

УДК 504.06+574+663.1

**ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ РАДИОАКТИВНОСТИ**

© 2023 А.В. Васильев, В.В. Ермаков, Д.Е. Щербаков

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт экологии Волжского бассейна РАН,  
г. Тольятти, Россия

Статья поступила в редакцию 04.09.2023.

В статье проведен анализ особенностей методов переработки нефтесодержащих отходов в зависимости от их радиоактивности, включая сжигание отходов, экстракцию нефтепродуктов, перегонку, биодеструкцию. Сформулированы ограничения выбора методов переработки нефтесодержащих отходов в зависимости от их радиоактивности. Разработан общий алгоритм выбора методов переработки. Установлены закономерности, которые следует учитывать при выборе метода переработки нефтесодержащих отходов в зависимости от их радиоактивности. Использование результатов работы позволит выбирать наиболее подходящие методы переработки нефтесодержащих отходов и достигать значительного снижения негативного воздействия радионуклидов на человека и окружающую среду.

Ключевые слова: нефтесодержащие отходы, радиоактивность, переработка, методы.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-5-107-113

EDN: VOMBHY

*Работа выполнена в рамках государственного задания учреждениям науки,  
номер 1021060107178-2-1.5.8.*

**1. ВВЕДЕНИЕ**

Воздействие нефтесодержащих отходов на здоровье человека и окружающую среду носит многоплановый характер и может наносить серьезный ущерб [1-8, 13, 14]. Одной из причин негативного воздействия нефтесодержащих отходов является их повышенная радиоактивность [9-12, 15].

Выбор метода переработки нефтесодержащих отходов в зависимости от их радиоактивности имеет ряд особенностей. Необходимо сформулировать ограничения выбора методов переработки нефтесодержащих отходов в зависимости от их радиоактивности и разработать общий алгоритм выбора методов переработки.

Настоящая статья посвящена анализу методов переработки нефтесодержащих отходов и особенностям их выбора в зависимости от радиоактивности.

---

*Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный эколог Самарской области, ведущий лабораторией инженерной экологии и экологического мониторинга. E-mail: avassil62@mail.ru*

*Ермаков Василий Васильевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории инженерной экологии и экологического мониторинга. E-mail: wassiliy@rambler.ru*

*Щербаков Даниил Евгеньевич, младший научный сотрудник лаборатории инженерной экологии и экологического мониторинга. E-mail: daniil199931@gmail.com*

**2. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ  
НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ  
С УЧЕТОМ ИХ РАДИОАКТИВНОСТИ****2.1. Общие подходы к выбору методов  
переработки нефтесодержащих отходов  
с учетом их радиоактивности**

Известно, что в настоящее время при выборе предпочтительной технологии переработки нефтесодержащих отходов в основном руководствуются такими критериями, как:

- применимость технологии к отходу данного состава;
- капитальные затраты на установку;
- затраты на обслуживание;
- возможность реализации конечного продукта;
- минимизация воздействия технологии на окружающую среду: сведение к минимуму объемов токсичных выбросов в атмосферу, сбросов сточных вод и образования нереализуемых побочных продуктов.

Задача переработки отходов состоит не только в том, чтобы уменьшить их массу и изменить их свойства, чтобы понизить класс опасности, но и в том, чтобы не допустить образование в процессе переработки других отходов.

Главным критерием выбора того или иного метода переработки будет являться удельная эффективная активность конечного продукта.

С использованием нормативных значений можно определить конкретные значения удельной эффективной активности  $A_{эфф}$  нефтесодержащих отходов для их переработки выбранным способом и различных вариантов использования конечного продукта (таблица 1).

Пределные значения удельной эффективной активности исходного отхода для его переработки тем или иным способом и выбранного использования конечного продукта применимы к нефтесодержащим отходам с составом, установленным экспериментальным путем.

**Таблица 1** – Рекомендованные значения удельной эффективной активности нефтесодержащих отходов для их переработки

Класс материала	Допустимая $A_{эфф}$ исходного отхода, Бк/кг		
	Сжигание	Экстракция нефтепродуктов	Перегонка
I (строительство жилых зданий)	< 100	< 90	< 180
II (дорожное строительство в населенных пунктах)	< 200	< 180	< 360
III (дорожное строительство вне населенных пунктов)	< 400	< 350	< 750
Использование на основании санитарно-эпидемиологического заключения	< 1100	< 1000	< 2000
Радиоактивный отход	< 2800	< 2500	< 5000

## 2.2. Выбор сжигания как метода переработки нефтесодержащих отходов

Экспериментально доказано, что при сжигании удельная эффективная активность получаемой золы сильно возрастает по сравнению с исходной. Это происходит из-за того, что в уменьшенной в процессе сжигания массе вещества остается сравнительно большой процент радионуклидов. При превышении в золе нормативного значения удельной эффективной активности, вследствие чего она может быть классифицирована как радиоактивный отход, есть два решения: обращение с золой как с радиоактивным отходом и уменьшение удельной эффективной активности путем разбавления другим материалом с меньшей активностью, например, грунтом.

Первое решение может быть наиболее выгодным, если масса образующейся золы мала, а её свойства не позволяют использовать ее в качестве строительного материала. Затраты при таком подходе полностью зависят от массы золы, направляемой на захоронение. Однако, накопление такой золы на территории площадки переработки перед транспортировкой к месту захоронения может привести к увеличению радиационного фона и дополнительному облучению персонала.

Второе решение подходит при большой зольности перерабатываемого нефтесодержащего отхода. Смешение с грунтом приводит к уменьшению концентрации радионуклидов и, следовательно, к уменьшению их удельной активности. Способ прост в организации, а получившуюся смесь грунта и золы при доведении ее удельной эффективной активности до нормативных значений может использоваться для хозяйственных нужд. Однако, очевиден минус данного подхода: чем выше удельная активность радионуклидов в золе, тем больше грунта потребуется на ее разбавление.

Также следует учитывать, что процент остающихся в золе радионуклидов напрямую зависит от зольности. При низкой зольности большая часть радионуклидов вместе с золой уноса попадают в газоочистное оборудование, что приводит к его радиационному загрязнению. При отсутствии же газоочистного оборудования радионуклиды из сжигаемого шлама будут поступать непосредственно в атмосферу. В итоге, при постоянной работе установки радиационный фон на рабочих местах, а также в зоне рассеивания выбросов будет постоянно увеличиваться.

Сжигание нефтесодержащих отходов с высокой удельной эффективной активностью подходит для переработки нефтесодержащих отходов с большой зольностью и изначально низкой удельной эффективной активностью, поскольку при таких условиях минимизируется процент уносимых с летучей золой радионуклидов и их удельная активность в золе.

Сжигание не рекомендуется для переработки нефтесодержащих отходов с низкой зольностью и изначально высокой удельной активностью радионуклидов;

При переработке нефтесодержащих отходов методом сжигания обязательно наличие газоочистного оборудования. Также необходима его своевременная очистка, чтобы не допустить радиоактивного загрязнения.

Кроме этого, следует помнить, что наибольшую выгоду от переработки методом сжигания можно получить только при условии, что перерабатываемый отход содержит минимальное количество воды и механических примесей.

### **2.3. Выбор экстракции нефтепродуктов как метода переработки нефтесодержащих отходов**

Экстракция нефтепродуктов позволяет получить сразу два полезных продукта: собственно, нефтепродукты, которые можно использовать как добавку к товарной нефти, и твердый остаток, который можно использовать в строительстве. С точки зрения радиоактивности конечных продуктов, переработка методом экстракции схожа с переработкой методом сжигания. В процессе так же происходит уменьшение массы перерабатываемого отхода, а удельная активность радионуклидов в остающемся твердом остатке увеличивается по сравнению с изначальной. Коэффициенты миграции радионуклидов для процесса экстракции нефтепродуктов выше, чем для процесса сжигания. Это означает, что при небольшом проценте механических примесей удельная активность радионуклидов в твердом остатке будет возрастать даже сильнее, чем в золе при сжигании. Стоит также отметить, что экстрагировать нефтепродукты из отходов с небольшим процентом механических примесей может быть экономически невыгодно. Следовательно, данный метод наиболее выгодно использовать для переработки нефтесодержащих отходов с большим содержанием механических примесей, например, нефтезагрязненных грунтов.

Преимущество экстракции перед сжиганием заключается в отсутствии уноса части радионуклидов, а, следовательно, отсутствии радиационного загрязнения атмосферы и прилегающих территорий. Перешедшие в растворитель с нефтепродуктами радионуклиды поднимают удельную эффективную активность раствора несущественно, а в процессе дальнейшей переработки и смешения с товарными нефтепродуктами практически не влияют на радиологические показатели реализуемой продукции. Однако, при транспортировке смеси растворителя и нефтепродуктов по трубопроводам для дальнейшей обработки, радионуклиды могут оседать на внутренней поверхности труб, что вызовет увеличение радиационного фона на рабочих местах. Вследствие этого, на технологической линии переработки нефтесодержащих отходов методом экстракции нефтепродуктов необходимо регулярное проведение радиационного контроля.

Можно сделать следующие выводы:

- метод экстракции нефтепродуктов наиболее хорошо подходит для переработки нефте-

содержащих отходов с большим содержанием механических примесей, например, нефтезагрязненных грунтов;

- экстракция нефтепродуктов из нефтесодержащих отходов с небольшим содержанием механических примесей не рекомендуется как с точки зрения рентабельности, так и с точки зрения радиационной безопасности, поскольку удельная эффективная активность конечного продукта при экстракции может быть даже выше, чем при сжигании.

### **2.4. Выбор перегонки как метода переработки нефтесодержащих отходов**

Перегонка нефтесодержащих отходов, как и экстракция нефтепродуктов, позволяет получить сразу два полезных продукта – смесь легких фракций и кубовый остаток, который может быть использован в качестве битума. Аналогично процессу экстракции, при перегонке не происходит унос радионуклидов в атмосферу. Кроме этого, радионуклиды не попадают и в отгоняемую дизельную фракцию, что исключает их отложение на внутренних поверхностях труб при дальнейшей транспортировке. Все радионуклиды, содержащиеся в исходном отходе, остаются в кубовом остатке, вследствие чего его удельная эффективная активность увеличивается. Однако, поскольку содержание тяжелых фракций в нефтяных шламах может достигать 50%, удельная эффективная активность увеличивается менее интенсивно, по сравнению со сжиганием и экстракцией. Поэтому перегонка может использоваться для переработки нефтесодержащих отходов с большой изначальной активностью и небольшими значениями зольности и содержания механических примесей, переработка которых экстракцией и сжиганием нежелательна.

По применению перегонки для переработки нефтесодержащих отходов можно сделать следующие выводы:

- при помощи перегонки можно перерабатывать малозольные отходы с небольшим содержанием механических примесей, переработка которых методами сжигания и экстракции нефтепродуктов нежелательна. При этом удельная эффективная активность кубового остатка может не превысить нормативных значений и быть реализована;

- получающаяся на выходе дизельная фракция практически не содержит радионуклидов, что минимизирует радиационное загрязнение оборудования.

На основе сделанных выводов, можно сформулировать основные критерии выбора методов переработки нефтесодержащих отходов с точки зрения их радиоактивности:

- сжигание подходит для переработки отходов с большим содержанием нефтепродуктов. При этом направляемый на переработку отход должен иметь низкое содержание воды, механических и минеральных примесей. Кроме этого, при сжигании происходит радиационное загрязнение газоочистного оборудования и прилегающей территории, что требует повышенного контроля;

- экстракция подходит для переработки отходов с большим содержанием механических примесей, например, нефтезагрязненных грунтов. Содержание воды не влияет на поведение радионуклидов. Радиационного загрязнения атмосферы и прилегающей территории не происходит, однако, существует риск отложения радионуклидов на внутренних поверхностях труб и оборудования;

- методом перегонки можно переработать нефтяные шламы с большими значениями удельной эффективной активности, нежели методами сжигания и экстракции, без образования материалов с повышенным содержанием природных радионуклидов. Зольность и содержание воды и механических примесей не влияют на поведение радионуклидов.

### 2.5. Выбор метода биодеструкции для переработки нефтесодержащих отходов

Следует отметить метод биодеструкции как перспективный для переработки нефтесодержащих отходов, переработка которых другими методами нежелательна. Если исходная удельная эффективная активность нефтесодержащего отхода уже превышает нормативное значение 10000 Бк/кг, возможно его смешение с грунтом с последующим внесением в смесь штаммов микроорганизмов, способных разлагать нефтепродукты, а также различных питательных добавок. Смешение с грунтом уже уменьшит концентрацию радионуклидов, а, следовательно, и их удельную активность пропорционально добавленной массе, а с учетом увеличения биомассы в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, можно добиться еще большего снижения концентрации радионуклидов.

Биодеструкция является наиболее простым методом переработки, а сам процесс не требует сложного аппаратного оформления и больших капитальных затрат. К недостаткам биодеструкции можно отнести необходимость использования большого количества грунта для смешения с нефтесодержащим отходом, большую длительность процесса, а также необходимость поддержания комфортных условий для жизнедеятельности микроорганизмов. Полученный после переработки грунт при правильно подобранном соотношении отхода и грунта для

смешения не будет являться радиоактивным отходом, что позволит реализовать его.

### 3. ОГРАНИЧЕНИЯ ВЫБОРА МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ РАДИОАКТИВНОСТИ

Ограничения выбора методов переработки нефтесодержащих отходов в зависимости от их радиоактивности можно сформулировать следующим образом.

Если золу, полученную в процессе сжигания нефтяного шлама, планируется использовать в качестве добавки к строительным материалам для строительства жилых и общественных зданий, то для исходного шлама должно соблюдаться выражение:

$$\frac{100(A_{Ra}K_{C(Ra)} + 1,31A_{Th}K_{C(Th)} + 0,085A_KK_{C(K)})}{X} \leq 350 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}, (1)$$

где  $K_{C(Ra)}$ ,  $K_{C(Th)}$ ,  $K_{C(K)}$  – коэффициенты миграции радия, тория и калия соответственно при сжигании.

Если золу, полученную в процессе сжигания нефтяного шлама, планируется использовать в качестве добавки к строительным материалам для дорожного строительства в пределах населенных пунктов, то для исходного шлама должно соблюдаться выражение:

$$\frac{100(A_{Ra}K_{C(Ra)} + 1,31A_{Th}K_{C(Th)} + 0,085A_KK_{C(K)})}{X} \leq 740 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}, (2)$$

Если золу, полученную в процессе сжигания нефтяного шлама, планируется использовать в качестве добавки к строительным материалам для дорожного строительства за пределами населенных пунктов, то для исходного шлама должно соблюдаться выражение:

$$\frac{100(A_{Ra}K_{C(Ra)} + 1,31A_{Th}K_{C(Th)} + 0,085A_KK_{C(K)})}{X} \leq 1500 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}, (3)$$

Если твердый остаток, полученный в процессе экстракции нефтепродуктов из нефтяного шлама, планируется использовать в качестве добавки к строительным материалам для строительства жилых и общественных зданий, то для исходного шлама должно соблюдаться выражение:

$$\frac{100(A_{Ra}K_{Э(Ra)} + 1,31A_{Th}K_{Э(Th)} + 0,085A_KK_{Э(K)})}{X} \leq 350 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}, (4)$$

где  $K_{Э(Ra)}$ ,  $K_{Э(Th)}$ ,  $K_{Э(K)}$  – коэффициенты миграции радия, тория и калия соответственно при экстракции нефтепродуктов.

Если твердый остаток, полученный в процессе экстракции нефтепродуктов из нефтяного шлама, планируется использовать в качестве добавки к строительным материалам для дорожного строительства в пределах населенных пунктов, то для исходного шлама должно соблюдаться выражение:

$$\frac{100(A_{Ra}K_{Э(Ra)} + 1,31A_{Th}K_{Э(Th)} + 0,085A_KK_{Э(K)})}{X} \leq 740 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}, (5)$$

Если твердый остаток, полученный в процессе экстракции нефтепродуктов из нефтяно-

го шлама, планируется использовать в качестве добавки к строительным материалам для дорожного строительства за пределами населенных пунктов, то для исходного шлама должно соблюдаться выражение:

$$\frac{100(A_{Ra}K_{Э(Ra)} + 1,31A_{Th}K_{Э(Th)} + 0,085A_KK_{Э(K)})}{X} \leq 1500 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}, (6)$$

Если кубовый остаток (битум), полученный в процессе отгонки дизельной фракции из нефтяного шлама, планируется использовать в качестве добавки к строительным материалам для строительства жилых и общественных зданий, то для исходного шлама должно соблюдаться выражение:

$$\frac{100A_{эфф}}{X} \leq 350 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}, (7)$$

где  $A_{эфф}$  – удельная эффективная активность радионуклидов в исходном шламе.

Если кубовый остаток (битум), полученный в процессе отгонки дизельной фракции из нефтяного шлама, планируется использовать в качестве добавки к строительным материалам для дорожного строительства в пределах населенных пунктов, то для исходного шлама должно соблюдаться выражение:

$$\frac{100A_{эфф}}{X} \leq 740 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}, (8)$$

Если кубовый остаток (битум), полученный в процессе отгонки дизельной фракции из нефтяного шлама, планируется использовать в качестве добавки к строительным материалам для дорожного строительства за пределами населенных пунктов, то для исходного шлама должно соблюдаться выражение:

$$\frac{100A_{эфф}}{X} \leq 1500 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}, (9)$$

Для предотвращения образования радиоактивного отхода в процессе сжигания, для исходного шлама должно соблюдаться выражение:

$$\frac{100(A_{Ra}K_{C(Ra)} + 1,31A_{Th}K_{C(Th)} + 0,085A_KK_{C(K)})}{X} \leq 10000 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}, (10)$$

Для предотвращения образования радиоактивного отхода в процессе экстракции нефтепродуктов, для исходного шлама должно соблюдаться выражение:

$$\frac{100(A_{Ra}K_{Э(Ra)} + 1,31A_{Th}K_{Э(Th)} + 0,085A_KK_{Э(K)})}{X} \leq 10000 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}, (11)$$

Для предотвращения образования радиоактивного отхода в процессе отгонки дизельной фракции, для исходного шлама должно соблюдаться выражение:

$$\frac{100A_{эфф}}{X} \leq 10000 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}}, (12)$$

#### 4. ОБЩИЙ АЛГОРИТМ ВЫБОРА МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ РАДИОАКТИВНОСТИ

Зная характер миграции радионуклидов при переработке нефтесодержащих отходов и

учитывая сформированные ограничения, можно разработать систему выбора методов переработки.

На основании проведенного анализа разработаем общий алгоритм выбора методов переработки нефтесодержащих отходов в зависимости от их радиоактивности.

1. На основе критериев применимости, рентабельности и экологичности технологии выбирается один или несколько предпочтительных методов переработки.

2. Для отхода определяются удельные активности  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ , а также содержание продукта переработки для каждого процесса (зольность для сжигания, содержания механических примесей для экстракции, содержание битумной фракции для перегонки).

3. Исходя из содержания конечного продукта, определяются коэффициенты миграции природных радионуклидов.

4. В качестве предпочтительного метода переработки выбирается тот, для которого выполняется максимальное количество критериев (экологичность, экономичность и т.д.).

5. Необходимо оценить возможности реализации конечного продукта.

#### 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного обзора методов переработки нефтесодержащих отходов, а также анализа экспериментальных данных, можно отметить следующие закономерности.

При сжигании нефтесодержащих отходов:

- в нелетучей золе остается до 53% радионуклидов от их содержания в исходном шламе. Оставшаяся часть радионуклидов уносится с летучей золой.

- процент радионуклидов, остающихся в нелетучей золе, зависит от содержания в отходе минеральных веществ.

- масса перерабатываемого отхода сильно уменьшается.

При экстракции нефтепродуктов из нефтесодержащих отходов:

- в твердом остатке остается до 68% радионуклидов от их содержания в исходном шламе. Оставшаяся часть радионуклидов переходит в раствор с экстрагированными нефтепродуктами.

- процент радионуклидов, остающихся в твердом остатке, зависит от содержания в отходе механических примесей.

- уменьшение массы при переработке также зависит от содержания механических примесей.

При отгонке дизельной фракции:

- в кубовом остатке всегда остается 100% радионуклидов от их содержания в исходном шламе.

На основе данных закономерностей следует разработать рекомендации, по которым следует выбирать тот или иной метод переработки, с точки зрения обеспечения требований радиационной безопасности с учетом капитальных затрат на внедрение соответствующих технологий, а также с учетом сформулированных ограничений выбора методов переработки нефтесодержащих отходов в зависимости от их радиоактивности и алгоритма выбора методов.

Использование результатов работы позволит выбирать наиболее подходящие методы переработки нефтесодержащих отходов и достигать значительного снижения негативного воздействия радионуклидов на человека и окружающую среду.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания учреждениям науки, номер 1021060107178-2-1.5.8.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, А.В. Особенности мониторинга негативного воздействия нефтесодержащих отходов на биосферу / А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2022 – Т. 24. – № 2. – С. 113-120.
2. Васильев, А.В. Подходы к определению токсичности нефтесодержащих отходов с использованием биоиндикации и биотестирования / А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2022 – Т. 24. – № 5. – С. 36-43.
3. Васильев, А.В. Анализ источников загрязнения биосферы нефтепродуктами и особенности оценки их экологического воздействия / А.В. Васильев // Научный журнал «Академический вестник ЭЛПИТ». – Том 7. – № 2(20). – С.15-20.
4. Васильев, А.В. Подходы к разработке методик оценки негативного воздействия нефтесодержащих отходов на человека и биосферу / А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2022. – Т. 24. – № 6. – С. 165-172.
5. Васильев, А.В. Анализ и оценка загрязнения биосферы при воздействии нефтесодержащих отходов: Монография / А.В. Васильев. – Самара: Издательство СамНЦ РАН, 2022. – 106 с., обл.
6. Васильев, А.В. Анализ особенностей и практические результаты экологического мониторинга за загрязнением почвы нефтесодержащими отходами / А.В. Васильев, Д.Е. Быков, А.А. Пименов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16. – № 1(6). – С.1705-1708.
7. Ермаков, В.В. Определение класса опасности нефтешламов / В.В. Ермаков, А.Н. Сухонослова, Д.Е. Быков, Д.А. Пирожков // Экология и промышленность России. – 2008. – № 7. – С. 14-16.
8. Карташев, А.Г. Влияние нефтезагрязнений на почвенных беспозвоночных животных/ А.Г. Карташев, Т.В. Смолина. – Томск: В-Спектр, 2011. – 146 с.
9. Омелянюк, М.В. Очистка нефтепромыслового оборудования от отложений солей с природными радионуклидами / М.В. Омелянюк // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 2. – С. 23-29.
10. Пучков, А.В. Радиоактивность нефтешлама: первые результаты исследований территории болотоземельской тундры / А.В. Пучков, Е.Ю. Яковлев, А.С. Дружинина, С.В. Дружинин // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 10. – С. 75-80.
11. Фердман, В.М. Проблема обращения с радиоактивными отходами на предприятиях нефтедобычи / В.М. Фердман, Н.С. Минигазимов // Уральский экологический вестник. – 2014. – № 2. – С. 15-19.
12. Bakr W.F. Assessment of the radiological impact of oil refining industry // Journal of Environmental Radioactivity. – 2010. – № 101. – С. 237-243.
13. Vasilyev A.V. Method and approaches to the estimation of ecological risks of urban territories // Safety of Technogenic Environment. 2014. № 6. Pp. 43-46.
14. Vasilyev A.V. Classification and reduction of negative impact of waste of oil-gas industry. Proc. of World Heritage and Degradation. Smart Design, Planning and Technologies Le Vie Dei Mercanti. XIV Forum Internazionale di Studi. 2016. Pp. 101-107.
15. Vasilyev A.V. Experience, Results and Problems of Ecological Monitoring of Oil Containing Waste. Proceedings of the 2018 IEEE International Conference «Management of Municipal Waste as an Important Factor of Sustainable Urban Development» (WASTE'2018), October, 4-6, 2018, Saint-Petersburg; edition of Saint-Petersburg State Electrical Technical University "LETI", 2018, pp. 82-85.

## PECULIARITIES OF TREATMENT OF OIL CONTAINING WASTES IN DEPENDENCE OF IT RADIOACTIVITY

© 2023 A.V. Vasilyev, V.V. Ermakov, D.E. Shcherbakov

Samara Federal Research Center of Russian Academy of Science, Institute of Ecology of Volga Basing RAS,  
Togliatti, Russia

In this paper analysis of peculiarities of methods of treatment of oil-containing wastes in dependence on the degree of its radioactivity have been described, including wastes incineration, extraction of oil products, distillation, biological destruction. Limitations of the choice of methods of oil containing wastes treatment in dependence of its radioactivity level have been suggested. General algorithm for selection of methods of treatment of oil-containing wastes in dependence on the degree of its radioactivity has been developed. Regularities which is necessary to take into consideration during the selection of methods of treatment of oil-containing wastes in dependence on the degree of its radioactivity have been determined. Using of the results of work is allowing us to select the most appropriate methods of treatment of oil-containing wastes and to reach significant reduction of radioactive nuclides negative impact to the humans and to the environment.

*Key words:* oil containing waste, radioactivity, treatment, methods.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-5-107-113

EDN: VOMBHY

### REFERENCES

1. *Vasil'ev, A.V.* Osobennosti monitoringa negativnogo vozdejstviya neftesoderzhashchih othodov na biosferu / A.V. Vasil'ev // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN.* – 2022 – T. 24. – № 2. – S. 113-120.
2. *Vasil'ev, A.V.* Podhody k opredeleniyu toksichnosti neftesoderzhashchih othodov s ispol'zovaniem bioindikacii i biotestirovaniya / A.V. Vasil'ev // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN.* – 2022 – T. 24. – № 5. – S. 36-43.
3. *Vasil'ev, A.V.* Analiz istochnikov zagryazneniya biosfery nefteproduktami i osobennosti ocenki ih ekologicheskogo vozdejstviya / A.V. Vasil'ev // *Nauchnyj zhurnal "Akademicheskij vestnik ELPIIT".* – Tom 7. – № 2(20). – S.15-20.
4. *Vasil'ev, A.V.* Podhody k razrabotke metodik ocenki negativnogo vozdejstviya neftesoderzhashchih othodov na cheloveka i biosferu / A.V. Vasil'ev // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN.* – 2022. – T. 24. – № 6. – S. 165-172.
5. *Vasil'ev, A.V.* Analiz i ocenka zagryazneniya biosfery pri vozdejstvii neftesoderzhashchih othodov: Monografiya / A.V. Vasil'ev. – Samara: Izdatel'stvo SamNC RAN, 2022. – 106 s., obl.
6. *Vasil'ev, A.V.* Analiz osobennostej i prakticheskie rezul'taty ekologicheskogo monitoringa zagryazneniya pochvy neftesoderzhashchimi othodami / A.V. Vasil'ev, D.E. Bykov, A.A. Pimenov // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN.* – 2014. – T. 16. – № 1(6). – S.1705-1708.
7. *Ermakov, V.V.* Opredelenie klassa opasnosti nefteshlamov / V.V. Ermakov, A.N. Suhonosova, D.E. Bykov, D.A. Pirozhkov // *Ekologiya i promyshlennost' Rossii.* – 2008. – № 7. – S. 14-16.
8. *Kartashev, A.G.* Vliyanie neftezagryaznenij na pochvennyh bespozvonochnyh zhivotnyh/ A.G. Kartashev, T.V. Smolina. – Tomsk: V-Spekt, 2011. – 146 s.
9. *Omelyanyuk, M.V.* Ochistka neftepromyslovogo oborudovaniya ot otlozhenij solej s prirodnyimi radionuklidami / M.V. Omel'yanyuk // *Zashchita okruzhayushchej sredy v neftegazovom komplekse.* – 2008. – № 2. – S. 23-29.
10. *Puchkov, A.V.* Radioaktivnost' nefteshlama: pervye rezul'taty issledovaniy territorii bol'shezemel'skoj tundry / A.V. Puchkov, E.YU. YAKovlev, A.S. Druzhinina, S.V. Druzhinin // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya.* – 2022. – № 10. – S. 75-80.
11. *Ferdman, V.M.* Problema obrashcheniya radioaktivnymi othodami na predpriyatiyah neftedobychi / V.M. Ferdman, N.S. Minigazimov // *Ural'skij ekologicheskij vestnik.* – 2014. – № 2. – S. 15-19.
12. *Bakr W.F.* Assessment of the radiological impact of oil refining industry // *Journal of Environmental Radioactivity.* – 2010. – № 101. – S. 237-243.
13. *Vasilyev A.V.* Method and approaches to the estimation of ecological risks of urban territories // *Safety of Technogenic Environment.* 2014. № 6. Pp. 43-46.
14. *Vasilyev A.V.* Classification and reduction of negative impact of waste of oil-gas industry. Proc. of World Heritage and Degradation. Smart Design, Planning and Technologies Le Vie Dei Mercanti. XIV Forum Internazionale di Studi. 2016. Pp. 101-107.
15. *Vasilyev A.V.* Experience, Results and Problems of Ecological Monitoring of Oil Containing Waste. Proceedings of the 2018 IEEE International Conference "Management of Municipal Waste as an Important Factor of Sustainable Urban Development" (WASTE'2018), October, 4-6, 2018, Saint-Petersburg; edition of Saint-Petersburg State Electrical Technical University "LETI", 2018, pp. 82-85.

*Andrey Vasilyev, Doctor of Technical Science, Professor, Honorary Ecologist of Samara Region of Russia, Head of the Engineering Ecology and of Ecological Monitoring Laboratory. E-mail: avassil62@mail.ru*

*Vasily Ermakov, Candidate of Technical Science, Senior Researcher of the Engineering Ecology and of Ecological Monitoring Laboratory. E-mail: wassiliy@rambler.ru*

*Daniil Shcherbakov, Junior Researcher of the Engineering Ecology and of Ecological Monitoring Laboratory. E-mail: daniil199931@gmail.com*