояние, мг/кг	Дата повторного отбора проб
233	Советское	65540	25.05.	11390	11.09.
131	Советское	50000	25.05.	7400	12.09.
29	Советское	89741	25.05.	18530	11.09.
132	Советское	90180	25.05.	9160	14.09.
24	Советское	40700	25.05.	15860	10.09.
94	Советское	63690	25.05.	19640	20.09.
15	Катыльгинское	56080	23.05.	3240	15.09.
16	Катыльгинское	52260	23.05.	8580	15.09.
21	Катыльгинское	61850	23.05.	8340	15.09.

Таблица 2

Содержание нефти в грунте после обработки слаборастворимыми минеральными добавками на Советском месторождении

№ площадки	Исходное загрязнение, мг/кг	Дата отбора проб	Конечное состояние, мг/кг	Дата повторного отбора проб
95	62850	25.05.	15750	12.09.
201	57690	25.05.	5730	09.09.
140	97230	25.05.	48710	11.09.
62	56660	25.05.	17320	12.09.
147	87400	25.05.	25480	12.09.
2	111340	25.05.	34200,6	14.09.
26	57120	25.05.	9440	12.09.

В данном опыте удалось снизить содержание нефти в 3 – 10 раз, как и в предыдущем опыте. Однако, проверка остаточного содержания минеральных удобрений в торфогранулах показало, что их расход в 3-4 раза меньше, чем при использовании растворимых форм. На площадках, очищаемых по полному циклу, так же проводились работы, при которых происходили вторичные загрязнения (площадки 2, 24, 94). А так же перемещение техники по нефтедобывающей площадке приводило к уплотнению грунта. Там, где помехи в проведении очистных работ были максимальны, там степень очистки грунта была минимальной и наоборот. Разработанный способ позво-

ляет проводить очистку грунта от нефти на технологических площадках без остановки производственного процесса. На базе имеющихся разработок [1, 2], для решения экологических задач, было создано предприятие ООО «Био-Ретокс».

Список литературы

1. Калюжин В.А. патент №2315670 «Способ биологической очистки грунта и воды от органических соединений алифатического, карбоциклического и гетероциклического рядов и их смесей произвольного состава» от 27 января 2008 г.
2. Калюжин В.А. патент № 2405636. Способ получения биомассы микроорганизмов при биологической утилизации органических соединений в очищаемой среде. 10 декабря 2010 г.