

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-2-105-109>

УДК 662.641

## Энергетические свойства торфа, насыщенного нефтепродуктами

**Дремичева Е. С.**

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»  
ул. Красносельская, 51, 420066, г. Казань, Россия

Поступила / Received 02.04.2020

Принята к печати / Accepted for publication 12.05.2020

Рассмотрены метод сорбции при помощи торфа для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и возможность энергетического использования насыщенного нефтепродуктами торфа. Приведены результаты оценки нефтеемкости торфа, в качестве нефтепродуктов были выбраны отработанное моторное масло и дизельное топливо. Обнаружено, что природный торф обладает сорбционными свойствами по отношению к нефтепродуктам. Нефтеемкость торфа наблюдается с первых минут контакта с моторным маслом и дизельным топливом и существенно зависит от их вязкости. Для оценки теплотехнических свойств торфа, насыщенного нефтепродуктами, были проведены экспериментальные исследования по определению влажности и зольности на рабочую массу. Показано, что сорбированные нефтепродукты увеличивают влажность и зольность торфа по сравнению с исходным образцом. Поэтому при энергетическом использовании необходима дополнительная сушка насыщенного нефтепродуктами торфа. Проведено моделирование величины низшей теплоты сгорания по значениям теплоты сгорания торфа и нефтепродуктов в различном соотношении содержания нефтепродукта в торфе и для насыщенного образца торфа. Полученные расчетные результаты сопоставлены с экспериментальными, проведенными в калориметрической бомбе, и пересчитаны для значений низшей теплоты сгорания. Получено удовлетворительное расхождение, которое составило около 12%. Рассмотрены направления сжигания насыщенного торфа в качестве топлива (моносжигание и совместное с твердым топливом), а также переработка его для получения товарного жидкого, газообразного и твердого топлив. Торф может быть использован для решения экологической проблемы ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и как дополнительный ресурс при решении проблемы поиска доступного энергетического сырья.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** разливы нефти, торф, сорбция, энергетические свойства торфа, влажность, зольность, теплота сгорания

### Адрес для переписки:

Дремичева Е. С.  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», кафедра ТВТ  
ул. Красносельская, 51, 420066, г. Казань, Россия  
e-mail: lenysha@mail.ru

### Address for correspondence:

Dremicheva E. S.  
Kazan state power engineering university, Department TVT  
Krasnoselskaya str., 51, 420066, Kazan, Russia  
e-mail: lenysha@mail.ru

### Для цитирования:

Дремичева Е. С. Энергетические свойства торфа, насыщенного нефтепродуктами. Надежность и безопасность энергетики. 2020. – Т. 13, №2. – С. 105 – 109.  
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-2-105-109>

### For citation:

Dremicheva E. S. [Energetic properties of peat saturated with petroleum products]. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry. 2020, vol. 13, no. 2 pp. 105 – 109. (in Russian).  
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-2-105-109>

## Energetic properties of peat saturated with petroleum products

**Dremicheva E. S.**

Kazan state power engineering university  
51 Krasnoselskaya str., 420066, Kazan, Russia

This paper presents a method of sorption using peat for elimination of emergency spills of crude oil and petroleum products and the possibility of energy use of oil-saturated peat. The results of assessment of the sorbent capacity of peat are presented, with waste motor oil and diesel fuel chosen as petroleum products. Natural peat has been found to possess sorption properties in relation to petroleum products. The sorbent capacity of peat can be observed from the first minutes of contact with motor oil and diesel fuel, and significantly depends on their viscosity. For the evaluation of thermal properties of peat saturated with petroleum products, experimental studies have been conducted on determination of moisture and ash content of as-fired fuel. It is shown that adsorbed oil increases the moisture and ash content of peat in comparison with the initial sample. Therefore, when intended for energy use, peat saturated with petroleum products is to be subjected to additional drying. Simulation of net calorific value has been performed based on the calorific values of peat and petroleum products with different ratios of petroleum product content in peat and for a saturated peat sample. The obtained results are compared with those of experiments conducted in a calorimetric bomb and recalculated for net calorific value. A satisfactory discrepancy is obtained, which amounts to about 12%. Options have been considered providing for combustion of saturated peat as fuel (burnt per se and combined with a solid fuel) and processing it to produce liquid, gaseous and solid fuels. Peat can be used to solve environmental problems of elimination of emergency spills of crude oil and petroleum products and as an additional resource in solving the problem of finding affordable energy.

**KEYWORDS:** oil spills, peat, sorption, energy properties of peat, moisture content, ash content, calorific value

Одним из опасных источников загрязнений окружающей среды являются разливы нефти и нефтепродуктов. Существенное влияние на экономическую составляющую производства оказывают загрязненные ими сточные воды.

Основные источники загрязнений природных вод нефтью и нефтепродуктами — нефтедобывающие предприятия, системы перекачки и транспортировки, нефтяные терминалы и нефтебазы, хранилища нефтепродуктов и др. Особенность нефтепродуктов как примесей природных вод заключается в том, что их количество трудно прогнозировать, так как помимо запланированного сброса промышленных сточных вод существуют аварийные разливы [1].

Например, в северных нефтедобывающих районах страны к настоящему времени образовались большие площади почв, загрязнённых нефтепродуктами. Эта проблема обусловлена негативными последствиями многочисленных и многолетних аварийных разливов нефтепродуктов и недопустимого отношения к их ликвидации [2].

Государство ведет в последнее время политику, направленную на предупреждения, а также на ликвидацию последствий аварийных разливов нефтепродуктов для снижения возможных отрицательных последствий. Однако, несмотря на это, необходим особый подход к изучению способов локализации, ликвидации, а также разработке комплекса необходимых мероприятий.

В основе многих действующих технологий сбора нефтепродуктов и удаления их из окружающей среды лежит метод адсорбции, характеризующийся высокой степенью очистки, эксплуатационной надёжностью и относительной простотой аппаратного оформления.

В настоящее время в мире для ликвидации разливов

нефти производится или используется более двухсот сорбентов различной природы (минеральные и органические, естественного или искусственного происхождения) [3].

Качество сорбентов определяется, прежде всего, их ёмкостью по отношению к нефти и нефтепродуктам, степенью гидрофобности, плавучестью после сорбции нефти, возможности десорбции нефти, регенерации или утилизации сорбента. В сложившихся макроэкономических условиях целесообразно использовать в качестве сорбентов природные материалы и отходы производств промышленных предприятий, так как такие сорбенты относительно дешевы и многие из них обладают достаточно высокими сорбционными свойствами по отношению к углеводородам.

При оценке сорбционной способности ранее была исследована нефтеемкость торфа из месторождений Республики Татарстан (РТ) по отношению к дизельному топливу и мазуту марки М-100. По полученным результатам этих исследований установлено, что торф может являться перспективным сорбентом для ликвидации разливов нефти, нефтепродуктов. Достоинством торфа как сорбента является его дешевизна и доступность [4–6].

Добыча торфа в мире 2017 г. составила 26 млн т, из которых около 51% использовалось для производства тепла и электроэнергии, остальное — для нужд сельского хозяйства. Причём Россия не является лидером по добыче и использованию торфа, на развитии отрасли сказывается низкая инвестиционная привлекательность [7]. Такой низкий уровень не соответствует ни доступным для освоения торфяным ресурсам, ни производственному потенциалу торфяной отрасли. Как известно [7], по энергетическому потенциалу в пере-

расчете на условное топливо торф РФ превосходит суммарные запасы нефти и газа, и уступает лишь углю. Всего в РТ сейчас имеется до 30.000 га торфяных болот. Из этого количества до 80% исследовано инструментально, т. е. 685 разведанных торфяных месторождений, однако они потеряли свою актуальность как источники топлива. Официально разрабатывается лишь одно месторождение «Лебяжье» для использования торфа в качестве удобрения [8].

Установлено, что при разливе нефти при ее добыче в болотистых местностях лёгкие фракции нефти (примерно 25%) испаряются в течение 2–7 дней, остальная часть сорбируется и прочно удерживается торфом. В результате к настоящему времени уже образовались огромные площади загрязнённого нефтью торфа, являющегося, по сути, законсервированным высококалорийным топливом. Это связано с тем, что к торфу как энергетическому топливу прибавилось ещё значительное количество калорийного нефтепродукта. Можно предположить, что в какой-то момент этот материал начнёт рассматриваться в качестве запаса потенциального местного топлива и рано или поздно должна возникнуть новая проблема — промышленное использование торфа с примесью нефтепродуктов [2].

Также важным обстоятельством, существенно повышающим народнохозяйственную роль торфа, является его экологическая безопасность, заключающаяся в снижении количества вредных выбросов в атмосферу и простоту утилизации золы [9].

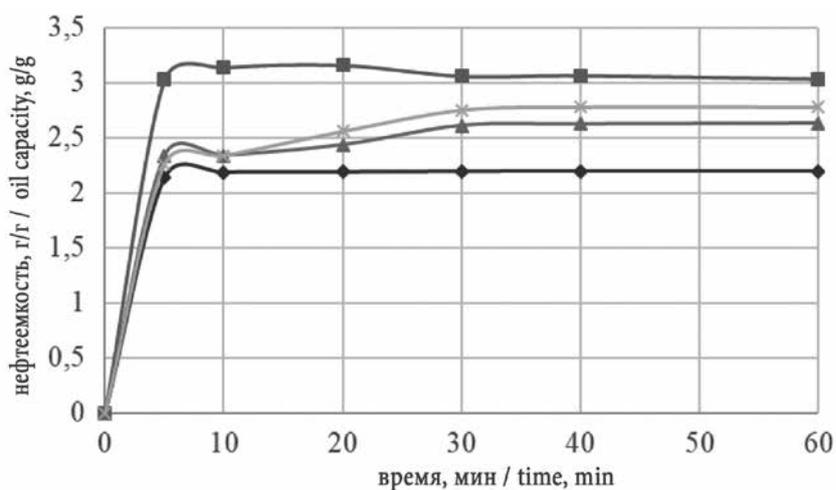
Целью работы было определение основных теплотехнических и физических свойств торфа, насыщенного нефтепродуктами, для дальнейшего использования его в качестве топлива.

Сорбентом был выбран низинный торф из месторождения «Чистое» РТ. Ранее было установлено, что низинные торфа обладают меньшей теплотой сгорания по отношению с верховым [6].

В качестве нефтепродуктов были выбраны дизельное топливо с плотностью  $0,86 \text{ г/см}^3$  и отработанное моторное масло с плотностью  $0,9 \text{ г/см}^3$ .

Дизельное топливо летнее применяется как топливо для железнодорожного транспорта, грузового автотранспорта, водного транспорта, военной техники, дизельных электрогенераторов, сельскохозяйственной техники, а также легкового дизельного автотранспорта. Дизельные топлива токсичнее бензина, но они оказывают меньшее отравляющее действие на живые организмы вследствие низкой испаряемости.

Моторные масла — масла, применяемые для смазывания поршневых и роторных двигателей внутреннего сгорания, продукт первичной переработки нефти. В процессе работы в автомобильном двигателе масло не



**Рисунок.** Результаты исследования нефтеёмкости: ◆ — масло, масса торфа 5 г; ■ — масло, масса торфа 10 г; ▲ — дизельное топливо, масса торфа 5 г; × — дизельное топливо, масса торфа 10 г

**Figure.** The results of the study of oil capacity: ◆ — motor oil, peat mass 5 g; ■ — motor oil, peat mass 10 g; ▲ — diesel fuel, peat mass 5 g; × — diesel fuel, peat mass 10 g

теряет своих свойств, а загрязняется различными примесями. Отработанное моторное масло представляет повышенную опасность для окружающей среды и относится к категории опасных отходов.

Для получения насыщенных нефтепродуктами образцов навеску торфа массой 5 и 10 г помещали в колбу, содержащую нефтепродукты, и выдерживали в течение заданного времени, затем извлекали из неё и через 5 мин производили взвешивание. Сорбционная ёмкость (нефтеёмкость) сорбентов вычислялась как отношение массы поглощённого нефтепродукта к массе сорбента. Результаты исследования представлены на рисунке 1.

Обнаружено, что природный торф обладает сорбционными свойствами по отношению к нефтепродуктам. Причём из рисунка видно, что нефтеёмкость торфа обнаруживается с первых минут контакта с нефтепродуктом и зависит также от их вязкости. Результирующую нефтеёмкости составляет адгезия и проникновение в зерно сорбента (сорбция), поэтому можно сделать вывод, что для менее вязкого нефтепродукта — дизельного топлива — нефтеёмкость не зависит от массы торфа, а для более вязкого — моторного масла — зависит.

Таким образом, отработанный торф в качестве сорбционного материала может быть перспективным калорийным видом топлива, так как к торфу — обычному, ранее широко используемому в качестве энергетического топлива, прибавилось ещё значительное количество калорийного нефтепродукта.

Важнейшей теплотехнической характеристикой топлива является теплота его сгорания. На её значение существенное влияние оказывают содержание в топливе влаги и минеральных примесей.

Обычно при промышленной добыче фрезерного торфа из подготовленной осушенной залежи его первоначальная влажность находится в пределах 75% и в течение двух суток естественной сушки на полях добы-

**Таблица 1.** Основные свойства торфа

**Table 1.** The main properties of peat

Показатель Indicator	Исходный образец Initial sample	Насыщенный нефтепродуктами торф Oil-rich peat			
		Масло Motor oil	Масло Motor oil	Диз. топливо Diesel fuel	Диз. топливо Diesel fuel
	5	5	10	5	10
Влажность W, % Wetness W, %	63	67	67	69	70
Зольность A, % Ash A, %	2,1	3,5	3,7	4,1	4,5

чи снижается до 45%, т. е. влажности, приемлемой для энергетического использования (сжигания).

В соответствии с действующими ГОСТ были определены на рабочую массу влажность W (ГОСТ Р 52911-2013), зольность A (ГОСТ Р 55661-2013) полученных образцов. Полученные результаты представлены в таблице 1.

По полученным результатам видно, что сорбированные нефтепродукты увеличивают как влажность, так и зольность торфа в сравнении с исходным образцом. Поэтому при энергетическом использовании необходима дополнительная сушка насыщенного нефтепродуктами торфа.

По значениям низшей теплоты сгорания можно провести моделирование значения теплоты сгорания торфа, насыщенного нефтепродуктами в различном процентном отношении, для дальнейшего расчёта экономики топлива (таблица 2).

Определённая в калориметрической бомбе теплота сгорания насыщенного нефтепродуктами торфа, переведённая в низшую теплоту сгорания, составила 28,3 и 29,9 МДж/кг для моторного масла и дизельного топлива соответственно [10]. Расхождение между расчетными и экспериментальными значениями составило около 12%, что можно считать удовлетворительным.

Таким образом, торф может быть использован как сорбент нефтепродуктов, являющихся наиболее опасными загрязнителями окружающей среды. Особенно это актуально для нефтедобывающих районов страны.

**Таблица 2.** Значения низшей теплоты сгорания торфа, насыщенного отработанным моторным маслом и дизельным топливом

**Table 2.** Lower calorific value of peat saturated with used engine motor oil and diesel fuel

Содержание нефтепродукта, % Oil content, %	Низшая теплота сгорания, МДж/кг Net calorific value, MJ/kg	
	Моторное масло Motor oil	Дизельное топливо Diesel fuel
0	10,84	10,84
50	26,48	26,98
100	42,138	43,12
Насыщенный нефтепродуктами торф Oil-rich peat	32,01	34,11

Насыщенный нефтью и нефтепродуктами торф является перспективным топливом для котельных малой и средней мощности в районах с низкой газификацией. Причём он может использоваться как дополнительное топливо к основному, так и основное при моносжигании, а также может быть переработан на месте с целью получения транспортабельного твердого и жидкого топлива [2].

В [2] проведены экспериментальные исследования, в результате из загрязнённого торфа были получены

углистый полукокс, газ и жидкий нефтепродукт. Они могут быть рассмотрены как товарные продукты или быть использованы на покрытие собственных нужд.

При сжигании в твердотопливных котельных их перевод с угля на торф не всегда требуют реконструкции и существенных инвестиций, размеры которых могут быть оценены для каждой конкретной котельной, а в некоторых случаях такой перевод может быть вообще безинвестиционным.

Например, в настоящее время в Европейском Союзе применяют для генерации энергии два основных принципа использования топливных гранул, сырьем для изготовления которых являются отходы лесозаготовок, сельское хозяйство и торф. Тепловые электрические станции и котельные полностью переходят на гранулы как топливо (моносжигание) или гранулы используются как дополнительное топливо к основному (совместное сжигание — Co-Firing) [11].

## Вывод

Торф, насыщенный нефтепродуктами, следует рассматривать в качестве дополнительного ресурса при решении проблемы поиска доступного энергетического сырья как на объектах малой энергетики, так и на мощных тепловых электростанциях, решая при этом экологическую проблему ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

## Список использованных источников

- Агафонов В. Б. Проблемы правового регулирования предупреждения и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов // Нефть, газ и право 2014; 6 (120): 35–44.
- Двоскин Г. И., Корнильева В. Ф., Дудкина Л. М., Хасхачих В. В., Колотухин С. П., Понуровская В. В. Энергетическое использование торфа, загрязнённого нефтепродуктами // Экология и промышленность России 2014; 3: 4–7.
- Малышкина Е. С., Вялкова Е. И., Осипова Е. Ю. Использование природных сорбентов в процессе очистки воды от нефтепродуктов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета 2019; 21 (1): 188–200.
- Дремичева Е. С. Эффективность сорбционных материалов для сбора нефтепродуктов с поверхности водоёмов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе 2017; 1: 35–39.

5. Калинина Е. В., Глушанкова И. С., Сабиров Д. О. Сорбент для очистки воды от нефтепродуктов на основе шлама содового производства // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика 2017; 4 (28): 37–49.
6. Селянина С. Б., Орлов А. С., Пономарева Т. И., Труфанова М. В., Ярыгина О. Н., Соколова Т. В., Сосновская Н. Е., Пехтерева В. С. Сорбционные свойства верхового торфа Прибеломорской провинции (Россия) // Природопользование 2019; 1: 211–218.
7. Михайлов А. В. Развитие глобального рынка торфа // Труды Инсторфа 2018; 18 (71): 3–7.
8. Тимофеева С. С., Мингалеева Г. Р. Перспективы использования торфа в региональной энергетике // Известия Томского политехнического университета 2014; 325 (4): 46–55.
9. Беляков А. С., Косов В. И. Рациональное использование торфа и сапропеля в России // Комитет Государственной Думы по природным ресурсам и природопользованию [Электронный ресурс] URL: <http://www.duma.gov.ru/cnature/>
10. Пятагина М. В., Мингалеева Г. Р. Комплексное использование торфа на основании молекулярного состава его органической массы // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики 2017; 19 (5-6): 3–13.
11. Дремичева Е. С., Гаврилов А. С., Маношин А. О. Оценка потенциала биотоплива для генерации тепловой энергии на объектах топливно-энергетического комплекса // Промышленная энергетика 2017; 1: 55–60.

## References

1. Agafonov V. B. Problems of legal regulation of the prevention and liquidation of emergency oil and oil products spills // Oil, gas and law 2014; 6 (120): 35–44. (In Russ.)
2. Dvoskin G. I., Kornil'yeva V. F., Dudkina L. M., Khaskhachikh V. V., Kolotukhin S.P., Ponurovskaya V. V. Energy use of peat contaminated

with petroleum products // Ecology and industry of Russia 2014; 3: 4–7. (In Russ.)

3. Malyshkina Ye. S., Vyalkova Ye. I., Osipova Ye. YU. The use of natural sorbents in the process of water purification from oil products // Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering 2019; 21(1): 188–200. (In Russ.)

4. Dremicheva Ye. S. The effectiveness of sorption materials for the collection of petroleum products from the surface of water bodies // Environmental protection in the oil and gas sector 2017; 1: 35–39. (In Russ.)

5. Kalinina E. V., Glushankova I. S., Sabirov D. O. Sorbent for water purification from oil products based on sludge from soda production // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Applied Ecology. Urban studies 2017; 4 (28): 37–49. (In Russ.)

6. Selyanina S. B., Orlov A. S., Ponomareva T. I., Trufanova M. V., Yarygina O. N., Sokolova T. V., Sosnovskaya N. Ye., Pekhtereva V. S. Sorption properties of high peat of the Pribelomorsky province (Russia) // Nature management 2019; 1: 211–218. (In Russ.)

7. Mikhaylov A. V. The development of the global peat market // Instorf Proceedings 2018; 18 (71): 3–7. (In Russ.)

8. Timofeeva S. S., Mingaleeva G. R. Prospects for the use of peat in regional energy // News of Tomsk Polytechnic University 2014; 325 (4): 46–55. (In Russ.)

9. Belyakov A. S., Kosov V. I. Rational use of peat and sapropel in Russia // State Duma Committee on Natural Resources and Environmental Management [Electronic resource] URL: <http://www.duma.gov.ru/cnature/>

10. Pyatygina M. V., Mingaleeva G. R. Complex use of peat based on the molecular composition of its organic matter // News of higher educational institutions. Energy Issues 2017; 19 (5–6): 3–13. (In Russ.)

11. Dremicheva Ye. S., Gavrilov A. S., Manoshin A. O. Assessment of the biofuel potential for the generation of thermal energy at the objects of the fuel and energy complex // Industrial energy 2017; 1: 55–60. (In Russ.)

