

Научная статья

Original article

УДК 504.054.062.4

doi: 10.55186/2413046X\_2022\_7\_11\_689

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕРХОВОГО ТОРФА ДЛЯ ОЧИСТКИ  
НЕФТЕЗАГРЯЗНЁННЫХ ПОЧВ НА СЕВЕРЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ  
THE USE OF TOP PEAT FOR CLEANING OIL-CONTAMINATED SOILS  
IN THE NORTH OF THE IRKUTSK REGION**



**Горбаев Алексей Викторович**, геолог, ООО «Иркутская нефтяная компания», Россия, г. Иркутск, Большой Литейный проспект д. 4, Gorbaev87@mail.ru

**Gorbachev Alexey Viktorovich**, geologist, Irkutsk Oil Company LLC., Russia, Irkutsk, Bolshoy Liteyny Prospekt, 4, Gorbaev87@mail.ru

**Аннотация.** Производственная деятельность нефтегазодобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий оказывает техногенное воздействие на объекты природной среды. Одними из наиболее опасных загрязнителей практически всех компонентов природной среды – поверхностных и подземных вод, почвенно-растительного покрова, атмосферного воздуха – являются нефть и нефтепродукты[1]. Рекультивация земель – это комплекс мероприятий, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных и загрязненных земель. Основная задача рекультивации – снизить содержание нефтепродуктов и находящихся с ними других токсичных веществ до безопасного уровня, восстановить продуктивность земель, утерянную в результате загрязнения[2].

Актуальность проблемы становится значительно выше для нефтегазодобывающей промышленности, где вероятны аварийные разливы нефти и нефтепродуктов. Естественное самоочищение природных объектов загрязненных нефтью является длительным процессом, в особенности в районах Крайнего Севера, регионе, в котором длительный промежуток времени сохраняется пониженная температура. Для решения этой проблемы были выделены различные виды торфа на территории Даниловского месторождения Иркутской области, определён их физико-химический состав и в лабораторных условиях измерена нефтеёмкость каждого из них. По результатам исследований для очистки нефтезагрязнённых почв в данной местности рассмотрена возможность использования в качестве сорбента местного верхового торфа.

**Abstract.** The production activities of oil and gas producing and oil refining enterprises have a man-made impact on the objects of the natural environment. One of the most dangerous pollutants of almost all components of the natural environment – surface and groundwater, soil and vegetation cover, atmospheric air - are oil and petroleum products[1]. Land reclamation is a set of measures aimed at restoring productivity and economic value of disturbed and polluted lands. The main task of reclamation is to reduce the content of petroleum products and other toxic substances associated with them to a safe level, to restore the productivity of land lost as a result of pollution[2].

The urgency of the problem becomes much higher for the oil and gas industry, where accidental oil and petroleum product spills are likely. Natural self-purification of natural objects polluted with oil is a long process, especially in the regions of the Far North, a region in which low temperatures persist for a long period of time. To solve this problem, various types of peat were identified on the territory of the Danilovsky deposit of the Irkutsk region, their physico-chemical composition was determined and the oil capacity of each of them was measured in laboratory conditions. According to the results of research for the purification of

oil-contaminated soils in this area, the possibility of using local peat as a sorbent was considered.

**Ключевые слова:** нефтезагрязнённые почвы, очистка почв, сорбенты, верховой торф, нефтеёмкость

**Keywords:** oil-contaminated soils, soil purification, sorbents, peat, oil capacity

## 1. Введение

В настоящий момент проблема очистки нефтезагрязнённых почв на территории Восточной Сибири в районах Крайнего Севера остаётся достаточно сложной и нерешённой. Почва способна активно аккумулировать загрязняющие вещества, но способность самоочищаться имеет свои пределы. В условиях тундры, тайги заявленная проблема доставляет массу неудобств. Суровые климатические условия становятся причиной низкого скоростного режима биологического круговорота веществ, что, в свою очередь, объясняет агрохимические и морфологические преобразования. Почва в климатических условиях тундры и тайги наделена минимальными свойствами к самоочищению, биодеструкция нефти протекает очень медленно, что благоприятствует формированию потоков нефти, загрязняющих природные экологические системы на значительном расстоянии от места разлива.

В случае аварийного разлива нефтепродуктов возникает необходимость в оперативном устранении последствий. Различают следующие восстановительные этапы:

- 1) технический этап, на котором происходит ликвидация при помощи механических способов основного объема загрязнения;
- 2) биологический, предполагающий восстановление растительных и животных сообществ в зоне экологического бедствия.

На биологическом этапе используются сорбционные материалы, которые способны поглощать нефть. В настоящее время с этой целью прибегают к синтетическим сорбентам, а также сорбентам природного происхождения. Функция этих веществ – способствование распаду

углеводородов нефти на безопасную воду и углекислый газ. Подобные функции могут выполняться бактериями, грибами, микроводорослями, но их эффективность будет на порядок ниже, чем это требуется. Одним из таких сорбентов натурального происхождения, который способен изолировать нефтепродукты является торф [3].

Торф относится к сорбентам. Он имеет природное происхождение и обладает способностью накапливать нефтепродукты. Торф является осадочным полезным ископаемым, образуемым из отсыревшей болотной растительности из-за ее неполного микробиологического разложения в условиях переизбытка влаги, слабом доступе кислорода. Основа торфа - остатки растений торфообразователи – твердые высокополимеры целлюлозы природы, продукты их распада, лигнин. Помимо органической составляющей, в торфе присутствуют минеральные компоненты: разной природы нерастворимые минералы, адсорбционные образования минералов с гуминовыми веществами, другими продуктами распада, неорганическими компонентами торфяной воды, ионообменными органоминеральными соединениями, комплексно-гетерополярными производными. Из-за своей структуры, присутствия углеводородсодержащей микрофлоры (УОМ) торф может применяться в качестве адсорбента нефтяных углеводородов, их биодеструктором, Применение торфа для деструкции нефтяных углеводородов сопряжено с его активацией посредством привнесения азотно-фосфорных удобрений с последующей инкубацией в мезофильном режиме на протяжении 3-7 суток. Привнесение активированного торфа в нефтяную среду обеспечивается рост общего числа УОМ [4].

Микрофлора торфяников развивается в ситуации полуразрушенной органики и отличается сильной деструктивной активностью из-за присутствия углеродоокисляющих микроорганизмов. Эта микрофлора, попадая в нефтяную среду, не требует длительного адаптационного периода. Относительно нефти сорбционная емкость торфа детерминирована степенью

разложения и составляет 8-10 г нефти для верхового торфа, 6-8 г нефти для низинного на 1 г абсолютно сухого торфа. Торф способен подавлять пары (это снижает опасность возгорания), впитывать нефтяные углеводороды из земли и из воды.

Торф может впитать в 8-12 раз больше собственного веса. Численность углеводородокисляющих микроорганизмов в 4-5 раз превышает аналогичный показатель для почвы, количество этих микроорганизмов по окончании физико-химической активации торфа увеличивается в 20-100 раз.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод, что применение активированного торфа для очистки нефтезагрязненной почвы содействует их быстрому восстановлению. Самым подходящим к использованию считается местный торф. В него вносят минеральные добавки, содержащие азот, фосфор, калий.

Восстановление нефтезагрязненных почв при помощи торфа не вызывает никаких ограничений с экологической точки зрения, кроме того, оно выгодно и экономически. Еще одним позитивным моментом является то, что использованный торф можно оставить на месте как органическое удобрение, повышающее биопродуктивность почвы для следующей стадии фиторемедиации[5].

## **2. Объекты и методы исследования**

Объектами исследования являются верховые торфы, образующиеся в долинах рек Нижняя Тунгусска и Непа на территории Даниловского нефтегазового месторождения Иркутской нефтяной компании, которое относится к Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. Располагается данное месторождение в 350 км к северо-востоку от г. Усть-Кут и в 190 км к северу от города Киренск Иркутской области. Активная эксплуатация ведется с начала 2000 х годов.

Проведены лабораторные испытания по определению состава, физико-химических свойств, измерена нефтеёмкость различного вида торфа на

данном месторождении. Сделан вывод о возможности применения верхового торфа в качестве сорбента для очистки нефтезагрязнённых почв после аварийных разливов нефти в данной местности.

### **3. Результаты исследования**

Главным физическим свойством сорбента является нефтеёмкость (г/г), то есть масса нефтепродукта, которую способен поглотить 1 г сорбента.

Статическая нефтеёмкость поглощения рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{стат}} = M_{\text{поглощ}} / M_{\text{сорбента}}, \text{ г/г}$$

где  $M_{\text{поглощ}}$  - масса поглощённого нефтепродукта, г

$M_{\text{сорбента}}$  - масса используемого сорбента, г

Нефтеёмкость поглощения в динамических условиях

$$N_{\text{дин}} = (M_{\text{начальная}} - M_{\text{остаточная}}) / M_{\text{сорбента}}, \text{ г/г}$$

где  $M_{\text{начальная}}$  - исходная масса нефтепродукта, г

$M_{\text{остаточная}}$  - остаточная масса несорбируемых нефтепродуктов, г [6].

Нефтеёмкость торфа определяли гравиметрическим способом.

#### **Методика вычисления нефтеёмкости:**

1. Определяли массу углеводорода, удерживаемого сеткой-ловушкой. Для этого при помощи весов 2-ого класса точности определяли ее массу  $m_1$ . В стеклянную чашку наливали 200 мл нефти или стабильного газового конденсата. На 10 минут опускали сетку-ловушку в сорбтив. Чашку с сеткой-ловушкой прикрывали часовым стеклом. Далее сетку извлекали в стеклянный стакан и давали углеводороду стечь в течение 10 минут. Стакан накрывали также часовым стеклом. По истечении 10 минут взвешивали сетку ловушку, определяли массу сетки с углеводородом  $m_2$ . По разнице масс находили массу удерживаемого сеткой-ловушкой углеводорода:

$$m_3 = m_2 - m_1, \text{ г}$$

$m_1$  – масса сетки-ловушки, г;

$m_2$  – масса сетки-ловушки с удерживаемым ею углеводородом, г;

$m_3$  – масса, удерживаемого сеткой-ловушкой углеводорода, г.

2. Определяли нефтеемкость торфа следующим образом. Навеску одной фракции торфа  $m_T$  в количестве 3 г размещали в сетку-ловушку равномерным слоем. Далее сетку опускали в углеводород и эксперимент проводили по аналогии с вышеописанным. Массу углеводорода, удерживаемого торфом, находили по формуле:

$$N_e = (m_5 - m_4 - m_3) / m_T, \text{ г/г}$$

где  $N_e$  – нефтеёмкость, 1 г УВ/1 г торфа;

$m_5$  – масса сетки-ловушки, торфа и удерживаемого углеводорода, г;

$m_4$  – масса сетки-ловушки и торфа, г;

$m_T$  – масса навески торфа, г.

3. Полученную нефтеемкость  $N_e$  пересчитывали на сухое вещество торфа по следующей формуле:

$$m_{TC} = m_T * (100 - W_i^a) / 100, \text{ г}$$

где  $m_{TC}$  – масса абсолютно сухого торфа, г;

$W_i^a$  – влажность аналитическая  $i$ -ой навески торфа, %.

$$N_{ec} = m_T / m_{TC}, \text{ г/г}$$

$N_{ec}$  – нефтеемкость на сухое вещество торфа, 1 г УВ/1 г торфа.

Эксперименты проводили до достижения сходимости результатов:  $R=0,95$ ,  $n=5$ , разброс значений нефтеемкости принимался в интервале  $\pm 2,5\%$ [6].

На Даниловском месторождении были взяты пробы верхового торфа и в лаборатории ЦЛАТИ г.Усть-Кут определён элементный состав в зависимости от степени разложения. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 Состав верхового торфа Даниловского месторождения.

№п/п	Вид верхового торфа	Степень разложения, %	Элементный состав торфа		
			С, %	Н, %	О+N+S, %
1	Сфагново-мочажинный	5	50,8	4,6	44,8
2	Фускум	20	49,4	5,3	45,5
3	Пушинцево-сфагновый	25	56,1	6,2	36,9
4	Пушинцево-сфагновый	35	57	5,9	37,4

На Даниловском месторождении в лаборатории установки подготовки нефти определили физико-химические свойства местной нефти с добывающих скважин.

Таблица 2 Основные физико-химические свойства нефти с Даниловского месторождения Иркутской области

№ п/п	Плотность при 20 градусах, кг/м <sup>3</sup>	Массовая доля воды, %	Массовая доля хлористых солей, мг/дм <sup>3</sup>	Массовая доля серы, %	Давление насыщенных паров, кПа
1	840	0,05	14	0,57	41,2

Для местного верхового торфа с территории Даниловского месторождения в лаборатории ЦЛАТИ г. Усть-Кут определили нефтеёмкость по отношению к нефти  $\rho=840$  кг/м<sup>3</sup>, добываемой на Даниловском месторождении для разной степени его разложения. Результаты представлены в таблице 3.



Таблица 3 Зависимость нефтёмкости верхового торфа с Даниловского месторождения Иркутской области от степени его разложения.

№ п/п	Вид нефтепродукта	Степень разложения верхового торфа, %			
		5	20	25	35
1	нефть $\rho_n=840$ кг/м <sup>3</sup>	9,14	3,35	2,84	1,57

#### 4. Обсуждение

Из таблицы 3 видно, что нефтёмкость верхового торфа из данной местности по отношению к нефти  $\rho_n=840$  кг/м<sup>3</sup> находится в пределах от 9,14 г/г до 1,57 г/г в зависимости от степени его разложения от 5 % до 35 % соответственно. Наибольшая нефтёмкость характерна для верховых торфов малой степени разложения  $R=5\%$  сфагново-мочажинного типа. С увеличением степени разложения отмечено резкое снижение нефтёмкости. Это связано с влиянием степени биохимического распада растений-торфообразователей на структуру самого торфа.

#### 5. Заключение

Очистка нефтезагрязненных почв с использованием верхового торфа мелиорантов безупречна с экологической точки зрения и экономически выгодна. Абсорбент способен подавлять пары углеводородов, что уменьшает опасность возгорания, и впитывает их не только из земли, но и из воды, поэтому может быть использован и на водной поверхности.

На севере Иркутской области в бассейнах рек Нижняя Тунгуска и Непа, что возле Даниловского месторождения, есть значительные запасы верхового торфа имеющего нефтёмкость в пределах 1,57-9,14 г/г. Этих значений вполне достаточно чтобы в дальнейшем данный верховой торф использовать в качестве сорбента для очистки нефтезагрязненных почв после аварийных разливов нефти на трубопроводах в данной местности. При этом негативное антропогенное воздействие на природную среду существенно снижается[7].

#### Список источников

- 1.Ахметов А.Ф., Гайсина А.Р., Мустафин И.А. Методы утилизации нефтешламов различного происхождения // Нефтегазовое дело. – 2011. – №9. – С.98-101.
- 2.Кузнецов Ф. М. Рекультивация нефтезагрязненных почв / Ф. М. Кузнецов, А. П. Козлов, В. В. Середин, Е. В. Пименова. – Пермская государственная сельскохозяйственная академия: Пермь, 2003. – 196 с.
- 3.Адельфинская Е. А., Беляев А.М. Исследование эффективности микробиологической рекультивации нефтезагрязнённых земель. – Санкт-Петербургский государственный университет: Санкт-Петербург, 2018 – №5. – С.41-45.
- 4.Гаврилов С. В., Канарская З. А. Адсорбционные свойства торфа и продуктов его переработки //Вестник Казанского национального исследовательский технологического университета. Казань — 2015. - Т. 18. — № 2. – С. 422–427.
- 5.Бурмистрова Т.И., Алексеева Т.П., Стахина Л.Д., Середина В.П. Биодegradация нефти и нефтепродуктов в почве с использованием мелиорантов на основе активированного торфа /– Томск: Институт химии нефти, 2010. – № 1(9). – С. 5–12.
- 6.Чухарева Н.В., Шишмина Л.В., Маслов С.Г. Определение нефтеёмкости торфов Томской области. // Химия растительного сырья. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск — 2013. — № 2. С.227-235.
- 7.Горбаев А.В., Тимофеева С.С. Применение торфа для очистки почв тайги от загрязнений нефтью и нефтепродуктами // Безопасность-2020 XXV Всероссийская студенческая научно-практическая конференция с международным участием «Проблемы экологической и промышленной безопасности современного мира». Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск – 2020. – С. 179-181.

## References

1. Akhmetov A.F., Gaisina A.R., Mustafin I.A. Methods of utilization of oil sludge of various origin // Oil and gas business. – 2011. – №9. – P.98-101.
2. Kuznetsov F. M. Recultivation of oil-contaminated soils / F. M. Kuznetsov, A. P. Kozlov, V. V. Seredin, E. V. Pimenova. – Perm State Agricultural Academy: Perm, 2003. – 196 p.
3. Adelfinskaya E. A., Belyaev A.M. Investigation of the effectiveness of microbiological reclamation of oil-contaminated lands. – St. Petersburg State University: St. Petersburg, 2018 – No. 5. – Pp.41-45.
4. Gavrilov S. V., Kanarskaya Z. A. Adsorption properties of peat and its processed products //Bulletin of the Kazan National Research Technological University. Kazan — 2015. - Vol. 18. — No. 2. – pp. 422-427.
5. Burmistrova T.I., Alekseeva T.P., Stakhina L.D., Seredina V.P. Biodegradation of oil and petroleum products in soil using meliorants based on activated peat /– Tomsk: Institute of Petroleum Chemistry, 2010. – No. 1(9). – pp. 5-12.
6. Chukhareva N.V., Shishmina L.V., Maslov S.G. Determination of the oil capacity of peat of the Tomsk region. // Chemistry of vegetable raw materials. National Research Tomsk Polytechnic University. Tomsk — 2013. — No. 2. pp.227-235.
7. Gorbaev A.V., Timofeeva S.S. The use of peat for cleaning taiga soils from oil and petroleum products pollution // Safety-2020 XXV All-Russian student scientific and practical conference with international participation "Problems of environmental and industrial safety of the modern world". Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk – 2020. – Pp. 179-181.

**Для цитирования:** Горбаев А.В. Использование верхового торфа для очистки нефтезагрязнённых почв на севере Иркутской области // Московский экономический журнал. 2022. № 11. URL: <https://qje.su/rekreacia-i-turizm/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-11-2022-58/>