

DOI 10.15593/2409-5125/2018.04.06

УДК 502.51:665.6-514

**Б.М. Абдель-Гадир, Г.М. Кузнецова, Г.Г. Ягафарова**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

## **ПОИСК СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

В настоящее время в районах нефтедобычи Республики Чад в связи со значительным увеличением объема добываемых углеводородов наблюдается повышение экологической нагрузки на почвенные и водные объекты. Основные нефтегазоносные бассейны страны расположены вблизи основных рек и их притоков, а также озера Чад, которые являются источниками питьевого водоснабжения для местного населения и основой сельского хозяйства страны. Главными факторами загрязнения водных, а также почвенных ресурсов являются аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, которые могут возникать как при добыче, так и при транспортировке углеводородов. В связи с этим актуальной задачей является изучение способов очистки водных ресурсов от нефтяных загрязнений. Одним из экологически безопасных способов очистки поверхностных вод является использование механизма адсорбции, так как иные способы могут привести к вторичному загрязнению природной среды. В качестве адсорбента преимущественно применяются материалы, имеющие природное происхождение. В работе представлены результаты исследований по поиску сорбентов на основе растительного сырья Республики Чад. Проведены исследования сорбционной способности образцов из древесных опилок и сухой массы листьев по отношению к нефти и нефтепродуктам (дизельное топливо, бензин, масло). Токсичность воды после очистки сорбентами оценивали по фитотоксичности. В качестве тест-культуры применяли семена кресс-салата. Полученные результаты показывают, что предложенные сорбенты из измельченной сухой массы листьев растений, произрастающих на территории Республики Чад, способны поглощать как тяжелые, так и легкие фракции нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** сорбент, нефть, нефтепродукты, нефтепоглощение, фитотоксичность, тест-культура.

В настоящее время в Африке добывается 11 % всей мировой нефти. Перспективной страной в отношении нефтедобычи является Республика Чад. Поисково-разведочные работы залежей нефти и газа начались в стране в 1960-е гг. Тогда консорциумом компаний Chevron, Sonoco, Эксон и

---

Абдель-Гадир Б.М., Кузнецова Г.М., Ягафарова Г.Г. Поиск сорбентов для очистки водных объектов от нефтяных загрязнений // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 4. – С. 72–79. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.04.06

Abdel-Gadir B.M., Kuznetsova G.M., Yagafarova G.G. Search of sorbents for cleaning water bodies from oil pollution. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2018. No. 4. Pp. 72-79. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.04.06

Shell в районе Озера Чад были открыты нефтяные месторождения Седижи, Канем и Кумиа, в бассейне Доба – Миандум и Коме. В настоящее время перспективы нефтегазоносности Чада связаны в первую очередь с нефтегазоносными бассейнами (НГБ) Чадский и Доба, а также Куфра, Досео и Саламат. В бассейне Бонгор нефтедобыча производится из более мелких горизонтов (верхний мел). Бассейн содержит значительные объемы нижнемеловых отложений, осажденных непосредственно в предкембрийский бассейн. Основные запасы нефти НГБ Доба приурочены к залежам в позднемеловых отложениях (нижний мел) [1–4]. В табл. 1 приведены геолого-физические параметры основных нефтегазоносных бассейнов Республики Чад [5–7].

Таблица 1

Геолого-физические параметры основных нефтегазоносных бассейнов Республики Чад

Параметр	НГБ Доба	НГБ Бонгор
Средняя глубина залегания, м	1000–3000	970–2860
Содержание песчаников в пласте, %	16–100	–
Содержание глины в пласте	4–8	От 8,5 до 9,3
Средняя эффективная толщина, м	15,8	3,0–14,3
Пористость, %	До 27	23,3–21,1
Проницаемость, мкм <sup>3</sup>	0,001–5,8	0,038–0,577
Коэффициент нефтенасыщенности, до долей единицы	0,89	0,72
Начальное пластовое давление, МПа	14,80–33,60	14,1
Давление насыщения, МПа	15–25	5,0–14,4
Плотность нефти в пластовых условиях, кг/м <sup>3</sup>	946–825	903–754
Вязкость нефти в пластовых условиях, мПа·с	20–800	1,95–157,3
Средний газовый фактор, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	2,7–250	–

Согласно ГОСТ Р 51858–2002, нефть бассейна Бонгор и Чадского относится к особо легкому типу, а нефть бассейна Доба – к среднему, тяжелому и битуминозному типу [6–8].

Характеристика основных нефтегазоносных бассейнов Республики Чад приведена в табл. 2. На рис. 1 представлено расположение основных нефтегазоносных бассейнов Республики Чад [4]. Нефтегазоносные бассейны расположены вблизи озера Чад и основных рек, впадающих в него: Логон, Шари – являющихся источниками питьевого водоснабжения для местного населения и основой сельского хозяйства страны.

Таблица 2

Характеристика основных нефтегазоносных бассейнов Республики Чад

Параметр	НГБ Доба	НГБ Бонгор	НГБ Чадский
Плотность нефти при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	946–825	903–795	793
Вязкость, мПа·с	70–800	1,95–157,3	–
Средний газовый фактор, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	2,7–250	> 200	> 200
Выход фракций, об. %. Не менее, до температуры по ГОСТ 2177:			
200 °С	21–30	21–30	30
300 °С	42–52	42–52	52
Массовая доля парафина по ГОСТ 11851	–	6	6
Общий состав минерала пластовой воды, мг/л	–	2400–4600	–
рН пластовой воды	–	7,0	–
Содержание серы, мас. %	0,1–2,9	0,05–0,2	0,01–0,2
Азот, мол. %	0,14–0,46	–	–
Углекислый газ, мол. %	0,14	–	–
Плотность природного газа, кг/м <sup>3</sup>	–	0,573–0,577	–
Содержание С1 в природном газе, %	–	97,65	–
Индекс общей кислотности (мгКОН/г сырая нефть)	5,4–7,4	7,0	–

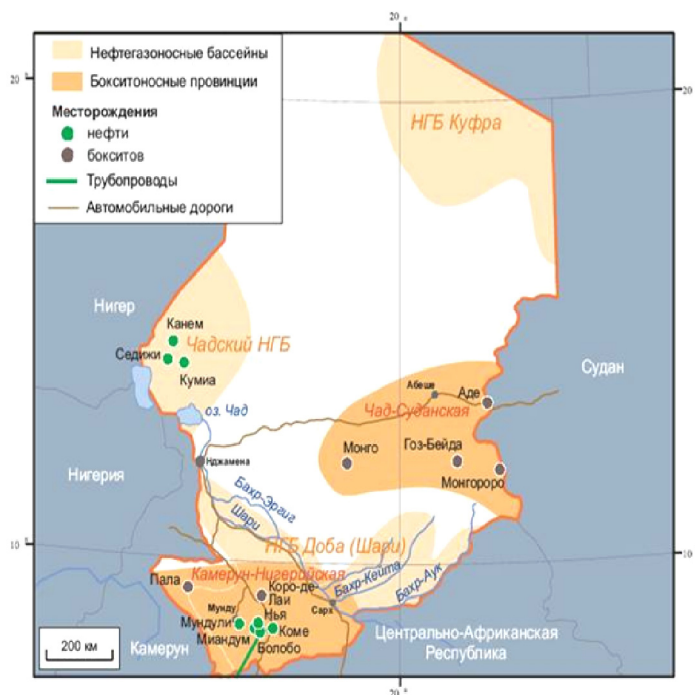


Рис. 1. Основные нефтегазоносные бассейны Республики Чад

В настоящее время в районах нефтедобычи наблюдается повышение экологической нагрузки, связанное с деградацией почв и загрязнением водных объектов. Концентрации некоторых загрязняющих веществ в объектах окружающей среды превышают уровень ПДК. Анализ воды, отобранной из притока реки Шари, показал, что содержание нефти в ней составляет 0,1 мг/л. Главными факторами загрязнения водных и почвенных ресурсов являются аварийные разливы нефти и нефтепродуктов. Экоотоксиканты, в том числе нефтяные загрязнения, попадают в источники питьевого водоснабжения с поверхностными склоновыми и подземными стоками [9–11].

В связи с вышеизложенным необходимо изучение способов очистки нефтяных загрязнений в водных объектах.

Целью данной работы является поиск нетоксичных сорбентов растительного происхождения на основе местного сырья, предназначенных для очистки водных объектов от нефтяных загрязнений. Для эксперимента было выбрано 11 образцов сорбентов из наиболее распространенных деревьев, произрастающих в Республике Чад. Исследования проводили на сорбентах, приготовленных из древесных опилок размером около 1–3 мм и измельченной сухой массы листьев. Сорбционные свойства образцов определяли на модельных растворах по известной методике [12–14]. В исследованиях использовали нефть с месторождения Maikeri НГБ Доба Республики Чад.

О сорбционных способностях образцов судили по нефтеемкости [15]. Нефть в дистиллированную воду добавляли из расчета 5 г на 100 мл, сорбент – из расчета 1 г. Сорбция проходила в течение 6 ч. При этом основная доля насыщения приходилась на первые минуты сорбции. Массу поглощенной сорбентом нефти определяли весовым методом. Остаточную нефть в воде определяли на концентратомере нефтепродуктов ИКН-025. Для сравнения сорбционных свойств образцов использовали известный сорбент – измельченную шинную крошку. Сравнительная характеристика сорбентов, полученных из древесных материалов Республики Чад, представлена в табл. 3.

Таким образом, результаты экспериментов показывают, что высокой сорбционной эффективностью обладают образцы из сухой измельченной массы листьев и опилок древесных растений Temo, Madi и Nime.

Также были проведены исследования сорбционной способности образцов по отношению к нефтепродуктам, таким как дизельное топливо, бензин, масло. Сорбционная способность определялась при температуре 20 °С. На рис. 2 представлена сравнительная характеристика эффекта сорбции образцов по отношению к нефтепродуктам.

Таблица 3

## Сравнительная характеристика сорбентов, полученных из древесных материалов Республики Чад

№ п/п	Сорбент из древесных растений	Нефтепоглощение, г/г		Степень очистки опилки/листья, %
		Опилки	Сухая масса листьев	
1	Temo	4,6	4,8	92/96
2	Madi	4,7	4,1	94/82
3	Nime	3,9	3,7	78/74
4	Idjilidje	3,0	–	60
5	Djherdjhir	–	2,7	54
6	Mango	–	2,6	52
7	Lemon	–	3,4	68
8	Garad	2,1	–	42
9	Misscat	3,8	3,7	76/74
10	Usher	2,5	3,4	50/68
11	Buta Grass	–	3,2	64
12	Контрольный образец	5,11		

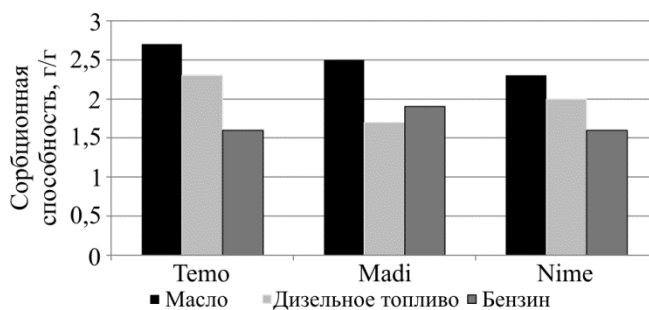


Рис. 2. Сравнительная характеристика эффекта сорбции по отношению к нефтепродуктам

Полученные результаты подтвердили, что измельченная сухая масса листьев вышеперечисленных растений способна поглощать как тяжелые, так и легкие фракции нефтепродуктов. При этом наибольшей эффективностью обладает сорбент из листьев Temo. Количество поглощенного масла составило 2,7 г/г, дизельного топлива и бензина – 2,3 и 1,6 г/г соответственно.

Оценку токсичности очищенной предложенными сорбентами воды проводили на тест-культуре, в качестве которой использовали семена *Lepidium sativum* (кресс-салат). Фитотоксичность оценивали по всхожести и длине проростков. В качестве контроля использовали семена, пророщенные на чистой воде. Результаты исследования приведены в табл. 4.

Таблица 4

Оценка фитотоксичности образца нефтезагрязненной воды  
до и после сорбционной очистки

№ п/п	Сорбент из древесных растений	Всхожесть, %	Длина проростков, см
Нефтезагрязненная вода			
1	–	61	2,8
Нефтезагрязненная вода после очистки сорбентом:			
2	Temo	96	6,0
3	Madi	93	4,1
4	Nime	93	1,8
5	Usher	82	4,7
6	Mango	75	–
7	Lemon	78	–
8	Garad	73	–
9	Misscat	80	2,1
10	Контроль	100	6,1

Всхожесть семян кресс-салата после очистки сорбентами, изготовленными из растительного сырья Temo, Madi, Nime, повышается и составляет 96, 93, 93 % соответственно.

Таким образом, подобранные сорбенты на основе растительного сырья Республики Чад обладают высокой эффективностью к поглощению нефти и нефтепродуктов и могут применяться для очистки водных объектов, расположенных на территории страны.

#### Библиографический список

1. U.S. Energy Information Administration // Technically recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources Chad. September, 2015. – 44 p.
2. Tchad Oil Transportation Company S.A. (TOTCO) // Projet de Développement Tchad-Cameroun, Projet d'Exportation Tchadien. – 2010. – № 28. – P. 90.
3. Информационно-аналитический центр «Минерал» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mineral.ru/Facts/world/116/149/index.html> (дата обращения 26.03.17).
4. Esso EEPICI // Chad International Oil, Mining and Energy Conference. – Chad, Ndjamen, 2008. – P. 23.
5. Джими М.У. Регулирование технологий ГРП на основе моделирования процессов и свойств технологических жидкостей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2012. – 24 с.
6. CNPC International Chad Co., LTD. Final geological report // Bongor Basin, Permit H; Chad Development Well. – 2010. – 56 p.
7. Ministère du pétrole des mines et de l'énergie République du Tchad // Les travaux du gisement pétrolières de Bongor Basin. – Chad, 2006. – P. 35–60.
8. Ministère du pétrole des mines et de l'énergie République du Tchad // Rapport champ pétrolière de Kome base. – 12 Janvier 2017. – 15 p.
9. Шахова Ф.А., Ягафарова Г.Г., Мухаммадеева А.И. Воздействие на окружающую среду технологических процессов нефтегазовой отрасли: учеб. пособие. – Уфа: Нефтегазовое дело, 2012. – 442 с.
10. Абросимов А.А., Долomatov М.Ю., Теляшев Э.Г. Экология переработки углеводородных систем: учеб. для студентов и аспирантов вузов по хим.-технол. специальностям. – М.: Химия, 2002. – 608 с.

11. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: учеб. пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 163 с.

12. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.И. Нефтяные сорбенты / НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». – М.-Ижевск, 2005. – 268 с.

13. Консейсао А.А., да. Ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов с поверхности почвы и воды: монография / Уфим. гос. нефт. техн. ун-т. – Уфа, 2007. – 207 с.

14. Хлесткин Р.Н., Самойлов Н.А., Мухутдинов Р.Х. Исследование адсорбционных свойств поглотителей для сбора нефти и нефтепродуктов при их аварийных разливах // Башкирский химический журнал. – 1998. – Т. 5, № 3. – С. 56–58.

15. Алексеева А.А., Степанова С.В. Применение листового опада для удаления пленки нефти с поверхности воды // Вестник Казанского университета. – 2014. – Т. 17, № 22. – С. 304–306.

### References

1. Energy U.S. Information Administration. Technically recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources Chad. September 2015, 44 p.

2. Tchad Oil Transportation Company S.A. (TOTCO). Projet de Développement Tchad-Cameroun, Projet d'Exportation Tchadien. 2010, no. 28, p. 90

3. Informacionno-analiticheskij centr «Mineral» [Information and analytical center "Mineral"], available at: <http://www.mineral.ru/Facts/world/116/149/index.html> (accessed 26 March 2017).

4. Esso EEPICI // Chad International Oil, Mining and Energy Conference. Chad, Ndjamen. 2008, p. 23.

5. Dzhami M.U. Regulirovanie tekhnologiy GRP na osnove modelirovaniya protsessov i svoystv tekhnologicheskikh zhidkostey. Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Regulation of the fracturing technologies on the basis of modeling of processes and properties of liquids technologies. Abstract. dis. ... kand. techn. sciences]. Ufa, 2012. 12 p.

6. Ministère du pétrole des mines et de l'énergie République du Tchad. Rapport champ pétrolifère de Kome base. 12 Janvier 2017. 15 p.

7. CNPC International Chad Co., LTD. Final geological report. Bongor Basin, Permit H.- Chad Development Well. 2010, 56 p.

8. Ministère du pétrole des mines et de l'énergie République du Tchad. Les travaux du gisement pétrolifères de Bongor Basin. Chad. 2006, pp. 35-60.

9. Shakhova F.A., Yagafarova G.G., Mukhamadeeva A.I. Vozdeystvie na okruzhayushchuyu sredu tekhnologicheskikh protsessov neftegazovoy otrasli: uchebnoe posobie [Environmental impact of technological processes in the oil and gas industry]. Ufa: Neftegazovoe delo, 2012. 442 p.

10. Abrosimov A.A., Dolomatov M.Yu., Telyashev Eh.G. EHkologiya pererabotki uglevodorodnykh sistem: ucheb. dlya studentov i aspirantov vuzov po him.-tekhno. special'nostej [The ecology of hydrocarbon processing systems: proc. for students and graduate students of chemical engineering. – technol. specialties]. Moscow: Izd-vo Himiya, 2002. 608 p.

11. Davydova S.L., Tagasov V.I. Neft' i nefteprodukty v okruzhayushchej srede: uchebnoe posobie [Oil and oil products in the environment: a textbook]. Moscow, RUDN, 2004. 163 p.

12. Kamenshchikov F.A., Bogomol'nyj E.I. Neftyanye sorbenty [Oil sorbents]. Moscow-Izhevsk: NIC «Regulyarnaya i haoticheskaya dinamika», 2005. 268 p.

13. Konsejsao A.A. da Likvidaciya avarijnykh razlivov nefti i nefteproduktov s poverhnosti pochvy i vody: monografiya [Elimination of accidental spills of oil and oil products from the soil and water surface: monograph]. Ufa: Ufimskij gosudarstvennyj neftyanoj tekhnicheskij universitet, 2007. 207 p.

14. Hlestkin R.N., Samojlov N.A., Muhutdinov R.H. Issledovanie adsorbcionnykh svoystv poglotitelej dlya sbora nefti i nefteproduktov pri ih avarijnykh razlivah [Study of adsorption properties of the absorbers for the collection of oil and petroleum products in the event of spills]. *Bashkirskij himicheskij zhurnal*, 1998, vol. 5, no. 3, pp. 56-58.

15. Alekseeva A.A., Stepanova S.V. Primenenie listovogo opada dlya udaleniya plenki nefti s poverhnosti vody [Application of sheet litter to remove oil film from the water surface]. *Vestnik Kazanskogo universiteta*. 2014, no. 22, vol. 17, pp. 304-306.

Получено 1.06.18

**B.M. Abdel-Gadir, G. Kuznetsova, G. Yagafarova**

## **SEARCH OF SORBENTS FOR CLEANING WATER BODIES FROM OIL POLLUTION**

At present, in the areas of oil production in the Republic of Chad, due to a significant increase in the volume of hydrocarbons produced, there is an increase in the environmental load on soil and water objects. The main oil and gas basins of the country are located near the main rivers and their tributaries, as well as Lake Chad, which are the sources of drinking water supply for the local population and the basis of the country's agriculture. The main factors of water and soil pollution are emergency spills of oil and oil products, which can occur both during production and transportation of hydrocarbons. In this regard, an urgent task is to study methods of cleaning water bodies from oil pollution. One of the environmentally safe methods of cleaning surface water is the use of adsorption process, as other methods can lead to secondary pollution of the environment. As the adsorbent, materials having a natural origin are mainly used. The paper presents the results of the search for sorbents based on vegetable raw materials of the Republic of Chad. The sorption capacity of samples from sawdust and dry weight of leaves with respect to oil and oil products (diesel fuel, gasoline, and engine oil) has been studied. The toxicity of water after purification by sorbents was assessed by phytotoxicity. Seeds of watercress were used as a test culture. The obtained results show that the proposed sorbents from the crushed dry mass of plant leaves growing on the territory of the Republic of Chad are capable of absorbing both heavy and light fractions of petroleum products.

**Keywords:** sorbent, oil, oil products, oil absorption, phytotoxicity, test culture.

**Абдель-Гадир Бишара Мур** (Уфа, Россия) – аспирант, Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1, e-mail: kafedra\_ecologia@mail.ru).

**Кузнецова Гульнара Мажитовна** (Уфа, Россия) – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры прикладной экологии, Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1, e-mail: kafedra\_ecologia@mail.ru).

**Ягафарова Гузель Габдулловна** (Уфа, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой прикладной экологии, Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1, e-mail: kafedra\_ecologia@mail.ru).

**Abdel-Gadir Bichara Mour** (Ufa, Russia) – Postgraduate Student, Ufa State Petroleum Technological University (450062, Ufa, Kosmonavtov st., 1, e-mail: kafedra\_ecologia@mail.ru).

**Kuznetsova Gulnara** (Ufa, Russia) – Ph.D. in Technical Sciences, Assistant Professor of Applied Ecology Department, Ufa State Petroleum Technological University (450062, Ufa, Kosmonavtov st., 1, e-mail: kafedra\_ecologia@mail.ru).

**Yagafarova Guzel** (Ufa, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of Applied Ecology Department, Ufa State Petroleum Technological University (450062, Ufa, Kosmonavtov st., 1, e-mail: kafedra\_ecologia@mail.ru).