

УДК 622.323.012:658.567.5

Чугайнова Анастасия Александровна,
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, магистрант
Permian national research polytechnic university,
Masters degree candidate

Халецкая Марина Игоревна,
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, магистрант
Permian national research polytechnic university,
Masters degree candidate

Лобовиков Алексей Олегович,
Пермский национальный исследовательский политехнический
университет, кандидат экономических наук, доцент
Permian national research polytechnic university,
Candidate of Economic Sciences, Docent

**ЭКОЛОГО–ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ
БИОТЕНОЛОГИЧЕСКИМИ И ТЕРМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

**ECOLOGICAL- ECONOMIC ESTIMATION OF THE
NEUTRALIZATION OF THE PETROLEUM-CONTAINING
WITHDRAWALS BY THE BIOTENOLOGICHESKIMI AND
THERMAL METHODS**

Аннотация. Статья посвящена эколого-экономической оценке обезвреживания нефтесодержащих отходов биотехнологическим и термическим методами. В основе методологии исследования представлен системный подход. Отражены технологические и экономические характеристики устройств утилизации нефтесодержащих отходов, а также достоинства и недостатки используемых методов.

Ключевые слова: нефтесодержащие отходы, системный подход, эколого-экономическая оценка, утилизация, сжигание, биодеструкция.

Annotation. Article is dedicated to the ecological- economic estimation of the neutralization of the petroleum-containing withdrawals by

biotechnological and thermal methods. At the basis of the methodology of a study systems approach is represented. Are reflected the technological and economic characteristics of the devices of the utilization of the petroleum-containing withdrawals, and also of the merit and deficiencies in the utilized methods.

The keywords: the petroleum-containing withdrawals, systems approach, ecological- economic estimation, utilization, combustion, biodestruction.

Образование нефтесодержащих отходов (НСО) характерно для предприятий нефтегазовой промышленности в результате технологических процессов при добыче, транспортировке и переработке продуктов производства.

Эффективная экологическая переработка и утилизация данного вида отходов является актуальной задачей не только для нефтегазовой промышленности, но и для окружающей среды в первую очередь.

Традиционно, для обезвреживания НСО используются термические методы, такие как сжигание или пиролиз в специализированных установках. Если отход содержит почвенные частицы, то его можно обезвредить биотехнологическим методом, путем смешивания отхода с почвой и утилизацией на площадках биоремедиации или в биореакторе.

Технология биоремедиации заключается в биологическом разложении нефтепродуктов углеводородокисляющими микроорганизмами.

Объем образования отходов на нефтегазовых предприятиях непостоянен, поэтому, исходя из количества нефтепродуктов в отходе и с учетом компонентного состава, подбирается оптимальный метод обезвреживания.

Для выбора такого метода, на наш взгляд, необходим системный подход, который позволит на основе комплексной эколого-экономической

оценки применить наилучшую доступную технологию утилизации отходов.

Для эколого-экономической оценки методов обезвреживания НСО, были выбраны такие методы, как термическое обезвреживание в инсинераторной печи и биотехнологическое обезвреживание в биореакторе.

Ежегодно в Пермском крае образуется около 30 – 50 тыс. т НСО, образующихся при добыче, переработке и транспортировке продуктов предприятий нефтегазовой отрасли [1].

Одним из самых распространенных способов утилизации и обезвреживания НСО, является метод термического обезвреживания в печах различного типа (камерных, кипящего слоя, барабанных и др.). Данный метод позволяет улавливать, концентрировать и разрушать опасные вещества в отходе. После сжигания образуется такой продукт, как зола, который подвергается захоронению или повторному использованию благодаря различным технологиям переработки.

По сравнению с другими методами переработки, данный метод имеет существенный недостаток – образование продуктов неполного сгорания, также технология сжигания достаточно энергозатратна.

Для избегания повторного загрязнения атмосферы, современные технологии предусматривают системы очистки газов в установках сжигания НСО.

Для обезвреживания широкого спектра отходов, в том числе и НСО, используются инсинераторы.

Инсинераторы — это печные агрегаты для термической утилизации широкого спектра специфических отходов:

- твердых коммунальных и промышленных отходов;
- НСО;

- отходов морских и воздушных портов и железнодорожного транспорта;
- медицинских и биоорганических отходов;
- отходов очистки сточной воды.

В табл. 1 представлены достоинства и недостатки инсинераторов.

Таблица 1

Достоинства и недостатки инсинераторов

Преимущества	Недостатки
1. Утилизация отходов широкого спектра; 2. Объем отходов сокращается на 95%; 3. Использование тепла, образовавшееся при сжигании отходов; 4. Эффективная система очистки газов; 5. Система очистки газов с замкнутой циркуляцией.	1. Образование золы; 2. Высокая стоимость установки и эксплуатационных затрат; 3. Высокое энергопотребление; 4. Образование сточных вод при обезвреживании отходящих газов.

Для оценки эколого - экономической эффективности был выбран инсинератор ИН – 50.1 М, так как данная модель представляет стандартный комплекс утилизации НСО. ИН-50.1М является одной из установок ЗАО «Турмалин», представляющий собой комплекс термической обработки с предварительным дроблением отхода, поставляющегося по транспортеру, и очисткой отходящих газов в скрубберах и рукавных фильтрах. Помимо модели ИН-50.1М, модельный ряд инсинераторов ЗАО «Турмалин» содержит установки с более высокой производительностью и различными типами утилизируемых отходов [2].

Таблица 2

Экологические критерии

№	Критерий	Описание	По технологии сжигания в инсинераторе
1	Эффективность утилизации НСО	Степень утилизации нефтепродуктов в инсинераторе	100%

2	Производительность	Количество перерабатываемых отходов в ед. времени	40 кг/ч
3	Подготовка отходов	Предварительная обработка НСО	Не требуется
4	Образование отходов	Отходы в процессе эксплуатации оборудования.	Зола (5-10% от общей массы), отходящие газы

Таблица 3

Экономические критерии

№	Критерий	Описание	Стоимость
1	Капитальные затраты	Затраты на оборудование	15 млн. руб.
2	Эксплуатационные затраты	Газ	0,20–0,25 м ³ /кг
		Кальцинированная сода	3 кг/ч
		Вода техническая	0,2 м ³ /ч
		Электроэнергия	9 кВт
3	Себестоимость очистки	Стоимость обезвреживания 1 тонны нефтесодержащих отходов	3000 руб./т.

Таблица 4

Стоимость ресурсов, услуг и платежей (без НДС)

№	Наименование	Ед. измерения	Величина
1	Газ	руб./ м ³	4,26
2	Кальцинированная сода	руб./кг	7,2
3	Вода техническая	руб./м ³	8,47
4	Электроэнергия	руб./кВт*ч	2,64

Для переработки одной тонны отходов в инсинераторной установке ИН-50.1 М, необходимо 25 ч (1000 кг : 40кг/ч = 25 ч).

В связи с этим, расходы на 1т отходов составят:

1. Газ – $0,2 \text{ м}^3/\text{кг} \cdot 4,26 \text{ руб}/\text{м}^3 = 0,852 \text{ руб}/\text{м}^3 = 852 \text{ руб}/\text{т}$;
2. Кальцинированная сода – $7200 \text{ руб}/\text{т} \cdot 3000 \text{ т}/\text{ч} = 21,6 \text{ руб}/\text{ч} \cdot 25\text{ч} = 540 \text{ руб}$;
3. Вода техническая – $0,2 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot 8,47 \text{ руб}/\text{м}^3 \cdot 25\text{ч} = 42 \text{ руб.}$;

4. Электроэнергия – $9 \text{ кВт} \cdot 2,64 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч} = 23,76 \text{ руб/ч} \cdot 25 \text{ч} = 594 \text{ руб.}$

Общая сумма капитальных затрат на 1 т отхода составит 2028 руб., с учетом стоимости установки 15 002 028 руб.

Эколого – экономическая оценка очистки НСО термическим методом производилась по приведенным затратам

$$П = З + Ен \cdot К$$

П - приведенные затраты,

З – эксплуатационные затраты;

Ен - нормативный коэффициент экономической эффективности (Ен=0,12);

К - капитальные вложения.

$$П = 5\,028 + 0,12 \cdot 15\,000\,000 = 1\,805\,028 \text{ руб.}$$

По результатам экологической оценки, при утилизации НСО в инсинераторе, образуются отходы в виде золы. В случае, если зола соответствует 5 классу опасности, ее можно использовать в качестве добавки в стройматериалах, в иных случаях, захоранивать на полигонах. Также при сжигании образуются отходящие газы, содержащие пыль, оксиды серы, углерода, азота, хлороводород, фториды, диоксиды. Учитывая наличие загрязняющих веществ в отходящих газах, конструкция установки предусматривает комплексную систему газоочистки в виде скруббера и пылеуловителя.

Для обезвреживания НСО чаще всего применяются термические и химические методы. Данные методы обезвреживания имеют ряд недостатков, так как при использовании термических методов необходимо применение специализированных установок, которые требуют капитальных вложений, и при сжигании образуются отходящие газы, которые необходимо подвергать дополнительной очистке, а при внедрении

химических методов, требуется применение значительных количеств химических реагентов [3].

В качестве альтернативного способа обезвреживания НСО может быть предложен биотехнологический метод. Биотехнологический метод основан на разложении нефтепродуктов микроорганизмами. Существует несколько вариантов применения биотехнологического метода (рис.1).



Рис. 1. Биотехнологические методы обезвреживания НСО

Для повышения эффективности процесса очистки НСО биотехнологическим методом возможно применение технологии биоремедиации с использованием биореактора и биопрепарата. На рис. 2 представлена технологическая схема технологии биоремедиации НСО с использованием биопрепарата и биореактора.

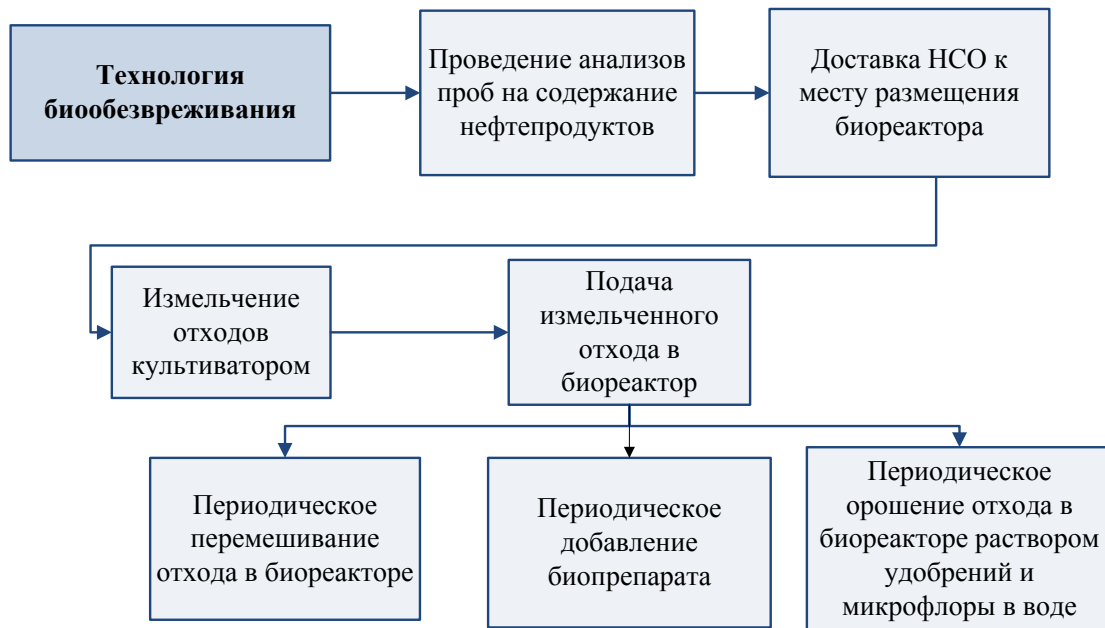


Рис. 2. Технологическая схема биоремедиации НСО с использованием биореактора и биопрепарата

На первом этапе применение технологии биоремедиации необходимо определить концентрацию нефтепродуктов в НСО. Далее осуществляется доставка НСО к месту размещения биореактора. Отходы подвергаются измельчению в культиваторе. Затем отходы подаются в биореактор, где происходит аэрация, добавление биопрепарата, удобрений и осуществляется периодическое перемешивание отходов. По завершению процесса очистки НСО в биореакторе, отходы выгружаются и могут быть использованы в качестве технического грунта [4].

Для проведения эколого-экономического анализа процесса биоремедиации в биореакторе, предложены экологические и экономические критерии оценки эффективности биодеструкции углеводородов нефти (табл.5, 6).

Таблица 5

Экологические критерии

№	Критерий	Описание	По технологии биоремедиации в биореакторе
1	Эффективность	Минимальная концентрация	10 - 15 г/кг по

	очистки от нефтепродуктов	нефтепродуктов после очистки в биореакторе (эффективность до 84% от исходной концентрации)	экспериментальным исследованиям [5]
2	Время очистки	Период экспозиции, за который проходит очистка НСО с эффективностью до 84 % [5]	45 суток
3	Образование отходов	Образование твердых коммунальных отходов, соответствующих норме накопления. Отходы от эксплуатации оборудования (резина, ветошь).	Предварительная обработка нефтесодержащих отходов, удаление крупных включений, которые вывозятся на полигон

Таблица 6

Экономические критерии

№	Критерий	Описание
1	Капитальные затраты	Затраты на оборудование
2	Эксплуатационные затраты	Затраты на биопрепарат, электроэнергия
3	Себестоимость очистки	Стоимость обезвреживания 1 тонны нефтесодержащих отходов

Для обезвреживания НСО биологическим методом, а именно обезвреживание в биореакторе, необходимо иметь установку стоимость, которой составляет от 440 до 770, 4 тыс. руб. Для интенсификации процесса биоремедиации необходимо вносить биопрепарат, на 1 тонну отходов соответственно понадобится 2 кг биопрепарата. Средняя стоимость биопрепарат составляет 3400 руб. за кг., в связи с этим понадобится $3400,6 * 2 = 6\ 801$ руб.

Суточный расход электроэнергии биореактором составляет 30 кВт в день. В связи с тем, что работа биореактора может длиться в течение 45 суток, то расход электроэнергии составляет 1350 кВт. Стоимость 1 кВт составляет = 2, 64 руб. за кВт час, исходя из этого для функционирования биореактора необходимо 3 564 руб.

Себестоимость очистки 1 тонны НСО составляет 3 000 руб.

Эколого – экономическая оценка очистки НСО биотехнологическим методом нами производилась, так же как и при термическом методе по приведенным затратам:

$$П = З + E_n * К$$

П - приведенные затраты;

З – эксплуатационные затраты;

E_n - нормативный коэффициент экономической эффективности ($E_n=0,12$);

К - капитальные вложения.

$$П = 13\ 365 + 0,12 * 440\ 000 = 66\ 165 \text{ руб.}$$

Ожидаемый экономический эффект от применения биотехнологии по сравнению с термическим методом составит:

$$Э = 1\ 805\ 028 - 66\ 165 = 1\ 738\ 863 \text{ руб.}$$

Таким образом, выполненные нами расчеты по эколого-экономической оценке доступных технологий очистки НСО термическим и биотехнологическим методом позволяют сделать вывод, что наилучшим из них является биотехнологический метод обезвреживания, так как он несет меньше нагрузки на окружающую среду.

Сделанный вывод, на наш взгляд, имеет не только научную, но и практическую значимость, так как экономически мотивирует предприятия внедрять наилучшие доступные технологии в области защиты окружающей среды.

Литература

1. Жилинская Я.А., Вайсман Я.И., Коротаев В.Н. Оценка экологической безопасности продуктов механо-биологической переработки твердых нефтесодержащих отходов//Вестник ПГТУ Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2011. №1. с. 5-10.

2. Сайт ЗАО "Турмалин" – Режим доступа URL:: <http://turmalin.ru/> (дата посещения: 21.12.2015).
3. Ягафарова Г. Г. Современные методы переработки нефтешламов/ Г. Г. Ягафарова, С. В. Леонтьева, А. Х. Сафарова, И. Р. Ягафаров// М.: Химия, 2010 г. – 190 с.
4. Бикмансурова Э.Х., Рудакова Л.В., Ахмадиев М.В. Исследование процессов биоремедиации нефтезагрязненных почв в лабораторных биореакторах различного типа// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2008. № 12. с. 21 – 26.
5. Рудакова Л.В., Ахмадиев М.В., Сакаева Э.Х. Использование биореактора в технологии биоремедиации нефтезагрязненных почв// Экология и промышленность России. 2013. № 10. с. 17-21.

References

1. Zhilinskaia Ia.A., Vaisman Ia.I., Korotaev V.N. Otsenka ekologicheskoi bezopasnosti produktov mekhano-biologicheskoi pererabotki tverdykh neftesoderzhashchikh otkhodov // Vestnik PGU Okhrana okruzhaiushchei sredy, transport, bezopasnost' zhiznedeiatel'nosti. 2011. №1. s. 5-10.
2. Sait ZAO "Turmalin" – Rezhim dostupa URL:: <http://turmalin.ru/> (data poseshcheniia: 21.12.2015).
3. Iagafarova G. G. Sovremennye metody pererabotki nefteshlamov/ G. G. Iagafarova, S. V. Leont'eva, A. Kh. Safarova, I. R. Iagafarov// М.: Khimiia, 2010 g. – 190 s.
4. Bikmansurova E.Kh., Rudakova L.V., Akhmadiev M.V. Issledovanie protsessov bioremediatsii neftezagriaznennykh pochv v laboratornykh bioreaktorakh razlichnogo tipa// Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse. 2008. № 12. s. 21 – 26.

5. Rudakova L.V., Akhmadiev M.V., Sakaeva E.Kh. Ispol'zovanie bioreaktora v tekhnologii bioremediatsii neftezagriaznennykh pochv// *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2013. № 10. s. 17-21.