

## Геоэкология

УДК 504.4.054:622.32(045)

*Е.А. Борисова*

### РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПРУДОВ-ШЛАМОНАКОПИТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

**Аннотация.** Одной из отраслей, наиболее загрязняющих окружающую среду, является нефтехимическая промышленность. Переработка отходов нефтеперерабатывающих предприятий и нефтехимических производств является сейчас одной из наиболее актуальных экологических проблем в России. Одним из наиболее опасных загрязнителей практически всех компонентов природной среды являются нефтесодержащие отходы – нефтяные шламы. В настоящее время разрабатываются принципиально новые технические решения по рекультивации прудов-шламонакопителей и процессы получения химических продуктов в результате утилизации накопленных в них отходов. Более рациональными являются технологии переработки нефтешламов с получением конечного продукта. Их основное преимущество – безотходность. В последнее время большое внимание также уделяется биологическому разложению нефтяных отходов. Активность почвенных микроорганизмов позволит решить задачу последующей их утилизации. Таким образом, каждый вид нефтешлама требует особенного подхода при решении вопросов о технологической схеме их переработки.

**Ключевые слова:** нефтешлам, пруд-шламонакопитель, биоремедиация, фиторемедиация, рекультивация нефтезагрязненных земель, биологическая рекультивация.

*Для цитирования:* Борисова Е.А. Разработка предложений по рекультивации прудов-шламонакопителей на примере предприятий нефтегазовой отрасли удмуртской республики // Управление техносферой: электрон. журнал. 2018. Т.1. Вып. 3. URL: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>

Техногенная нагрузка на природную среду в настоящее время увеличивается по мере увеличения темпов научно-технического прогресса. В окружающую среду внедряется все больше новых веществ, несвойственных ей, (порой сильно ядовитых). Часть веществ накапливается в биосфере, что приводит к негативным экологическим последствиям. Если в первой половине XX века токсичное воздействие поллютантов на биосферу во многих регионах мира сглаживалось происходящими в ней естественными процессами, то в последующие годы масштабы антропогенной нагрузки привели последнюю на грань экологической катастрофы [1].

Одной из отраслей, наиболее загрязняющих природную среду, является нефтяная промышленность. Одним из наиболее опасных поллютантов практически всех компонентов окружающей среды являются нефтесодержащие отходы – нефтешламы.

Нефтяные шламы представляют собой аномально устойчивые эмульсии, постоянно меняющиеся под действием атмосферы и различных процессов, протекающих в окружающей среде. Постепенно происходит естественное «старение» эмульсий за счет уплотнения и упрочнения бронирующих оболочек на каплях воды, испарения легких фракций, окисления и осмоления нефти, перехода асфальтенов и смол в другое состояние, формирование коллоидно-мицелярных конгломератов, проникновения дополнительных механических включений неорганического происхождения. Устойчивость к разрушению таких сложных многокомпонентных дисперсных систем многократно увеличивается, а обработка и утилизация их представляет одну из сложнейших задач [2].

Состав компонентов нефтяного шлама может сильно отличаться для различных накопителей, что сильно усложняет и без того трудноразрешимую проблему утилизации нефтешламов. Вывод об опасности или безопасности нефтешламов для окружающей среды можно сделать лишь на основании комплексной оценки, учитывающей все входящие в их состав токсичные и канцерогенные элементы [3].

Нефтяные шламы обычно накапливаются и собираются в прудах-шламонакопителях. При долгом хранении они подразделяются на три слоя: верхний – трудноразделимая эмульсия, средний – загрязненная вода, донный – осадок с большим содержанием механических примесей. Под шламовые хранилища отводятся огромные площади земельных угодий, которые полностью выключаются из сельскохозяйственного оборота.

В настоящее время разрабатываются принципиально новые технические решения по рекультивации прудов - шламонакопителей и процессы получения

химических продуктов в результате переработки накопленных в них отходов. Более экономичными являются технологии переработки нефтешламов с получением конечного продукта. Их основное преимущество – безотходность [4].

В последнее время большое внимание также уделяется биологическому разложению нефтяных шламов. Активность почвенных микроорганизмов позволит решить задачу последующей их утилизации.

Таким образом, каждый вид нефтяного шлама требует индивидуального подхода при решении вопросов о технологической схеме их переработки.

Территория, подлежащая рекультивации, представляет собой земельные участки, на которых расположены два пруда площадью 2496 м<sup>2</sup> и 1777 м<sup>2</sup> глубиной от 2,5 до 3 м с изношенной и неэксплуатируемой канализационной инфраструктурой. Дно, как правило, образовано глинистыми субстратами, загрязненными нефтепродуктами.

Во время обследования территории проведены оценка состояния природной среды и ландшафтно-индикационные исследования, в процессе которых были выявлены антропогенно измененные участки ландшафта.

На исследуемых прудах, на поверхности воды (накапливаемой в прудах в результате стоков талой и дождевой воды) присутствует нефтяная пленка и нефтезагрязненный поверхностный слой дна и обвалований прудов.

Для проведения лабораторных исследований на содержание нефтепродуктов были отобраны десять проб почвы и две пробы воды. Загрязнение почв и воды нефтепродуктами исследуемых прудов подтверждается данными количественного химического анализа отобранных проб.

Рекультивация почв, на которых расположен пруд - шламонакопитель, и пруд дополнительного отстоя, направлена на восстановление земель до лесохозяйственных целей. Работы по рекультивации территории планируется проводить на земельном участке, находящейся в собственности Предприятия,

занятого производственными объектами площадью 0,473 га. Рекультивация земель осуществляется с целью их восстановления и передачи последних в собственность муниципального образования.

Необходимый объем и перечень работ, предусмотренный рекультивацией, приведен в табл. 1.

Таблица 1

### Перечень и объем работ, предусмотренный рекультивацией

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Количество
1	Вырубка древесной и кустарниковой растительности	м <sup>3</sup>	20
2	Сбор, транспортирование и размещение древесно-кустарниковой растительности на ОРО	м <sup>3</sup>	20
3	Корчевание, сбор, транспортирование и обезвреживание пней	м <sup>3</sup>	30
4	Демонтаж элементов системы канализации	тн.	3,7
6	Сбор, транспортирование и утилизация нефтезагрязненной воды	м <sup>3</sup>	694,3
7	Обустройство специальной площадки для обезвреживания загрязненного нефтепродуктами грунта	м <sup>2</sup>	5 260
8	Обезвреживание грунта загрязненного нефтепродуктами	м <sup>3</sup>	1 580
9	Перемещение обезвреженного грунта в пруды	м <sup>3</sup>	1 580
10	Планировка прудов	м <sup>2</sup>	4 273
11	Посев травянистой растительности	м <sup>2</sup>	4 273
12	Посадка лесных культур	м <sup>2</sup>	4 273
13	Мониторинг	м <sup>2</sup>	4 273

В настоящее время наиболее эффективным и экономически целесообразным методом рекультивации нефтезагрязненных земель является метод биоремедиации, основанный на применении биопрепаратов. Предлагаемый способ отличается высокой степенью очистки, экономичностью, простотой, надежностью и экологичностью. Технология применима для ликвидации

нефтяных загрязнений даже на болотистых почвах и водных объектах. При ликвидации загрязнений только механическими и физико-химическими способами не всегда достигается должный эффект, так как зачастую возникает проблема утилизации отходов, образующихся после очистки. Использование биопрепаратов гарантирует максимальное извлечение нефтепродуктов, при этом ни в качестве промежуточных, ни в качестве конечных продуктов токсичные вещества не образуются [5].

Микробиологический способ биоремедиации грунта, загрязненного нефтепродуктами, основан на биодеградации углеводов нефти и нефтепродуктов, подвергающихся окислительной деструкции и минерализации под воздействием биологических препаратов, содержащих углеводородоокисляющие микроорганизмы (аборигенную микрофлору). Процесс разложения нефтепродуктов происходит в период от нескольких дней или недель до нескольких месяцев в зависимости от уровня загрязнения объекта, химического состава поллютанта, климатических, геологических и физико-химических параметров среды [6].

Конечным результатом процесса биоремедиации является постепенное исчезновение старых органических и образование новых минеральных соединений, включающихся в биологический оборот; процесс гумификации завершается консервацией органических веществ в новообразованных, устойчивых к разложению продуктах – гумусовых соединениях [7].

Основными компонентами биопрепаратов являются экологически безопасные бактериальные биомассы природных сапрофитных штаммов (продуцентов) *Acinetobacter bicocum*, *Acinetobacter valentis*, *Arthrobacter sp.*, *Rhodococcus sp.*, а также их различных сочетаний. Штаммы бактерий выделены из активного ила нефтеперерабатывающего завода и загрязненных нефтепродуктами образцов почвы, что устраняет проблему адаптации микроорганизмов к реальным условиям загрязнения.

Все штаммы микроорганизмов, использованные для создания

биологических препаратов, не патогенны, не токсичны и не оказывают влияния на ход естественных природных процессов. Биопрепараты выпускаются специализированными биохимическими лабораториями в виде порошка или суспензии живых бактерий, что дает возможность перевозить их на любые расстояния любым видом транспорта.

Утилизация нефтепродуктов биопрепаратами продолжается до максимального исчезновения загрязнителя. При этом ни в качестве конечных, ни в качестве промежуточных продуктов ядовитые вещества не образуются.

Анализ основных марок биопрепаратов приведен в табл. 2.

Таблица 2

### Основные марки биопрепаратов

Наименование препарата	Разлагаемые субстраты	Диапазон температур, °С	Диапазон pH	Титр живых клеток, кл./г
1	2	3	4	5
Валентис	Сырая нефть, мазут, моторное масло, бензин	10-50	3,0-8,0	$10^{10}$
Дестройл	Сырая нефть, нефтешламы, мазут, дизельное топливо, бензин, керосин	10-42	4,5-8,5	$10^9$
Аллегро	Сырая нефть, бензин, дизельное топливо, тяжелые парафины, ароматические углеводороды, фенол	15-45	1,0-5,0	$10^9$
Петротрит	Сырая нефть, нефтепродукты: бензин, дизельное топливо, мазут, моторные масла	10-40	4-10	$10^{10}$

На основании приведенного анализа основных характеристик биопрепаратов, а также невысокой стоимости препарата, «Дестройл» был выбран для проведения рекультивации территории.

Для оценки эффективности биопрепарата «Дестройл» в рамках разработки проекта рекультивации земли в районе Предприятия был заложен полевой опыт.

Эффект действия препарата определялся визуально. Деструкцию нефтепродуктов на поверхности почвы выражалась в изменении цвета.

Агрегатный состав нефтепродуктов в почве изменялся от вязкой жидкости до легко распадающихся твердых частиц с запахом гнили во влажном состоянии. Кусочки грунта с остатками разложившихся нефтепродуктов не горючи.

Эффективность действия биологического препарата «Дестройл» была доказана на основании количественного химического анализа содержания в почве участка рекультивации нефтепродуктов и изменения уровня рН.

Результаты количественного химического анализа отобранных проб приведены в табл. 3.

Таблица 3

### Химический анализ проб почвы участка рекультивации

Место и дата отбора проб		Результат анализа	
		Водородный показатель, ед. рН	Нефтепродукты мг / кг
Участок пробной рекультивации нефтезагрязненной территории	14.07	5,45	5 154
	25.08	6,10	2 980
	25.09	6,91	1100

На графиках (рис. 1 и 2) представлены результаты анализов проб грунта.

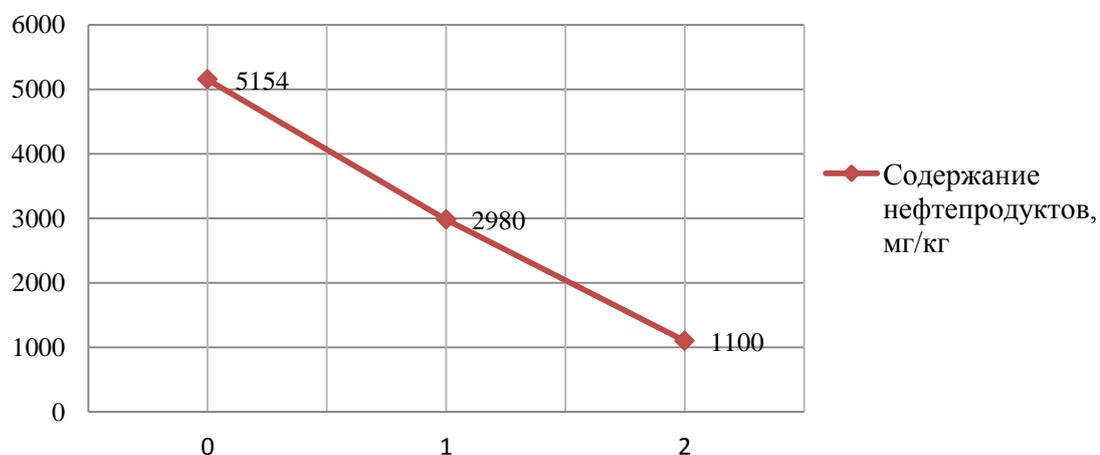
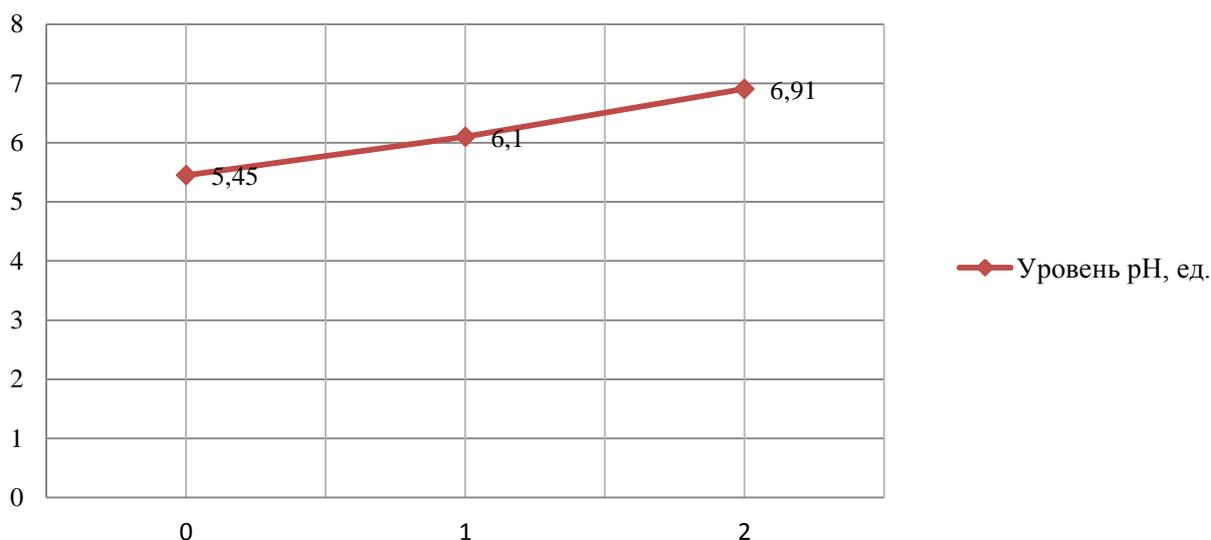


Рис. 1. Содержание нефтепродуктов в исследуемых образцах проб грунта



**Рис. 2. Изменение уровня рН в исследуемых образцах проб грунта**

Оценка эффективности применения препарата проведена по формуле:

$$\mathcal{E} = (C_0 - C_i) / C_0 \times 100 \%$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -ого загрязняющего вещества, мг/кг;

$C_0$  – начальная концентрация  $i$ -ого загрязняющего вещества, мг / кг.

Таким образом, на основании расчетов эффективность действия после первого месяца обработки препаратом составила:

$$\mathcal{E} = (52\,154 - 36\,980) / (52\,154) \times 100 \% = 30,0 \%$$

Эффективность после второго месяца обработки препаратом составила:

$$\mathcal{E} = (52\,154 - 8\,500) / (52\,154) \times 100 \% = 84,0 \%$$

## **Выводы**

Биопрепараты проявляют универсальные свойства при разложении нефтепродуктов, однако их специфичность, проявляющаяся в повышенной активности, зависит от определенных условий.

Оптимизация условий применения биопрепаратов в процессе очистки

определяется исходя из загрязненного объекта природной среды, количества загрязнителя, гидрометеорологической обстановки на месте работ, наличия технических средств и возможности их оперативной доставки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. М.: Наука, 2001. 226 с.
2. Конопелько Л.А., Бегак О.Ю., Окрепилов М. В. Экологические проблемы нефтедобычи // Экологические системы и приборы. 2012. № 2. С. 30 – 35
3. Туманян А. Ф. Экологические последствия загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами при аварийных ситуациях и способы рекультивации земель М.: Изд.-во «Техника», 2004. С. 3 – 6
4. О биологической очистке технологических отвалов от нефтепродуктов / О.Н. Логинов, Т.Ф. Бойко, В.П. Костюченко, С.И. Комаров, А.К. Подцепихин, Н.Ф. Галимзянова // Почвоведение. 2002. № 4. С. 481 – 486.
5. Сметанин В. И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель: учебник. М.: Колос, 2000. 96 с.
6. Хаустов А. П., Редина М. М. Охрана окружающей среды при добыче нефти. М.: Дело, 2006. 552 с.
7. Чернавская Н.М. [и др.]. Нефть – природный ресурс как фактор техногенного и экологического риска // Экономика природопользования. 2007. № 6. с. 78 – 96.

Поступила в редакцию 18.11.2018

#### ***Сведения об авторах***

*Борисова Елена Анатольевна*

к.б.н., доцент кафедры, Институт Гражданской защиты

Удмуртский государственный университет,

426034 ул. Университетская, 1/4, г. Ижевск, Россия.

E-mail: e\_borisova75@mail.ru

*E. A. Borisova*

## **DEVELOPMENT PROPOSALS FOR THE RECLAMATION OF PONDS, TAILINGS POND ON THE EXAMPLE OF THE OIL AND GAS INDUSTRY ENTERPRISES OF THE UDMURT REPUBLIC**

**Annotation.** One of the industries most polluting the environment is the petrochemical industry. Recycling of oil refineries and petrochemical plants is now one of the most pressing environmental problems in Russia. One of the most dangerous pollutants of some environmental components is oil-containing waste – oil sludge. Currently, fundamentally new technical solutions are being developed for the reclamation of ponds-sludge collectors and the procedures for obtaining chemical products as a result of the disposal of their accumulated waste. More rational is the technology of processing oil sludge with the final product. Their main advantage is waste-free. Recently, much attention has also been paid to the biodegradation of oil waste. The activity of soil microorganisms will solve the problem of their subsequent disposal. Thus, each type of sludge requires a special approach when deciding on the technological scheme of their processing.

**Key words:** oil sludge, pond-sludge reservoir, bioremediation, phytoremediation, recultivation of oil-contaminated land, biological reclamation.

*For citation:* E. A. Borisova [Tailings pond on the example of the oil and gas industry enterprises of the udmurt republic]. *Upravlenie texnosferoj*, 2018, vol. 1, iss. 2. (in Russ.) Available at: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>

## **REFERENCES**

1. Ananieva N.D. *Mikrobiologicheskie aspekty` samoochishheniya i ustojchivosti pochv*. [Microbiological aspects of self-cleaning and soil stability], Moscow: Nauka, 2001, 226 p. (in Russ.).
2. Konopelko L.A. [The ecological problems of the oil production], *E`kologicheskie sistemy` i pribory`*, 2012, no. 2, pp. 30 – 353 (in Russ.).
3. Tumanyan A.F. [*E`kologicheskie posledstviya zagryazneniya pochv nef`yu i nefteproduktami pri avarijny`x situacijax i sposoby` rekul`tivacii zemel`*], Environmental Consequences of Soil Pollution by Oil and Oil Products in Emergencies and Land Remediation Methods, Moscow: Tekhnika, 2004, pp. 3 – 6 (in Russ.).
4. Loginov O.N., Boyko T.F., Kostyuchenko V.P., Komarov S.I., Podtsechikhin A.K., Galimzyanova N.F. [On the biological treatment of technological waste dumps from petroleum], *Pochvovedenie*, 2002, no. 4, pp. 481 – 486 (in Russ.).

5. Smetanin V.I. *Rekul'tivaciya i obustrojstvo narushenny`x zemel`*, [Reclamation and arrangement of disturbed lands], uchebnik. Moscow: Kolos, 2000. 96 p. (in Russ.).
6. Xaustov A.P., Redina M.M. *Oxrana okruzhayushhej sredy` pri doby`che nefi.* [Environmental Protection in oil production] Moscow: *Delo*, 2006, 552 p. (in Russ.).
7. Chernavskaya N.M. [Oil – the natural resource as a factor of technological and environmental risk], *E`konomika prirodo-pol`zovaniya*, 2007, no. 6, pp. 78 – 96 (in Russ.).

Received 18.11.2018

***About the Authors***

*Borisova E.A.*

Candidate of Biological Sciences

Associate Professor, Institute of Civil Protection

Udmurt State University

426034, University str. 1/4, Izhevsk, Russia.

E-mail: [e\\_borisova75@mail.ru](mailto:e_borisova75@mail.ru)