

Н. В. Фокина

Перспективы использования сорбентов различной модификации при очистке природных сред от нефтепродуктов в условиях Кольского Севера

Выполнены исследования по изучению эффективности применения алюмосиликатного минерала вермикулита различной модификации в качестве сорбента для очистки природных сред от нефтепродуктов. Показано, что обработка сорбента гидрофобным модификатором "Пента-804" позволяет получить гидрофобный сорбент, обладающий высокими показателями по водостойкости; он способен длительно удерживаться на поверхности воды и нетоксичен для биоты. Наибольшую эффективность продемонстрировали сорбенты, на поверхность которых были иммобилизованы штаммы аборигенных бактерий-нефтедеструкторов рода *Pseudomonas*. Они позволяют добиться высокой степени очистки, составляющей 99,8 %. Также отмечена высокая степень очистки воды сорбентом с ковалентной сшивкой (76,26 %) и бактериальной суспензией (51,34 %). Использование сорбентов в течение длительного времени нецелесообразно из-за процессов десорбции. Применение вермикулитового сорбента методом рассыпания по поверхности воды оказалось эффективнее, чем использование в матах, что связано с более полным покрытием поверхности загрязнения. Так, степень очистки поверхности при использовании сорбента россыпью составила 95 %, в то время как степень очистки поверхности при использовании сорбента в матах – 78 %. При этом использование сорбента в матах позволяет свести процент оседания частиц к нулю, а маты остаются на плаву более длительное время. После применения в процессе очистки сорбент можно обжечь, модифицировать и использовать повторно. Модифицированный гидрофобный вермикулит в матах может быть использован лишь на начальных этапах очистки почв при значительных разливах нефти. Гидрофильные сорбенты могут выполнять функцию рыхления почвы, улучшая ее механические свойства, и служить носителем для углеводородокисляющих микроорганизмов.

Ключевые слова: природные среды, нефть, загрязнение, биоремедиация, сорбенты, бактерии

Информация о статье: поступила в редакцию 09.10.2018; получена после доработки 23.01.2019

Введение

Проблема загрязнения нефтью и нефтепродуктами природных сред северных регионов России не теряет своей остроты. Развитие нефтегазового комплекса Евро-Арктического региона России может привести к необходимости разработки способов обеспечения экологической безопасности при транспортировке и перевалке нефти и нефтепродуктов (НП) на территории Мурманской области.

В естественных условиях удаление нефти и ее составляющих из загрязненных зон определяется совокупностью абиотических и биотических процессов. Естественные процессы самоочищения и восстановления почв, загрязненных нефтью, протекают достаточно медленно, особенно при высоких уровнях загрязнения и низкой способности сред к самоочищению, что свойственно северным регионам.

Биоремедиация с использованием микроорганизмов-нефтедеструкторов и сорбентов является эффективным средством ликвидации загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами [1–8]. Очень обширна и широко используется для очистки нефтезагрязненных почв группа сорбентов, производимых на основе природного растительного сырья. Также широкое применение нашли синтетические сорбенты, обладающие более высокой нефтеемкостью и низким водопоглощением по сравнению с сорбентами на основе растительных и органоминеральных материалов [9; 10].

Для очистки поверхности водоемов на первый план выходят такие свойства сорбента, как высокая нефтеемкость, гидрофобность и нетоксичность [11; 12]. Для очистки почв важно, чтобы сорбент улучшал структуру почвы, обладал способностью к биоразложению и мог служить в качестве источника минерального питания для углеводородразлагающих бактерий [13; 14].

Цель данного исследования – эффективность использования сорбентов различной модификации, а также углеводородокисляющих бактерий, выделенных из почв, загрязненных нефтепродуктами, в процессе очистки воды и почвы от НП в условиях как лабораторных, так и полевых экспериментов.

Материалы и методы

Для очистки водной поверхности от НП в качестве сорбента использовали алюмосиликатный минерал вермикулит, одно из крупнейших в мире месторождений которого находится на территории Мурманской области. Термоактивированный сорбент на основе вермикулита характеризуется развитой удельной поверхностью, биостойкостью и химической инертностью. Для более эффективного извлечения НП с поверхности воды вермикулитовому сорбенту необходимо придать гидрофобные свойства. При выборе гидрофобизаторов следует учитывать степень их токсичности, адгезию к поверхности сорбента, термическую и химическую устойчивость, а также экономическую целесообразность. В нашей работе мы использовали нещелочное кремнийорганическое соединение – олигометилсилоксан (производственное название "Пента-804"), а также 3-аминопропилтриэтоксисилан с последующей активацией глутаровым альдегидом, что позволило иммобилизовать бактериальные клетки на носителе с помощью биоспецифической адсорбции (ковалентная иммобилизация на нерастворимых носителях).

Подобранные концентрации органических эмульсий и способы обработки сорбента позволили получить малогорючие и негорючие гидрофобные сорбенты, нефтеемкость которых достигала 6 г/г, влагоемкость в течение трех дней не превышала 0,5 вес.%, а способность удерживаться на поверхности воды сохранялась более 10 суток [15].

В предварительных исследованиях из нефтезагрязненных почв Кольского полуострова были выделены доминирующие штаммы углеводородоксилирующих бактерий и проведены опыты по выявлению их деструкционной активности. Для иммобилизации на поверхности гидрофобных сорбентов были выбраны 2 штамма бактерий, относящихся к роду *Pseudomonas*. Количество бактериальных клеток в суспензии до иммобилизации и количество клеток, иммобилизованных на поверхности сорбента, определяли методом посева.

Для иммобилизации бактериальных клеток на модифицированных вермикулитовых сорбентах бактериальную суспензию (плотностью 10^8 кл/мл) с помощью электрической мешалки тщательно перемешивали с сорбентом в течение двух часов (150 мл на 10 г сорбента). Затем сорбент пропускали через сито с размером ячеек 0,5 мм и сушили под инфракрасной лампой.

Для исследования использовали колбы емкостью 250 мл, в которые добавляли по 150 мл воды, 5 мл дизельного топлива (ДТ) и 3 г сорбента.

Варианты опыта:

- 1 – вермикулитовый сорбент (ВС) + вода + ДТ;
- 2 – гидрофобный ВС, обработанный модификатором "Пента-804", + вода + ДТ;
- 3 – ВС с ковалентной сшивкой + вода + ДТ;
- 4 – ВС с иммобилизованными бактериальными клетками (ВСБ) + вода + ДТ;
- 5 – гидрофобный ВСБ + вода + ДТ;
- 6 – ВСБ с ковалентной сшивкой + вода + ДТ;
- 7 – ВСБ на воде;
- 8 – бактериальная суспензия;
- 9 – вода + ДТ.

Колбы держали в термостате в течение 3 и 7 дней, после чего сорбент отфильтровывали через сито. Концентрацию нефтепродуктов в жидкой и твердой фазах определяли методом ИК-спектроскопии на анализаторе нефтепродуктов АН-2.

Следующий этап работы заключался в изучении эффективности сорбентов для очистки воды и почвы, загрязненных нефтепродуктами, при различных способах их внесения.

Для работы использовали воду, соленость и плотность которой за счет добавления морской соли соответствовала средним показателям для Баренцева моря (соленость 33 ‰, плотность $1,025$ г/см³). В качестве загрязнителя использовали товарную нефть Приразломного месторождения. В сосуды с водой, площадь поверхности которых составляла 330 см², добавляли по 30 мл нефти (25,5 г).

Через 7 часов после загрязнения вносили сорбент. Использовали 2 способа применения вермикулитового сорбента. В первом случае сорбент рассыпали по поверхности воды с нефтью, во втором случае сорбент находился в матах из нейлоновой сетки с размером ячеек 1Ч1 мм, маты помещали на поверхность воды.

Количество сорбента составляло 15 г на 30 мл нефти. Продолжительность эксперимента – 6 суток, температура воды поддерживалась в диапазоне 14–20 °С. По завершению лабораторного эксперимента сорбенты удаляли с поверхности воды.

Для постановки лабораторных опытов по очистке почвы от нефтепродуктов использовали А1-Fe-гумусовый подзол. Почву помещали в пластиковые контейнеры и вносили по 100 г нефти на 2 кг почвы. После впитывания и распределения нефти в толще почвы вносили сорбенты: гидрофобный сорбент в нейлоновых мешочках (30 г), полностью покрывая площадь разлива; гидрофильный сорбент вносили

россыпью, тщательно смешивая с почвой (рис. 1). Кроме того, был использован гидрофильный сорбент с иммобилизованными углеводородокисляющими бактериями *Pseudomonas spp.*

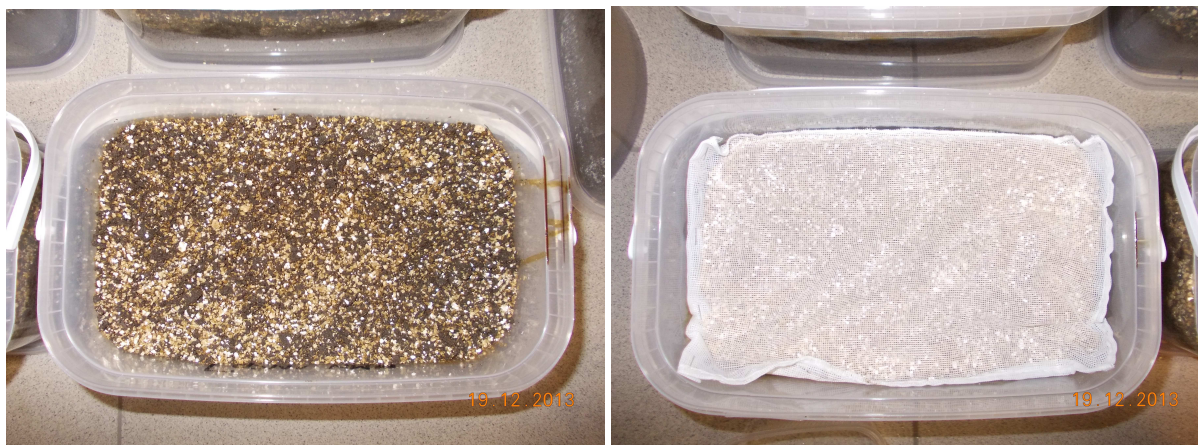


Рис. 1. Способы внесения гидрофобного и гидрофильного сорбентов при очистке почвы от нефтепродуктов

Fig. 1. Ways of applying hydrophobic and hydrophilic sorbents for soil cleaning from oil products

Результаты и обсуждение

На рис. 2 представлены результаты распределения дизельного топлива в твердой и жидкой фазе.

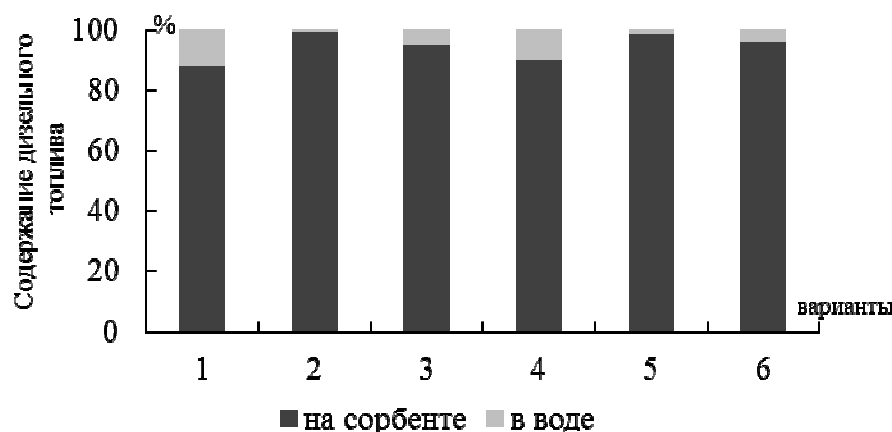


Рис. 2. Содержание дизельного топлива в воде и на сорбенте (%): 1 – ВС + вода + ДТ;

2 – гидрофобный ВС, обработанный модификатором "Пента-804", + вода + ДТ;

3 – ВС с ковалентной сшивкой + вода + ДТ; 4 – ВСБ + вода + ДТ; 5 – гидрофобный ВСБ + вода + ДТ;

6 – ВСБ с ковалентной сшивкой + вода + ДТ

Fig. 2. Content of diesel fuel in water and sorbent (%): 1 – vermiculite sorbent (VS) + water + diesel fuel (DF);

2 – hydrophobic VS treated with a "Penta-804" modifier + water + DF;

3 – VS with covalent cross-linking + water + DF; 4 – immobilized VS + water + DF;

5 – immobilized hydrophobic VS + water + DF; 6 – VSB with covalent cross-linking + water + DF

Полученные результаты говорят о том, что наибольшей степенью очистки воды обладает гидрофобный сорбент с иммобилизованными клетками бактерий (99,8 %), обработанный модификатором "Пента-804" (табл. 1). При этом сорбент вместе с дизельным топливом локализуется на поверхности воды, что обеспечивает благоприятные условия для деструкции ДТ бактериями, иммобилизованными на сорбенте. Также можно отметить высокую степень очистки воды сорбентом с ковалентной сшивкой (76,26 %) и бактериальной суспензией (51,34 %). Наименьшей степенью очистки воды от дизельного топлива обладает вермикулитовый сорбент без модификаций и сорбент с иммобилизованными бактериальными клетками на воде без питательной среды.

Следует отметить, что в нашем эксперименте на 7-е сутки происходило увеличение содержания ДТ в воде вследствие процесса десорбции. Поэтому использование сорбентов в течение длительного времени не целесообразно (табл. 2).

Таблица 1. Концентрация ДТ в воде через 3 суток, г/л
Table 1. Concentration of DF in water after 3 days, g/l

	Вариант опыта	Средняя концентрация ДТ в воде, г/л	Степень очистки, %
1	ВС + вода + ДТ	19,88 ± 0,15	13,91
2	Гидрофобный ВС + вода + ДТ	0,05 ± 0,01	99,79
3	ВС с ковалентной сшивкой + вода + ДТ	11,76 ± 1,95	49,08
4	ВСБ + вода + ДТ	12,48 ± 3,69	45,94
5	Гидрофобный ВСБ + вода + ДТ	0,05 ± 0,01	99,8
6	ВСБ с ковалентной сшивкой + вода + ДТ	5,48 ± 1,84	76,26
7	ВСБ на воде	20,64	10,59
8	Бактериальная суспензия	11,24	51,34
9	Вода + ДТ	23,09 ± 0,34	0

Таблица 2. Содержание ДТ в воде (г/л) через 3 и 7 суток
Table 2. Content of DF in water (g/l) after 3 and 7 days

	Вариант	Через 3 суток	Через 7 суток
1	ВС + вода + ДТ	19,88	20,71
2	Гидрофобный ВС + вода + ДТ	0,05	0,03
3	ВС с ковалентной сшивкой + вода + ДТ	11,76	10,83
4	ВСБ + вода + ДТ	12,48	16,82
5	Гидрофобный ВСБ + вода + ДТ	0,05	2,36
6	ВСБ с ковалентной сшивкой + вода + ДТ	5,48	17,5

Применение вермикулитового сорбента методом рассыпания по поверхности воды оказалось более эффективным, чем использование сорбента в матах (рис. 3).

Скорее всего, это объясняется полным покрытием поверхности разлившейся нефти, в то время как использование сорбента в матах не давало такого покрытия. Остаточное содержание нефтепродуктов в воде составило $1,27 \pm 0,54$ г (до 95 %) при использовании сорбента россыпью. Также было учтено количество сорбента с нефтью, осевшего на дно сосуда за время эксперимента. В среднем эта величина составила 8,6 % от общего количества за 6 суток.

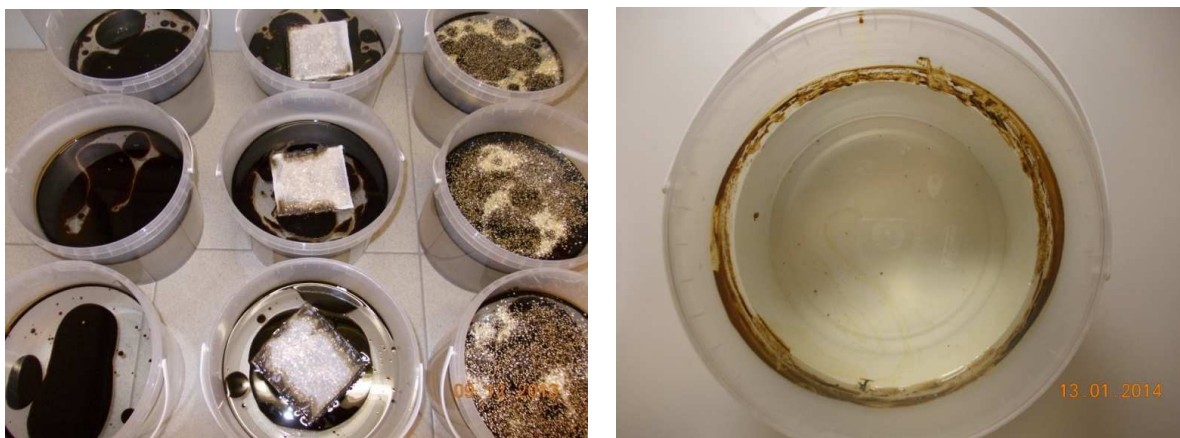


Рис. 3. Методы использования сорбента для очистки воды от нефтепродуктов в лабораторных условиях
Fig. 3. Methods of sorbent using for water purification from oil products in laboratory conditions

Остаточное содержание нефтепродуктов в воде при использовании сорбента в матах составило в среднем $5,39 \pm 3,83$ г (78 %). Использование сорбента в матах позволяет свести процент оседания к нулю, при этом маты остаются на плаву по меньшей мере 14 суток.

Лабораторные опыты по изучению скорости и качества очистки нефтезагрязненной почвы с помощью сорбентов различной модификации показали следующие результаты. Исходное содержание нефти в почве составило 48 г/кг. Через 7 суток после внесения нефти в почву ее содержание уменьшилось во всех вариантах в среднем на 20 %, в основном в результате испарения и других физико-химических процессов (табл. 3).

Таблица 3. Содержание нефти (г/кг) в почве
Table 3. Oil content (g/kg) in soil

Вариант	Время определения, сут	
	1	7
Гидрофобный сорбент в матах	48 ± 0,7	35,9 ± 1,7
Гидрофильный сорбент россыпью	48 ± 0,7	37,0 ± 0,5
Гидрофильный сорбент с иммобилизованными бактериальными клетками россыпью	48 ± 0,7	37,4 ± 2,3
Почва без сорбентов	48 ± 0,7	38,5 ± 1,7

Через 30 суток было отмечено снижение содержания нефтепродуктов в почве в среднем на 40 %. Из графика (рис. 4) видно, что разница в содержании НП в вариантах с контролем и сорбентами не достоверна.

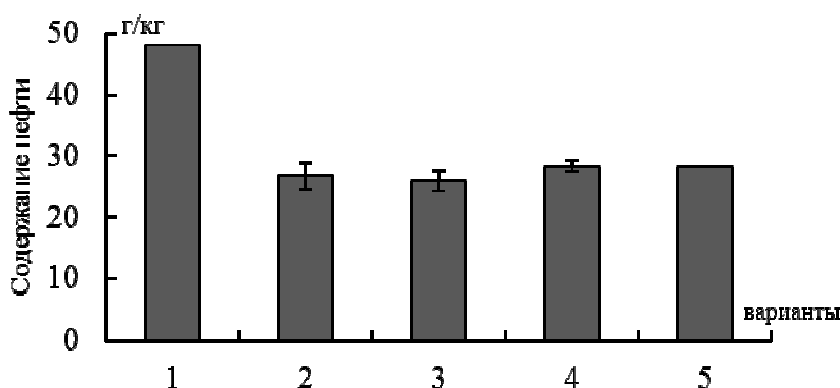


Рис. 4. Содержание нефти (г/кг) в почвенных образцах через 30 суток: 1 – исходное содержание; 2 – гидрофобный сорбент в матах; 3 – гидрофильный сорбент россыпью; 4 – гидрофильный сорбент с иммобилизованными бактериальными клетками россыпью; 5 – почва без сорбентов
Fig. 4. Oil content (g/kg) in soil samples after 30 days: 1 – the initial content; 2 – hydrophobic sorbent in mats; 3 – hydrophilic sorbent by scattering; 4 – hydrophilic sorbent with immobilized bacterial cells by scattering; 5 – soil without sorbents

Заключение

Таким образом, обработка сорбента гидрофобным модификатором "Пента-804" позволяет получить гидрофобный сорбент при меньшем расходе модификатора, который обладает высокими показателями по водостойкости, способен длительно удерживаться на поверхности воды, нетоксичен. Иммобилизация бактериальных клеток на поверхности гидрофобного сорбента позволяет интенсифицировать метаболические процессы и достигать высокой степени очистки воды от нефтепродуктов.

При длительном использовании происходит увеличение содержания ДТ в воде вследствие процесса десорбции. Поэтому использование сорбентов в течение длительного времени не целесообразно. После применения в процессе очистки сорбент можно обжечь, модифицировать и использовать повторно.

Применение вермикулитового сорбента методом рассыпания по поверхности воды оказалось более эффективным, чем использование в матах, что связано с более полным покрытием поверхности загрязнения. При этом использование сорбента в матах позволяет свести процент оседания к нулю, а маты остаются на плаву более длительное время.

При очистке почвы от нефтепродуктов модифицированный гидрофобный вермикулит в матах может быть использован лишь на начальных этапах и при значительных разливах нефти. Гидрофильные сорбенты могут выполнять функцию рыхления почвы и улучшения за счет этого ее механических свойств, а также служить носителем для углеводородокисляющих микроорганизмов.

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность канд. биол. наук В. А. Мязину и Т. Г. Губкиной за помощь в выполнении работы.

Библиографический список

1. Semenyuk N. N., Yatsenko V. S., Strijakova E. R., Filonov A. E., Petrikov K. V. Effect of activated charcoal on bioremediation of diesel fuel-contaminated soil // Microbiology. 2014. V. 83, Iss. 5. P. 589–598. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0026261714050221>.

2. Чухарева Н. В., Шишмина Л. В. Сравнение сорбционных свойств торфа верхового и низинного типов по отношению к товарной нефти и стабильному газовому конденсату // Химия растительного сырья. 2012. № 4. С. 193–200.
3. Гриншпан Д. Д., Цыганкова Н. Г., Невар Т. Н., Макаревич С. Е. "Лигносорб" – новый сорбент для сбора нефти и нефтепродуктов // Вестник Белнефтехима. Нефтехимический комплекс. 2010. № 1 (4). С. 20–21.
4. Лиштван И. И. Исследование физических и химических свойств торфа и его биологической активности // Химия твердого топлива. 2002. № 1. С. 5–19.
5. Пуцькин Ю. Г., Шапавалов А. А. Использование гуминовых сорбентов для решения экологических проблем // Транспорт и хранение нефтепродуктов. 2003. № 11. С. 17–19.
6. Koronelli T. V. Principles and methods for raising the efficiency of biological degradation of hydrocarbons in the environment: Review // Прикладная биохимия и микробиология. 1996. Т. 32, № 6. С. 584–585.
7. Шарапова И. Э., Маркарова М. Ю., Щемелинина Т. Н., Гарабаджиу А. В. Оценка эффективности применения биосорбентов на различных нефтезагрязненных почвенных субстратах // Проблемы региональной экологии. 2009. № 5. С. 213–217.
8. Луценко А. Н. О применении инновационных сорбентов и устройств для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2012. № 3 (43). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-3/18-03-12.ttb.pdf>.
9. Набаткин А. Н., Хлебников В. Н. Применение сорбентов для ликвидации нефтяных разливов // Нефтяное хозяйство. 2000. № 11. С. 61–67.
10. Каменщиков Ф. А., Богомольный Е. И. Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта. М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований. R&C Dynamics, 2006. 525 с.
11. Буланова А. В., Грецкова И. В., Муратова О. В. Исследование сорбционных свойств сорбентов, применяемых для очистки почв от нефтяных загрязнений // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. 2005. № 3 (37). С. 150–158.
12. Кокорина Н. Г., Околелова А. А., Голованчиков А. Б. Эффективный способ очистки почв от нефтепродуктов // Плодородие. 2009. № 6. С. 51–52.
13. Børresen M., Breedveld G. D., Rike A. G. Assessment of the biodegradation potential of hydrocarbons in contaminated soil from a permafrost site // Cold Regions Science and Technology. 2003. V. 37, Iss. 2. P. 137–149. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0165-232X\(02\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0165-232X(02)00092-7).
14. Самойлов Н. А., Хлесткин Р. Н., Шеметов А. В., Шаммазов А. А. Сорбционный метод ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. М. : Химия, 2001. 189 с.
15. Губкина Т. Г., Беляевский А. Т., Маслобоев В. А. Способы получения гидрофобных сорбентов нефти модификацией поверхности вермикулита органосилоксанами. Вестник МГТУ. 2011. Т. 14, № 4. С. 767–773.

References

1. Semenyuk N. N., Yatsenko V. S., Strijakova E. R., Filonov A. E., Petrikov K. V. Effect of activated charcoal on bioremediation of diesel fuel-contaminated soil // Microbiology. 2014. V. 83, Iss. 5. P. 589–598. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0026261714050221>.
2. Chukhareva N. V., Shishmina L. V. Sravneniye sorbtionnykh svoystv torfa verkhovogo i nizinnogo tipov po otnosheniyu k tovarnoy nefi i stabil'nomu gazovomu kondensatu [Comparison of sorption properties of peat of high and lowland types with respect to marketable oil and stable gas condensate] // Khimiya rastitel'nogo syr'ya. 2012. N 4. P. 193–200.
3. Grinshpan D. D., Tsygankova N. G., Nevar T. N., Makarevich S. Ye. "Lignosorb" – novyy sorbent dlya sbora nefi i nefteproduktov ["Lignosorb" – new sorbent for oil skimming] // Vestnik Belneftekhima. Neftekhimicheskiy kompleks. 2010. N 1 (4). P. 20–21.
4. Lishtvan I. I. Issledovaniye fizicheskikh i khimicheskikh svoystv torfa i yego biologicheskoy aktivnosti [Study of the physical and chemical properties of peat and its biological activity] // Khimiya tverdogo topliva. 2002. N 1. P. 5–19.
5. Putsykin Yu. G., Shapavalov A. A. Ispol'zovaniye guminovykh sorbentov dlya resheniya ekologicheskikh problem [Using humic sorbents for dealing with environmental problems] // Transport i khraneniye nefteproduktov. 2003. N 11. P. 17–19.
6. Koronelli T. V. Principles and methods for raising the efficiency of biological degradation of hydrocarbons in the environment: Review // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 1996. V. 32, N 6. P. 584–585.
7. Sharapova I. E., Markarova M. Yu., Shchemelinina T. N., Garabadzhiu A. V. Otsenka effektivnosti primeneniya biosorbentov na razlichnykh neftezagryaznennykh pochvennykh substratakh [Evaluation of the effectiveness of the use of biosorbents on various oil-contaminated soil substrates] // Problemy regional'noy ekologii. 2009. N 5. P. 213–217.

8. Lutsenko A. N. O primeneniі innovatsionnykh sorbentov i ustroystv dlya likvidatsii razlivov nefti i nefteproduktov [On the application of innovative sorbents and devices for the elimination of oil and petroleum products spills] // *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti: internet-zhurnal*. 2012. N 3 (43). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-3/18-03-12.ttb.pdf>.

9. Nabatkin A. N., Khlebnikov V. N. Primeneniye sorbentov dlya likvidatsii neftyanykh razlivov [The use of sorbents for oil spill response] // *Neftyanoye khozyaystvo*. 2000. N 11. P. 61–67.

10. Kamenshchikov F. A., Bogomol'nyy Ye. I. Udaleniye nefteproduktov s vodnoy poverkhnosti i grunta [Removal of petroleum products from water surface and soil]. M. ; Izhevsk : Institut komp'yuternykh issledovaniy. R&C Dynamics, 2006. 525 p.

11. Bulanova A. V., Gretskova I. V., Muratova O. V. Issledovaniye sorbtsionnykh svoystv sorbentov, primenyayemykh dlya ochistki pochv ot neftyanykh zagryazneniy [Investigation of the sorption properties of sorbents used to clean the soil from oil pollution] // *Vestnik SamGU. Yestestvennonauchnaya seriya*. 2005. N 3 (37). P. 150–158.

12. Kokorina N. G., Okolelova A. A., Golovanchikov A. B. Effektivnyy sposob ochistki pochv ot nefteproduktov [Effective method of cleaning soils from oil products] // *Plodorodiye*. 2009. N 6. P. 51–52.

13. Børresen M., Breedveld G. D., Rike A. G. Assessment of the biodegradation potential of hydrocarbons in contaminated soil from a permafrost site // *Cold Regions Science and Technology*. 2003. V. 37, Iss. 2. P. 137–149. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0165-232X\(02\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0165-232X(02)00092-7).

14. Samoylov N. A., Khlestkin R. N., Shemetov A. V., Shammazov A. A. Sorbtsionnyy metod likvidatsii avariynykh razlivov nefti i nefteproduktov [The sorption method for dealing with accidental spills of oil and oil products]. M. : Khimiya, 2001. 189 p.

15. Gubkina T. G., Belyayevskiy A. T., Masloboev V. A. Sposoby polucheniya gidrofobnykh sorbentov nefti modifikatsiyey poverkhnosti vermikulita organosiloksanami [Ways to obtain hydrophobic oil sorbents by modifying the surface of vermiculite with organosiloxanes]. *Vestnik MGTU*. 2011. V. 14, N 4. P. 767–773.

Сведения об авторе

Фокина Надежда Викторовна – мкр Академгородок, 14а, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209; Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник; e-mail: NadezdaVF@yandex.ru

Fokina N. V. – 14a, Akademgorodok, Apatity, Murmansk region, Russia, 184209; Institute of North Industrial Ecology Problems KSC RAS, Cand. of Tech. Sci., Senior Researcher; e-mail: NadezdaVF@yandex.ru

N. V. Fokina

**Prospects for using various modifications sorbents
in the natural environments purification from oil products
in the Kola North conditions**

Studies on the effectiveness of the using aluminosilicate mineral vermiculite of various modifications as a sorbent for the purification of natural media from petroleum products have been carried out. It has been shown that the treatment of the sorbent with a hydrophobic modifier "Penta-804" makes it possible to obtain the hydrophobic sorbent, which has high water resistance, it is able to be retained for a long time on the water surface and is nontoxic for biota. The highest efficiency is demonstrated by sorbents, on the surface of which the strains of the aboriginal oil-destructive bacteria *Pseudomonas spp.* have been immobilized. They allow achieving a high degree of purification (99.8 %). A high degree of water purification with covalent cross-linking sorbent (76.26 %) and bacterial suspension (51.34 %) has been also noted. Due to the desorption processes the use of sorbents for a long time is inadvisable. The use of vermiculite sorbent by scattering on the water surface proved to be more effective than in mats, which is associated with a more complete coating of the contamination surface. So, the degree of surface cleaning using the sorbent by scattering is 95 %, while the degree of surface cleaning using sorbent in mats is 78 %. In this case, the use of sorbent in mats allows reducing the percentage of particles settling to zero, and mats remain afloat for a longer time. After application in the purification process, the sorbent can be burned, modified and reused. Modified hydrophobic vermiculite in mats can be used only at the initial stages of soil purification in case of significant oil spills. Hydrophilic sorbents can perform the function of loosening the soil, improving its mechanical properties, and serve as a carrier for hydrocarbon oxidizing microorganisms.

Key words: natural environments, oil, pollution, bioremediation, sorbents, bacteria

Article info: received 09.10.2018; received in revised 23.01.2019