

ций, с таковыми объектами, принятыми за базу сравнения (прототипов), может свидетельствовать о продвинутой эколого-экономической эффективности принятых решений;

необходимо включить обоснование критериев оценки значимости и приоритетности экологических аспектов, обоснование методов количественной оценки значимых экологических аспектов и их источников, обоснование объектов сравнения, что определяет методы проектирования;

следует предусмотреть эколого-экономическую оценку полного жизненного цикла предприятия (организации), включая его проектирование, строительство, эксплуатацию и ликвидацию;

структура раздела Методических указаний, посвященного эколого-экономической оценке, должна содержать формулировки целей и задач для достижения этих целей, показатели, по которым можно судить о решении задач и достижении целей;

необходимо предусмотреть публикации (либо иные способы доступа к информации) для обмена сведениями об установленных экологических аспектах и эколого-экономической эффективности предлагаемых решений, что позволит проектировщикам избегать скрытых рисков и избыточных затрат;

следует предусмотреть обязательность составления на этапе ТЭО кондиций рекомендаций для проектирующей организации о возможных путях повышения эколого-экономической эффективности проекта.

Таким образом, приведенное выше рассмотрение проблемы указывает на недостаточность имеющихся методических документов ГКЗ для составления эколого-экономических разделов ТЭО кондиций, отвечающих современным требованиям.

Назрела необходимость разработки:

новых методических указаний, регламентирующих составление эколого-экономических разделов ТЭО кондиций, учитывающих полную законодательную и нормативную базу РФ, касающуюся экологического воздействия производства на окружающую среду;

методов количественных оценок последствий экологических воздействий;

систем экологического менеджмента, основанных на применении стандартов *ISO* серии 14000, регламента экоманеджмента и аудита Европейского сообщества (*EMAS*), используя имеющийся опыт РФ по результатам эколого-экономической оценки объектов минерально-сырьевого комплекса и европейскую базу наилучших доступных технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Временные* требования к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду / ГКЗ СССР. Разработчики Быховский Л.З., Заборин О.В., Соловьева О.И., при участии Онищенко Т.Л. (ИМГРЭ). — М., 1991.
2. *ГОСТ Р ИСО 14031-2001*. Управление окружающей средой. Оценка экологической эффективности. Общие требования. — Госстандарт России, 2001. — URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/9/9200/index.htm>.
3. *Маркин С.В., Белоусов Е.Е., Лыков О.П. и др.* Определение значимости экологических аспектов деятельности производственных объектов нефтегазового комплекса. [Интернет-ресурс]. — URL: [http://www.gubkin.ru/general/programma\\_niu/pub/pub30.pdf](http://www.gubkin.ru/general/programma_niu/pub/pub30.pdf).
4. *Методические* указания к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье / ГКЗ СССР — М., 1995.
5. *Методические* указания по идентификации и определению значимости экологических аспектов деятельности. — ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть». — Волгоград, 2004. — [Интернет-ресурс]. — URL: <http://www.pandia.ru/text/78/516/49435.php>.
6. *Пермяков Р.С.* Требования экологии и себестоимость в горной промышленности // Горный журнал. — 1989. — № 5. — С. 52–54.
7. *Росман Г.И., Петрова Н.В., Самсонов Б.Г.* Экологическая оценка рудных месторождений // Минеральное сырье. — № 9. — М.: ВИМС, 2000.
8. *Росман Г.И., Бахур А.Е., Петрова Н.В.* Промышленная радиационная экология минерального сырья // Минеральное сырье. — № 25. — М.: ВИМС, 2012.
9. *Системы* экологического менеджмента для практиков / С.Ю. Дайман, Т.В. Островкова, Е.А. Заика и др. — М.: Изд-во РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004.
10. *Чаплыгин Н.Н., Жулковский Д.В.* Ресурсная эффективность горной техники // Горный журнал. — 2008. — № 5. — С. 5–8.
11. *ISO/TR 14032: 1999* Экологический менеджмент — примеры оценивания экологической эффективности. [Интернет-ресурс]: Портал «Твердые бытовые отходы». Раздел «Нормативно-методические документы в сфере управления отходами». — URL: <http://www.solidwaste.ru/docs/view/317/2.html>.

© Росман Г.И., Быховский Л.З., Королева Н.Л., 2015

*Росман Генрих Ильич* // [genrih.rossman@yandex.ru](mailto:genrih.rossman@yandex.ru)  
*Быховский Лев Залманович* // [lev@vims-geo.ru](mailto:lev@vims-geo.ru)  
*Королева Нина Леонидовна* // [nk.vims@yandex.ru](mailto:nk.vims@yandex.ru)

## ОХРАНА НЕДР И ЭКОЛОГИЯ

УДК 57.083.12:502.65:665.6

Рогозина Е.А., Моргунов П.А., Тимергазина И.Ф., Шапиро А.И. (ФГУП «ВНИГРИ»)

### К ПРОБЛЕМЕ ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ СОХРАНИВШИМИСЯ В НЕЙ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ

*Рассмотрены результаты лабораторных опытов по очистке загрязненной дизельным топливом и нефтью почвы (степень загрязнения до 2 %) биопрепаратами с сохра-*

*нившимися в этой почве углеводородокисляющими микроорганизмами (УОМ)-аборигенами. Установлено, что при данной нефтяной нагрузке почва сохранила способность к самоочищению; степень самоочищения зависела от состава нефтяного загрязнителя. Балансовые расчеты позволили оценить степень утилизации нефтяного загрязнителя почвы в целом и отдельных фракций, входящих в его состав. Показано, что в ряде случаев УОМ-аборигены могут быть альтернативой применяемым в практике очистных работ биопрепаратам. **Ключевые слова:** почва, нефтяной загрязнитель, УОМ-аборигены, самоочистка, эффективность утилизации (очистки).*

ON THE ISSUE OF CLEANUP OF OIL CONTAMINATED SOIL WITH HYDROCARBON-OXIDIZING MICROORGANISMS REMAINING IN SOIL

*The results of laboratory experiments on cleanup of soil contaminated with diesel fuel and oil (pollution degree up to 2%) using biologies with hydrocarbon-oxidizing microorganisms-aborigines remaining in soil, are analyzed. The studies have shown that for a given degree of pollution, the soil has preserved the ability of self-cleaning in laboratory conditions. The degree of self-cleaning of soil depends on the composition of oil contaminants. The calculations allowed us to estimate the degree of utilization of petroleum contaminants of soil in the whole and of individual fractions in its composition. More attention should be paid to the problem of self-cleaning of oil-contaminated soils, because in some cases the hydrocarbon-oxidizing microorganisms-aborigines can be an alternative to biologies used for cleanup. Key words: soil, oil contaminant, hydrocarbon-oxidizing microorganisms-aborigines, self-cleaning, utilization (cleanup) efficiency.*

Проблема очистки нефтезагрязненной почвы давно уже потеряла свою новизну, но осталась актуальной и жизненно необходимой при защите почвенных экосистем и всего живого на Земле. Успешное решение данной проблемы возможно лишь при системном подходе к ее рассмотрению, при наличии результатов научно-практических исследований по относящимся к ней вопросам в смежных областях знаний — почвоведении, сельскохозяйственной и нефтяной микробиологии, агрохимии, геохимии и химии органического вещества, нефтей и нефтепродуктов.

Нефть и нефтепродукты, попадая в почву, переводят устоявшуюся систему «почва — почвенный микробиоценоз» на новый качественный уровень, образуя новую систему: «почва — почвенный микробиоценоз — нефтяное загрязнение». Под действием последнего изменяются физические и химические характеристики почвы, значительные, а зачастую необратимые изменения испытывает почвенный биоценоз, а он ответственен за самоочищение почвы.

Если исключить аварийные разливы нефти, то, согласно экспериментам, проведенным Д.Г. Звягинцевым, В.С. Гузевым, В.С. Левиным и др., выделяется четыре качественно отличных уровня концентрации нефтяного загрязнения, оказывающих негативное воздействие на почвенный микробиоценоз — от полного подавления деятельности микроорганизмов до изменения качественных и количественных характеристик их физиологического состава [1, 2]:

1) концентрация 0–0,7 мл на 1 кг почвы — *зона гомеостаза*; в этой зоне все показатели стабильны и не отличаются от контрольных; общая биомасса микроорганизмов может несколько возрастать;

2) 0,7–50 мл/кг — *зона стресса*, в которой значительно меняется организация амилитического сообщества, т.е. происходит перераспределение микроорганизмов по степени доминирования;

3) 50–300 мл/кг — *зона резистентности*; в этой зоне снижается видовое разнообразие и сменяется состав сообщества, активно развиваются устойчивые (рези-

стентные) к высоким концентрациям нефти популяции микроорганизмов;

4) >300 мл/кг — *зона репрессий микробной системы почвы*, в которой наблюдается полное подавление роста и развития микроорганизмов в загрязненной почве.

Согласно справочным данным, плотность нефти изменяется от 700 до 1040 кг/м<sup>3</sup>, как правило, от 820 до 950 кг/м<sup>3</sup>. Исходя из этих данных, степень нефтяного изменения в почве в первых трех зонах составляет от 0 до 24,6–28,5 % (по массе). При загрязнении почвы нефтью выше 28 % происходит, согласно вышеизложенному, полное подавление роста и развития микроорганизмов в загрязненной почве.

На нефтяное загрязнение почвы реагирует не только почвенный биоценоз, но и сама почва. Нефть, попадая в почву, существенным образом изменяет ее характеристики: увеличивается гидрофобность, изменяется кислотность, повышается содержание  $C_{\text{орг}}$ , изменяется содержание и состав битуминозных веществ, снижается содержание таких важных элементов, как обменный калий и подвижный фосфор.

Приведенные выше сведения из опубликованных работ характеризуют в общем виде изменения в системе «почва — почвенный биоценоз» под влиянием нефтяного загрязнения — третьей составляющей образованной новой системы.

Однако и по материалам опубликованных работ, и по результатам собственных многолетних исследований ВНИГРИ в области нефтеэкологии [6] удалось отметить следующее:

в зависимости от состава нефтяного загрязнителя одна и та же почва неоднозначно реагирует на антропогенную нагрузку;

почвы, различающиеся по минеральному составу, содержанию органического вещества, численности и составу почвенного микробиоценоза, по-разному реагируют на одно и то же нефтяное загрязнение;

окислительно-восстановительная обстановка в загрязненной почве оказывает влияние на направленность изменения как самой почвы, так и углеводородного загрязнителя.

Из вышеизложенного следует, что в каждом конкретном случае нефтяного загрязнения почвы взаимосвязанными характеристиками являются:

тип почвы;

тип нефтяного загрязнителя;

степень антропогенной нагрузки;

численность и состав оставшегося в почве микробиоценоза.

При этом важное значение имеют окислительно-восстановительная обстановка в загрязненной почве (аэробные условия или затрудненный доступ воздуха в почвенную систему) и принадлежность почвы к типу ландшафтно-климатического района.

Только по результатам такого системного подхода можно решить вопрос о режиме и регламенте проведения очистных работ. Одним из выбранных режимов может являться режим самоочищения почвы. Этот вопрос очень сложный, поскольку на сегодняшний день нет данных о предельной степени загрязненности почвы, выше которой необходима технологическая очист-

ка. Предельной концентрацией нефтяного загрязнения почвы, выше которой требуется очистка, является 1 % (по отечественным нормативным актам) и выше 0,5 % (по нормативным актам Голландии) [4].

По литературным данным процесс естественной биоремедиации нефтезагрязненных почв длится от 15 до 25 лет в зависимости от эколого-географических особенностей региона, глубины проникновения и характера нефтяного загрязнения. Из разработанных технологий очистки нефтезагрязненных почв в последнее десятилетие широкое применение нашли технологии механического (включая сорбционный) и биологических способов ликвидации нефтяного загрязнения. Технологии биологической очистки зарекомендовали себя как экологически чистые и экономически выгодные. Существуют два подхода к очистке почв биологическим способом:

стимуляция оставшегося в загрязненной почве естественного нефтеокисляющего биоценоза (микроорганизмов-аборигенов) различными органическими и минеральными удобрениями (согласно разработанным конкретным технологиям) для его развития;

введение в нефтезагрязненную почву углеводородокисляющих микроорганизмов (биопрепаратов) с созданием условий обеспечения их жизнедеятельности.

В отечественной практике нефтеочистных работ, как правило, используется второй подход, при котором широкое применение нашли биопрепараты, преимущественно порошковой формы [5].

В открытой печати имеется достаточно много публикаций о результатах использования углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ)-аборигенов для утилизации нефтяного загрязнения почв. Однако нет системного подхода к разработке основ этого направления, как нет и системного анализа опубликованных результатов исследований по этому вопросу. Развитие этого направления, как и в целом проблемы разработки нового поколения технологий биоремедиации загрязненных природных экосистем, представляет большой интерес для нефтеэкологии не только с научной и практической, но и с экономической точки зрения.

В 2011–2012 гг. в ФГУП «ВНИГРИ» в рамках Государственного контракта № 16.515.11.5042 от 12.05.2011 г. с Министерством образования и науки РФ проводились работы по созданию новой серии опытных образцов биопрепарата на основе живых активных штаммов УОМ для очистки почвы от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Были созданы четыре образца биопрепаратов серии НАФТОКС, показавшие высокую эффективность при очистке в лабораторных условиях нефтезагрязненной почвы [7].

Моделирование процесса очистки происходило при комнатной температуре (18–20 °С) в течение 11 мес. согласно разработанной программе постановки и проведения этих исследований. В качестве объекта очистки была выбрана окультуренная садово-огородная

**Таблица 1**

**Качественный состав хлороформных экстрактов образцов нефтезагрязненной почвы для лабораторного исследования эффективности биоокисления препаратами серии НАФТОКС**

Нефтяной загрязнитель	Групповой состав, %				Углеводородный состав, %			
	масла	бензолные смолы	спиртобенз. смолы	асфальтены	Me-Nf	Ar I	Ar II	Ar III
Дизельное топливо	88,57	1,50	6,93	3,00	73,44	19,49	3,00	4,07
Нефть м-ния З. Тэбук	70,40	10,80	14,00	4,80	64,25	13,37	22,38	—
Нефть м-ния Русское	73,31	11,55	11,95	3,19	56,35	17,96	25,69	—

почва, нефтяными загрязнителями являлись летнее дизельное топливо (ДТ), нефть месторождений Русское и Западный Тэбук. Степень загрязнения почвы составляла ~2,0 % (20 000 мг/кг почвы).

При сравнении состава нефтей и дизельного топлива установлено (табл. 1), что в нефтях значительно выше содержание бензолных смол в групповом составе и ароматических углеводородов (Ar II) в углеводородном составе масел, что, несомненно, скажется на эффективности биоочистки нефтезагрязненной почвы.

Загрязнение почвы нефтью и дизельным топливом снизило первоначальный титр УОМ ( $10^4$  кл/г) на 1–2 порядка — до  $10^2$ – $10^3$  кл/г. Титр сапрофитов остался практически в тех же пределах ( $1$ – $21$ )· $10^6$  кл/г против  $9,5$ · $10^6$  кл/г в исходной почве. Эти данные свидетельствуют о том, что при степени нефтяного загрязнения ~2 % (масс.) естественный микробный биоценоз почвы оказался весьма устойчивым к неблагоприятному фактору, воздействующим на почву и систему «почва — почвенный микробиоценоз». Это является преимуществом аборигенных микроорганизмов в процессах биологического окисления углеводородов нефти и нефтепродуктов в сравнении с микроорганизмами, входящими в состав биопрепаратов.

Моделирование процесса очистки нефтезагрязненной почвы созданными образцами биопрепарата НАФТОКС предусматривало постановку контрольных опытов, в нефтезагрязненную почву которых биопрепарат не вносился, а увлажнение почвы проводилось стерильной водой.

Мониторинг процесса утилизации нефтяного загрязнения почвы в соответствии с программой выполнялся по следующим параметрам:

- титр УОМ, кл/г почвы;
  - значение pH в очищаемой почве;
  - содержание в очищаемой почве фракции органического вещества, экстрагируемой четыреххлористым углеродом, мг/кг почвы;
  - содержание нефтепродуктов, мг/кг почвы.
- Доопытные и послеопытные образцы почвы анализировались также комплексом химико-биотоминологических методов, позволяющих установить:
- содержание хлороформного экстракта, % (масс.);
  - групповой состав хлороформного битумоида А (ХБА), отн. %;
  - углеводородный состав фракции масел, отн. %;
  - распределение насыщенных углеводородов во фракции масел, отн. % (табл. 2).

**Таблица 2**

**Изменение качественного состава нефтяного загрязнителя и степень его утилизации при очистке почвы микроорганизмами-аборигенами в лабораторных условиях (продолжительность опытов – 11 мес.)**

Показатель		Нефтяное загрязнение		
		дизельное топливо	нефть м-ния Русское	нефть м-ния З. Тэбук
Содержание ХБА в почве, % (по массе)	до опыта	1,987	2,104	2,071
	после опыта	0,33	2,41	1,269
Утилизация, % от исх. содержания		83,3	+14,5*	38,7
<i>Групповой состав ХБА</i>				
Масла, отн. %	до опыта	88,57	73,31	70,40
	после опыта	40,44	26,01	29,79
Утилизация, % от исх. содержания		92,4	59,4	74,1
Бензолные смолы, отн. %	до опыта	1,50	11,55	10,80
	после опыта	9,72	38,59	20,38
Утилизация, % от исх. содержания		+8,1	+282,8	+15,6
Спиртобензолные смолы, отн. %	до опыта	6,93	11,95	14,00
	после опыта	26,85	32,30	38,33
Утилизация, % от исх. содержания		35,4	+209,6	+67,8
Асфальтены, отн. %	до опыта	3,00	3,19	4,80
	после опыта	22,99	3,10	11,50
Утилизация, % от исх. содержания		+27,7	+11,3	+46,8
<i>Углеводородный состав масел</i>				
Метано-нафтеновые УВ, отн. %	до опыта	73,44	56,35	64,25
	после опыта	70,99	51,66	46,78
Утилизация, % от исх. содержания		92,6	62,7	81,1
Моноароматические УВ, отн. %	до опыта	19,49	17,96	13,37
	после опыта	20,61	18,87	23,98
Утилизация, % от исх. содержания		92,0	57,3	33,5
Биароматические УВ, отн. %	до опыта	3,00	25,69	22,38
	после опыта	8,40	23,51	29,24
Утилизация, % от исх. содержания		78,8	62,8	66,1
Полиароматические УВ, отн. %	до опыта	4,07	—	—
	после опыта	—	5,96	—
Утилизация, % от исх. содержания		100,0	+	—

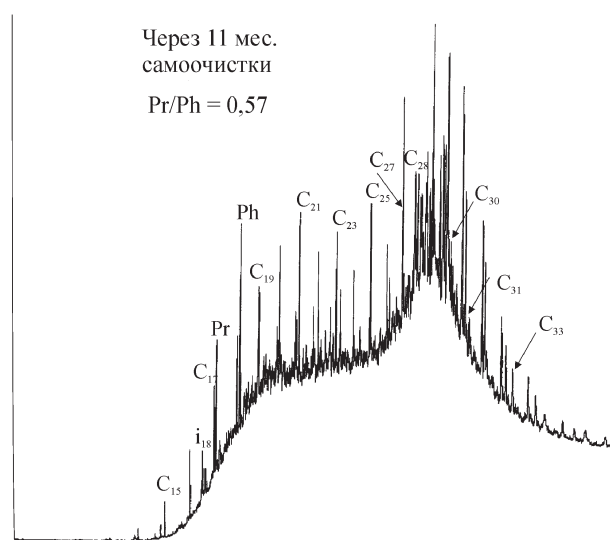
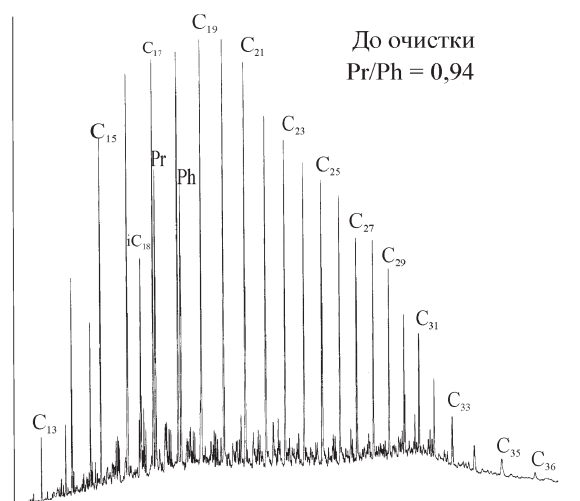
\*Плюс — возрастание содержания по сравнению с исходным.

Последующие балансовые расчеты позволили оценить эффективность процесса утилизации нефтяного загрязнителя в целом и конкретных входящих в его состав фракций. Мониторинг изменения титра УОМ в контрольных образцах почвы, загрязненных дизельным топливом и нефтями, показал, что через 2 недели он возрос до  $10^7$ – $10^8$  кл/г, затем снизился до  $10^3$  кл/г, остался на этом уровне в опыте с дизельным топливом и поднялся вновь до  $10^7$ – $10^8$  кл/г. Повышение численности аборигенных микроорганизмов обусловлено внесением в почву нефтей и дизельного топлива, которые могут служить источником органических веществ и других элементов питания для ряда микроорганизмов, содержащихся в почве. Подтверждением этому является концепция микробного пула, выдвинутая Д.Г. Звягинцевым, в соответствии с которой в почвах содержится огромный избыточный пул или запас микроор-

ганизмов, не обеспеченных органическим веществом и другими элементами питания. При поступлении в почву свежего органического вещества, которым могут являться нефть и нефтепродукты, в процессы их трансформации включаются микроорганизмы из микробного пула [3]. Установленная активизация УОМ-аборигенов в контрольных опытах после окончания периода их адаптации свидетельствовала о начале процессов самоочистки. Мониторинг процесса самоочистки почвы показал, что за 11 мес. в составе нефтяного загрязнения произошли значительные изменения (табл. 2).

Процесс утилизации проходил через образование промежуточных кислородсодержащих продуктов, фиксируемых при анализе в составе фракций группового состава ХБА — смол и асфальтенов. В зависимости от состава нефтяного загрязнителя в послеопытных образцах ХБА превышение содержания смол и асфальтенов составляло 8,1–282,8 % по сравнению с содержанием этих фракций в доопытных образцах нефтезагрязненной почвы.

Особенности происходящих процессов проявились и при оценке эффективности окисления нефтяного загрязнителя в целом. Так, в опыте с нефтью месторожде-



**Хроматограммы метано-нафтеновой фракции нефтяного загрязнения (нефть месторождения Западный Тэбук) при очистке почвы микроорганизмами-аборигенами**

Таблица 3

Изменение качественного состава насыщенных углеводородов метано-нафтеновой фракции нефтяного загрязнения почвы при очистке микроорганизмами-аборигенами в лабораторных условиях (продолжительность очистки – 11 мес.)

Загрязнитель почвы	Загрязненная почва	Состав углеводородов, отн. %							$\sum n-C$ $\sum i-C$
		до C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub> – C <sub>20</sub>	C <sub>21</sub> – C <sub>25</sub>	C <sub>26</sub> – C <sub>30</sub>	>C <sub>30</sub>	i-C <sub>18</sub>	i-C <sub>19</sub> – C <sub>20</sub>	
Дизельное топливо	Исходная	4,57	54,78	18,18	1,45	—	5,48	15,54	3,8
	После опыта	0,51	27,55	18,46	6,74	—	4,97	41,77	1,1
Нефть м-ния Русское	Исходная	17,09	48,74	14,60	5,67	—	4,61	9,29	6,2
	После опыта	—	—	—	—	—	18,0	82,0	—
Нефть м-ния 3. Тэбук	Исходная	3,15	36,77	26,16	14,61	5,67	3,40	10,24	6,3
	После опыта	0,40	23,30	28,24	23,46	2,25	2,11	20,24	3,5

ния Русское в породе возросло содержание нефтяного загрязнителя, по сравнению с доопытным, на 14,5 % (масс.). Новообразованные промежуточные продукты значительно изменили качественный состав ХБА (отн. %) после опыта и, согласно балансовым расчетам, абсолютное содержание (%) отдельных его фракций, по сравнению с доопытным образцом. Новообразование промежуточных продуктов свидетельствует о незавершенности процесса очистки почвы от нефтяного загрязнения. Но об активности происходящих процессов утилизации нефтяного загрязнителя УОМ-аборигенами можно судить по абсолютному снижению в его составе содержания углеводородных фракций — масел, метано-нафтеновых и ароматических углеводородов.

Хроматограммы метано-нафтеновой фракции ХБА почвы, загрязненной нефтью из месторождения Западный Тэбук, полученные до очистки и через 11 мес. самоочистки, показали, что в качественном составе насыщенных углеводородов метано-нафтеновой фракции произошли значительные изменения (рисунок). В процессе самоочистки значительно снизилось, вплоть до полного исчезновения, содержание n-алканов (табл. 3).

При геохимических исследованиях важное значение имеет группа изопреноидных углеводородов с регулярным расположением метильных групп в основной углеродной цепи, в частности, фитан и пристан. Отношение пристан/фитан (Pr/Ph) принято считать одним из основных показателей состава исходного живого вещества.

В нефтеэкологических исследованиях это соотношение не используется. Но зафиксированное при хроматографическом анализе метано-нафтеновой фракции ХБА снижение этого отношения в процессе очистки является свидетельством биоокисления изопреноидов.

Проведенные исследования и опыт предыдущих работ в области нефтеэкологии позволяют резюмировать следующее:

микроорганизмы-аборигены, прежде всего УОМ, сохранившиеся при нефтяном загрязнении почвы, могут быть альтернативой биопрепаратам, применяемым в практике нефтеочистных работ;

потенциальная способность нефтезагрязненной почвы к самоочищению, режим и регламент его проведения оцениваются и разрабатываются на основе результатов комплексного исследования нефтеэкологической обстановки в каждом конкретном случае нефтяного загрязнения;

при нефтяном загрязнении ~2,0 % (20 000 мг/кг почвы) садово-огородная почва сохранила способность к самоочищению;

степень самоочищения почвы зависела от состава нефтяного загрязнителя; в лабораторных условиях за 11 мес. почва, загрязненная дизельным топливом, очистилась в целом на 83,3 %; загрязненная нефтью месторождения Западный Тэбук —

на 38,7 %; из-за сложного состава нефти месторождения Русское и образования в значительном количестве в процессе окисления промежуточных продуктов оценить в целом снижение нефтяного загрязнения в почве не удалось;

более четко процесс самоочищения почвы прослеживается по снижению содержания масел и метано-нафтеновых углеводородов в составе нефтяного загрязнителя: так, в составе загрязнителей почвы — дизельного топлива, нефти месторождений Русское и Западный Тэбук — содержание масел снизились на 92,4, 59,4 и 74,1 % соответственно, а метано-нафтеновых углеводородов — на 92,6, 62,7 и 81,1 %;

выполненное по разработанной комплексной программе моделирование процесса самоочищения нефтезагрязненной почвы микроорганизмами-аборигенами и полученные результаты дают основание надеяться, что эта проблема привлечет к себе больший интерес, чем в настоящий момент, и решение ее будет иметь важное значение для отечественной практики нефтеочистных работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Водянова М.А., Хабарова Е.И., Донерьян Л.Г. Анализ существующих микробиологических препаратов, используемых для биодеградации нефти в почве. — М.: МГУ, 2010.
2. Звягинцев Д.Г., Гузев В.С., Левин В.С. и др. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почвы нефтью // Почвоведение. — 1989. — № 1. — С. 72–78.
3. Звягинцев Д.Г., Добровольская П.Г., Бабьева И.П., Чернов Н.М. Развитие представлений о структуре микробных сообществ почв // Почвоведение. — 1999. — № 1. — С. 134–144.
4. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. — М.: МГУ, 1993.
5. Рогозина Е.А., Андреева О.А., Жаркова С.И., Мартынова Д.А. Сравнительная характеристика отечественных биопрепаратов, предлагаемых для очистки почв и грунтов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2010. — Т. 5. — № 4. — С. 1–18.
6. Рогозина Е.А., Архангельская Р.А., Свечина Р.М. Модели изменения различных типов почв под действием углеводородного загрязнения / Новые идеи, теоретические обобщения и методические решения в нефтяной геологии. — СПб.: Недра, 2004. — С. 131–139.
7. Рогозина Е.А., Моргунов П.А., Тимергазина И.Ф., Шапиро А.И. Биопрепараты серии НАФТОКС для очистки почвы от нефтяного загрязнения // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2013. — Т. 8. — № 2. — [http://www.ngtp.ru/rub/7/16\\_2013.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/7/16_2013.pdf)

© Коллектив авторов, 2015

Рогозина Елена Александровна // confer@vnigri.ru  
Моргунов Павел Александрович // confer@vnigri.ru  
Тимергазина Ирина Файзрахмановна // nautiluspompilius13@mail.ru  
Шапиро Аида Ицковна // confer@vnigri.ru