

## УТИЛИЗАЦИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОЙ ДИСПЕРСИИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ

**И.А. Макарова<sup>1</sup>, Р.Р. Фаизов<sup>1</sup>, М.В. Бузаева<sup>1</sup>,  
О.А. Давыдова<sup>1</sup>, Е.С. Климов<sup>1</sup>, А.Н. Фомин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск

<sup>2</sup> Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск

Методом спектрофотометрии проведено сравнение сорбционной способности опоки, диатомита и цеолита по отношению к компонентам дисперсии отработанной смазочно-охлаждающей жидкости, модифицированной углеродными нанотрубками. Эффективность сорбентов уменьшается в ряду: опока, диатомит, цеолит. Предложена технологическая схема утилизации.

*Ключевые слова:* опока, диатомит, цеолит, оптическая плотность, дисперсия, сорбция, нефтепродукты, тяжелые металлы, наномодифицированная смазочно-охлаждающая жидкость.

### Введение

Применение в технологических процессах обработки металлов смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) способствует существенному увеличению стойкости инструмента, повышению производительности и качества обработки. СОЖ представляет собой сложную многокомпонентную систему на основе минеральных и синтетических масел различного строения. В качестве добавок используют синтетические эфиры, растительные и животные масла, эмульгаторы, спирты, бактерициды. Отработанные СОЖ представляют собой отходы 3 класса опасности и остаются одним из главных источников загрязнения окружающей среды – концентрация нефтепродуктов в них достигает 90–100 г/дм<sup>3</sup> [1].

Выбор способа обезвреживания СОЖ определяется в первую очередь химическими свойствами компонентов. В практических разработках используются гравитационные, реагентные и электрохимические способы, коагуляция, сорбция, флотация, ультрафильтрация и другие технологии. Практически все способы утилизации отработанных нефтесодержащих растворов и масел либо экономически не эффективны, либо не обеспечивают необходимую степень очистки воды и экологически неприемлемы. Это связано со стойкостью эмульсии, большим количеством химических соединений различных классов, механическими загрязнениями, биологическим поражением СОЖ. Разрушение устойчивой связи между водой и нефтепродуктами наиболее эффективно должно протекать под действием сильных окислителей – минеральных кислот. Для этих целей используются обычно серная или фосфорная кислота. Однако при действии кислот эмульсия плохо разделяется на водную и масляную фазы, требуется длительное время на механическое отстаивание смеси. Кроме того, образуются новые отходы в виде солей кислот, которые требуют утилизации. Для решения этих вопросов разрабатываются комплексные методы очистки загрязненных жидкостей с применением нового поколения очистителей [2].

Одним из приоритетных направлений в системах утилизации и очистки нефтесодержащих сточных вод является применение природных сорбентов, преимущества которых определяется их низкой стоимостью и доступностью, достаточной сорбционной емкостью, возможностью регенерации сорбентов с восстановлением исходных свойств [3]. В частности, одним из эффективных сорбентов нефтепродуктов является активированный уголь [4]. Для усиления адсорбционной способности природные сорбенты обычно химически или термически модифицируются.

Данная работа посвящена возможности применения природных сорбентов – опоки, диатомита и цеолита – для утилизации отработанной СОЖ.

### Экспериментальная часть

#### *Модифицирование природных минералов*

В качестве природных минералов (сорбентов) использовали диатомит, опоку и цеолит месторождений Ульяновской области (Инзенское, Белый Ключ, Юшанское). Минералы очищали от примесей промывкой водой, после чего подвергали термообработке в течение 1–2 ч при температурах ниже температуры спекания. Использовали фракцию 1–2 мм.

Модифицирование исходных минералов сульфатом алюминия (50 мг на 1 г сорбента) проводили следующим образом. К навеске сорбента добавляли раствор сульфата алюминия в соотношении твердой и жидкой фазы Т:Ж = 1:10, затем перемешивали 15 мин. Осаждение гидроксида алюминия осуществляли 10%-ным раствором гидроксида аммония в течение 1 ч, доводя до значения pH = 7. Полученный осадок (модифицированный сорбент) подвергали термообработке при 200 °С в течение 2 ч.

#### *Смазочно-охлаждающая жидкость*

Для экспериментов использовали СОЖ марки «АРС-21». Свежеприготовленная СОЖ представляет собой 3%-ную водную эмульсию, содержащую минеральное масло, эмульгатор, ингибитор коррозии, бактерицидную и другие присадки. Эмульсию СОЖ дополнительно стабилизировали разработанной нами бактерицидной присадкой на основе многостенных углеродных нанотрубок с привитой на поверхности четвертичной аммониевой солью, образованной карбоксильной группой (привитой к МУНТ) и триэтаноламином:



Содержание бактерицида в дисперсии СОЖ составило 0,1 мас. %. Методика получения бактерицида описана нами в работе [5].

#### *Проведение процессов сорбции*

Сорбционные свойства сорбентов определяли статическим методом. В статических условиях в колбу с загрязненным раствором вносили навеску порошка модифицированного сорбента в соотношении Т:Ж = 1:50, перемешивали в течение 1–2 ч, отстаивали. Сорбент отфильтровывали, в фильтрате определяли остаточную концентрацию загрязняющих веществ.

Экспериментально величину адсорбции (А) загрязняющих веществ и степень извлечения ( $\alpha$ ) вычисляли по уравнениям:

$$A = (C_{\text{исх}} - C_{\text{равн}}) \cdot V_{\text{р-ра}} / m_{\text{сорб}} ;$$

$$\alpha (\%) = (C_{\text{исх}} - C_{\text{равн}}) \cdot 100 / C_{\text{исх}} ,$$

где  $C_{\text{исх}}$  и  $C_{\text{равн}}$  – исходная и равновесная концентрация загрязняющих веществ в растворе;  $V_{\text{р-ра}}$  – объем раствора;  $m_{\text{сорб}}$  – масса сорбента.

#### *Разложение эмульсии СОЖ*

Среда отработанной эмульсии СОЖ щелочная, pH  $\approx$  8. В этих условиях СОЖ практически не разлагается на исследуемых сорбентах. Поэтому все эксперименты проводили после подкисления СОЖ до pH = 7 разбавленной азотной кислотой. Очищенную от механических примесей отработанную СОЖ марки «АРС-21» объемом 10 мл смешивали с рассчитанной навеской сорбента для получения фиксированной дозы сорбента,  $D_{\text{сорб}} = T : Ж$  (г/мл). За дозу сорбента принимается соотношение твердая фаза (сорбент, г) – жидкость (СОЖ, мл). Смесь перемешивали в течение 1 ч, отстаивали, отстаившееся масло сливали, смесь отфильтровывали от сорбента. Отбирали 1 мл фильтрата, разбавляли дистиллированной водой в соотношении 1:100 для определения оптической плотности.

#### *Физико-химические методы анализа*

Содержание ионов тяжелых металлов определяли методом атомно-адсорбционной спектроскопии на спектрометре «КВАНТ Z».

Анализ нефтепродуктов в водной фазе после разложения производили согласно методике ПНД Ф 14.1:2.5-95 на анализаторе АН-2.

Оптическую плотность растворов определяли спектрофотометрическим методом (ГОСТ 12.1.016–79): КФК-3,  $\lambda = 540$  нм, кювета 50 мм.

Рентгенофазовый анализ выполняли на дифрактометре D2 PHASER.

ИК-спектры снимали на спектрометре IR Affinity-1 в таблетках KBr

Термостабильность МУНТ исследовали методом термогравиметрического анализа (анализатор TGA/SGTA 851 e). Условия проведения эксперимента: атмосфера – азот (воздух), 20 мл/мин, скорость нагрева – 8 град/мин, навеска порошка 10 мг.

### Результаты и обсуждение

При использовании природных минералов в качестве сорбционных материалов должен учитываться ряд требований к их физико-химическим свойствам [6]. Нами изучены специфические свойства природных минералов Ульяновской области: фазовый состав, термостабильность и другие. Основным компонентом природных минералов является оксид кремния. Его содержание в диатомите и опоках доходит до 80 %, в цеолитах оксида кремния около 70 %. В минералах содержатся также оксиды алюминия, железа, титана, кальция, магния, натрия, калия, другие оксиды. По данным рентгенофазового анализа природные диатомит, опока и цеолит представляют собой аморфную фазу с включением кристаллических фаз: диатомит – кварц ( $\text{SiO}_2$ ), монтмориллонит  $[(\text{AlMg}_2(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10}))_n\text{H}_2\text{O}]$ , полевои шпат  $[(\text{Ca})\text{KAlSi}_3\text{O}_8]$ , слюда  $[\text{KMgAl}(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2]$ ; опока – кварц, кристобалит ( $\text{SiO}_2$ ), тахаранит  $[\text{Ca}_{12}\text{Al}_2\text{Si}_{18}\text{O}_{51}(18\text{H}_2\text{O})]$ , иллит  $[\text{KAl}(\text{SiAl})_4\text{O}_{10}]_n\text{H}_2\text{O}$ ; цеолит – кварц, клиноптилолит  $[(\text{K}_2\text{Na}_2\text{Ca})(\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18})] 6\text{H}_2\text{O}$ , полевои шпат, кристобалит.

Наибольшую удельную поверхность (определено по толуолу) имеет опока – 142 м<sup>2</sup>/г. Максимальная пористость характерна для диатомита – до 70 %. У этого сорбента преобладают макропоры, у цеолитов микропористость достигает 65 % от суммарного объема пор. Полученные данные свидетельствуют о перспективности применения минералов в качестве сорбентов. По данным РФА диатомит Инзенского месторождения Ульяновской области содержит 73 % аморфной фазы (оксид кремния) с включением кристаллических фаз: кварц – 6 %, монтмориллонит – 10 %, обычная слюда – 7 %. Дифрактограмма природного диатомита представлена на рис. 1.

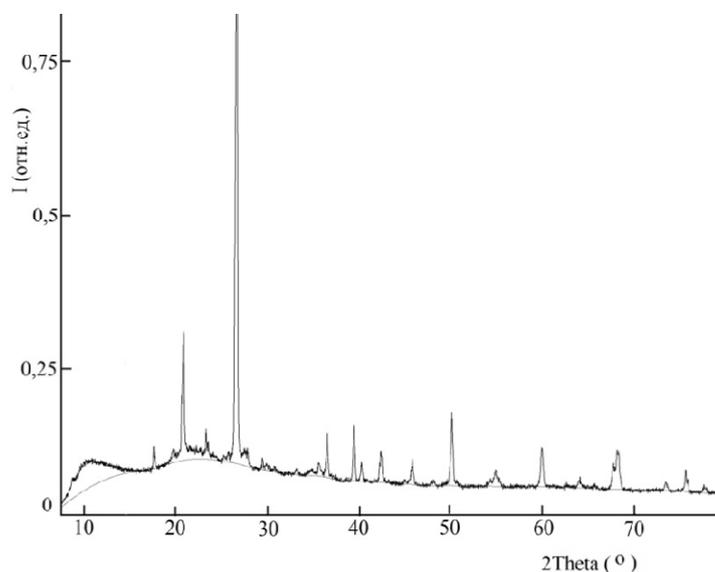


Рис. 1. Дифрактограмма природного диатомита:  
I (отн. ед.) – интенсивность сигнала;  $2\theta$  Theta (°) – угол дифракции, градус

Важную информацию о структуре поверхности можно получить из ИК-спектров (рис. 2). В ИК-спектре диатомита наблюдаются характерные для кремнистых структур полосы поглощения Si-O-групп при 474 см<sup>-1</sup> (деформационные колебания), 798 см<sup>-1</sup> (валентные симметричные колебания) и полосы в области 1200–1000 см<sup>-1</sup> (валентные асимметричные колебания). Полосы поглощения в области 3470 см<sup>-1</sup> и 1630 см<sup>-1</sup> обусловлены валентными и деформационными колебаниями поверхностных OH-групп, связанных с атомами кремния или кальция.

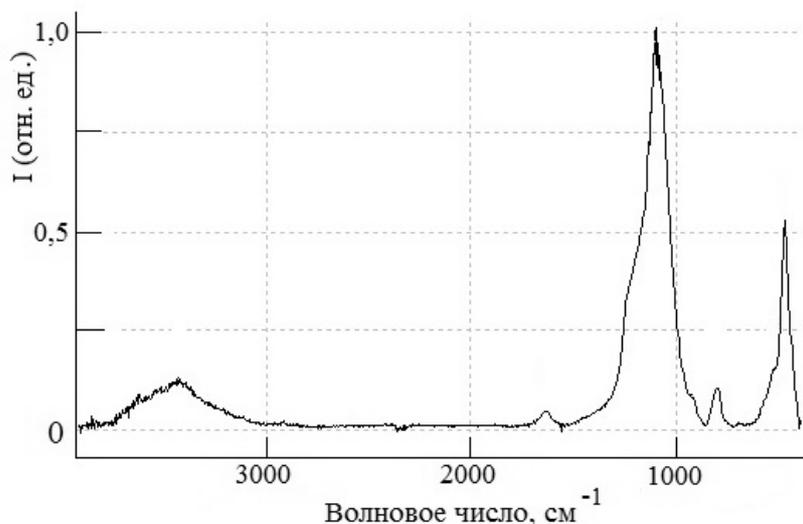


Рис. 2. ИК-спектр природного диатомита

Для практического применения природные минералы очищают от механических примесей промывкой водой, от сорбированной на поверхности и в порах, а также кристаллизационной воды – термообработкой.

Термостабильность является одним из важных свойств для определения температурных границ применимости сорбента. На рис. 3 приведены термогравиметрические кривые для природного диатомита.

При нагреве образца до 800 °С наблюдается два эндотермических эффекта с максимумами скорости потери массы при 65 °С и 500 °С. Эти эффекты связаны с удалением адсорбированной на поверхности и в порах материала воды при температурах до 300 °С и удалению более прочно связанной кристаллизационной воды при более высоких температурах в интервале 400–550 °С.

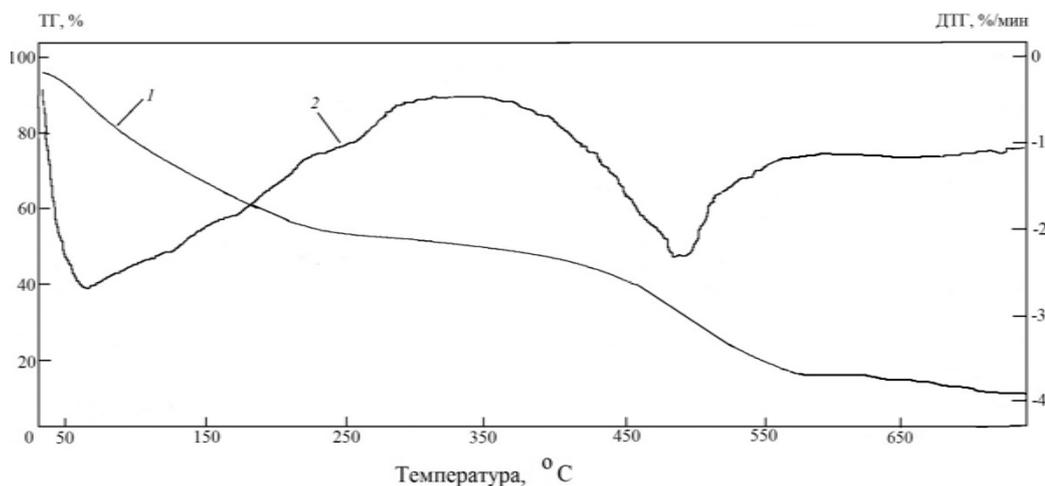


Рис. 3. ТГА природного диатомита: 1 – термогравиметрическая кривая (потеря массы); 2 – дифференциальная кривая (скорость потери массы). Атмосфера – воздух

Аналогично были проанализированы природные опока и цеолит.

Таким образом, для сохранения структуры минерала в случае диатомита и опоки температура термообработки не должна превышать 600 °С, в случае цеолита – 400 °С.

Для усиления сорбционных свойств природные минералы химически модифицируются оксидами металлов или солями. Наиболее эффективно модифицирование сульфатом алюминия. Величина максимальной адсорбции и удельной поверхности (по адсорбции на метиленовом го-

лубом) для модифицированного диатомита увеличивается в 4,5 раза по сравнению с исходными значениями: максимальная адсорбция  $A_{\text{макс}} = 12,4\text{--}56,0$  мг/г; удельная поверхность  $S_{\text{уд}} = 66,0\text{--}296,0$  м<sup>2</sup>/г. Степень извлечения ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов также значительно увеличивается в широком диапазоне концентраций (см. таблицу).

Степень извлечения ионов металлов и нефтепродуктов на диатомите:  
концентрация ионов металлов 1–10 мг/л; концентрация нефтепродуктов – 1–100 мг/л

Компонент	Степень извлечения, %	
	Диатомит исходный	Диатомит модифицированный
Медь	53–80	85–99
Цинк	47–89	85–98
Нефтепродукты	88,6	99,9

При исходной концентрации катионов металлов и нефтепродуктов 100 мг/л была определена полная динамическая сорбционная емкость модифицированного диатомита, которая составила по ионам меди 42 мг/г, по ионам цинка 51 мг/г, по нефтепродуктам 253 мг/г.

Дисперсная система представляет собой эмульсию СОЖ, образованную минеральным маслом, органическими и неорганическими присадками и диспергированными в эмульсию многостенными углеродными нанотрубками с поверхностью, функционализированной четвертичной аммониевой солью. Поверхность МУНТ с привитыми фрагментами триэтаноламина выполняет одновременно и роль эмульгатора, и роль бактерицидного средства.

Разложение дисперсной системы на природных сорбентах связано с наличием в сорбенте активных центров, способных адсорбировать молекулы нефтепродуктов и изменять поверхностно-активное натяжение, что приводит к разрушению дисперсии. Эффективность разложения определяли по оптической плотности фильтрата, полученного после обработки отработанной СОЖ сорбентом, поскольку плотность является, в первую очередь, отражением концентрации нефтепродуктов в растворе (рис. 4).

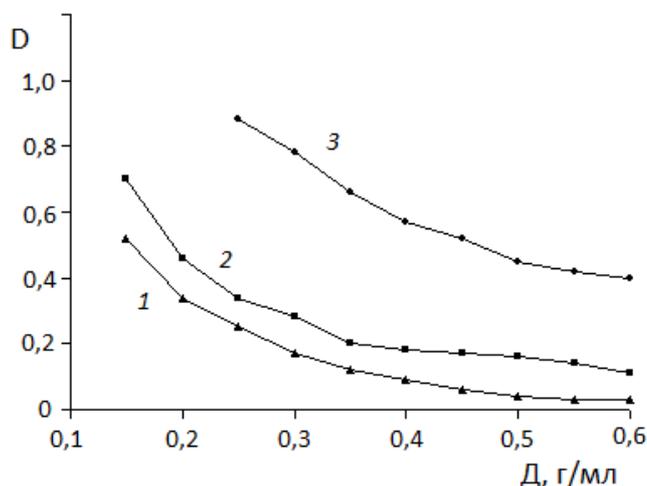


Рис. 4. Зависимость относительной оптической плотности фильтрата (D) от дозы сорбента (Д): 1 – опока; 2 – диатомит; 3 – цеолит

Исходные минералы практически не расслаивают эмульсию. Сорбенты, модифицированные сульфатом алюминия, более эффективно разделяют эмульсию на водную и масляную фазы, однако эмульсия СОЖ стабилизирована углеродными нанотрубками и для более быстрого протекания процессов необходимо предварительно их отфильтровывать на наноразмерном фильтровальном материале.

Оптическая плотность фильтратов уменьшается с увеличением дозы сорбента. По уменьшению эффективности разложения сорбенты располагаются в ряду: опока – диатомит – цеолит. В случае цеолита даже при большой дозе сорбента разделение на фазы протекает в небольшой степени.

## Неорганическая химия

Из анализа графических зависимостей определяли оптимальную дозу сорбента для разложения СОЖ: опока,  $D_{\text{сорб}} = 0,45$ ; диатомит,  $D_{\text{сорб}} = 0,40$ ; цеолит,  $D_{\text{сорб}} = 0,60$ .

Модифицированные опока и диатомит были применены для разложения и утилизации СОЖ. При начальной концентрации нефтепродуктов 9600 мг/л, концентрации в водной фазе составляют: опока–1,8 мг/л; диатомит – 1,6 мг/л. При исходной концентрации в СОЖ ионов железа 6,8 и меди 5,7 мг/л, содержание их в воде при применении опоки составило 0,4 и 0,3 мг/л, диатомита – 0,6 и 0,4 мг/л соответственно.

На основе полученных результатов нами разработана технологическая схема утилизации СОЖ с использованием модифицированных природных сорбентов опоки и диатомита (рис. 5).

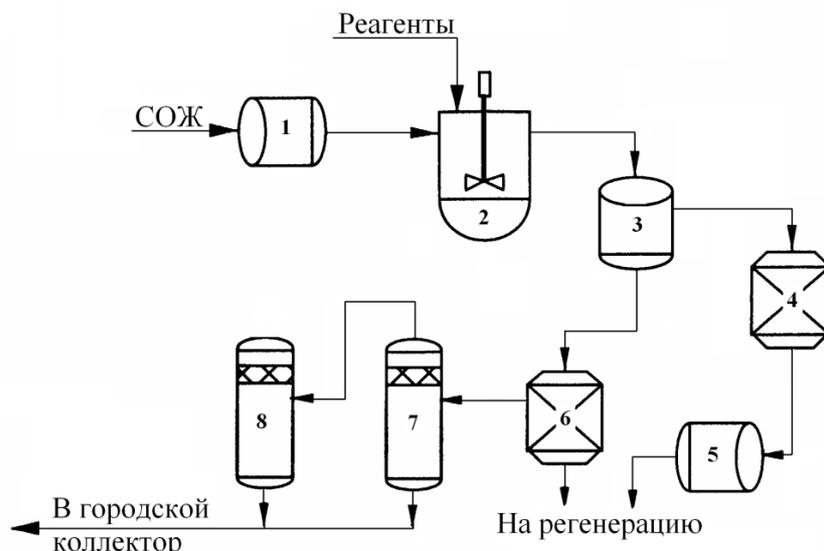


Рис. 5. Технологическая схема утилизации СОЖ с использованием природных сорбентов: 1, 5 – накопительная емкость; 2 – реактор; 3 – отстойник; 4 – фильтр; 6 – пресс-фильтр; 7, 8 – адсорбер

Очищенная от механических примесей отработанная СОЖ поступает в накопительную емкость 1 и оттуда подается в реактор 2, снабженный механической мешалкой. В реакторе СОЖ в течение 2 ч перемешивается с дозированным количеством модифицированного сорбента. По окончании перемешивания суспензия перекачивается в отстойник 3. Отстоявшееся масло подается на фильтр 4 для отделения примесей сорбента, далее в накопительную емкость 5, откуда сливается и направляется на установку регенерации масла. Нижний слой из 3 подается на пресс-фильтр 6, где происходит отделение твердого сорбента от фильтрата. Фильтрат поступает на фильтр-адсорбер 7 с сорбентом для доочистки от нефтепродуктов. В случае необходимости доочистка может проводиться далее с использованием адсорбера 8. Отработанный сорбент после термообработки при 800 °С отправляется на захоронение. Очищенная вода сбрасывается в городской коллектор или используется для технических нужд.

При использовании одного адсорбера концентрация нефтепродуктов в сточной воде составляет 1,6–1,8 мг/л. Ступенчатая доочистка с использованием второго адсорбера позволяет получить на выходе воду с концентрацией нефтепродуктов 0,5–0,7 мг/л.

### Выводы

1. Модифицированные природные минералы диатомит и опока эффективно разделяют дисперсию смазочно-охлаждающей жидкости, содержащей функционализированные углеродные нанотрубки, на водную и масляную фазы с одновременной очисткой водной фазы от нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов до нормативов для воды хозяйственно-питьевого назначения.

2. Разработана технологическая схема утилизации смазочно-охлаждающей жидкости с использованием диатомита и опоки.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-43-732026/16).

### Литература

1. Бульжев, Е.М. Ресурсосберегающее применение смазочно–охлаждающих жидкостей при металлообработке / Е.М. Бульжев, Л.В. Худобин. – М.: Машиностроение, 2004. – 352 с.
2. Бульжев, Е.М. Новое поколение силовых очистителей водных технологических жидкостей / Е.М. Бульжев, А.Ю. Богданов, Е.Н. Меньшов и др. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 420 с.
3. Климов, Е.С. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е.С. Климов, М.В. Бузаева. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 201 с.
4. Сорбционные свойства активированного угля АГ-3 по отношению к нефтепродуктам / М.В. Бузаева, Е.Н. Калюкова, Е.С. Климов // Журнал прикладной химии. – 2010. – Т. 83, № 10. – С. 1743–1745.
5. Модифицирование смазочно-охлаждающей жидкости функционализированными углеродными нанотрубками / А.И. Макарова, М.В. Бузаева, О.А. Давыдова, Е.С. Климов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2015. – Т. 7, № 3. – С. 5–10.
6. Физико-химические свойства природных сорбентов Ульяновской области / М.В. Бузаева, Е.С. Климов, А.И. Кириллов // Башкирский химический журнал. – 2010. – Т. 17, № 4. – С. 37–40.

**Макарова Ирина Алексеевна** – старший преподаватель кафедры «ХТКМиПЭ», Ульяновский государственный технический университет. 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32. E-mail: gorlovskaya.irin@bk.ru

**Фаизов Радик Растямович** – аспирант кафедры «ХТКМиПЭ», Ульяновский государственный технический университет. 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32. E-mail: radik.faizov.90@mail.ru

**Бузаева Мария Владимировна** – доктор химических наук, профессор кафедры «Химия, технологии композиционных материалов и промышленная экология», Ульяновский государственный технический университет, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32. E-mail: m.buzaeva@mail.ru

**Давыдова Ольга Александровна** – доктор химических наук, профессор кафедры «Химия, технологии композиционных материалов и промышленная экология», Ульяновский государственный технический университет, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32. E-mail: olga1103@inbox.ru

**Климов Евгений Семенович** – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «ХТКМиПЭ», Ульяновский государственный технический университет. 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32. E-mail: eugen1947@mail.ru

**Фомин Александр Николаевич** – кандидат технических наук, директор Научно-исследовательского технологического института им. С.П. Капицы, Ульяновский государственный университет, 432063, г. Ульяновск, Университетская Набережная, 1, корпус 4. E-mail: mr.fominan@yandex.ru

*Поступила в редакцию 2 марта 2017 г.*

## UTILIZATION OF NANOMODIFIED DISPERSION OF LUBRICATING COOLANTS WITH THE USE OF NATURAL SORBENTS

I.A. Makarova<sup>1</sup>, gorlovskaya.irin@bk.ru

R.R. Faizov<sup>1</sup>, radik.faizov.90@mail.ru

M.V. Buzaeva<sup>1</sup>, m.buzaeva@mail.ru

O.A. Davydova<sup>1</sup>, olga1103@inbox.ru

E.S. Klimov<sup>1</sup>, eugen1947@mail.ru

A.N. Fomin<sup>2</sup>, mr.fominan@yandex.ru

<sup>1</sup> Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russian Federation

With the use of the spectrophotometry method the sorption capacity of the silica clay, diatomite, and zeolite has been compared in relation to the components of the dispersion of the spent lubricating coolant modified by carbon nanotubes. The efficiency of sorbents decreases in the series: silica clay, diatomite, zeolite. The technological scheme of utilization has been suggested.

*Keywords:* silica clay, diatomite, zeolite, absorbancy, dispersion, sorption, oil products, heavy metals, nanomodified lubricating coolants.

## References

1. Bulyzhev E.M., KHudobin L.V. *Resursosberegayushchee primeneniye smazochno-okhlazhdayushchikh zhidkostey pri metalloobrabotke* [Resource Saving Application of Lubricating-cooling Liquids in Metalworking]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2004. 352 p.
2. Bulyzhev E. M., Bogdanov A. Yu., Men'shov E. N. , Krasnova M. E., Kondrat'eva N. N. , Dzha-vakhiya G. A., Tereshenok E. P. *Novoe pokoleniye silovykh ochistiteley vodnykh tekhnologicheskikh zhidkostey* [A New Generation of Power Cleaners for Aqueous Process Fluids]. Ul'yansovsk., Ul. St. Tech. Univ. Publ, 2010. 420 p.
3. Klimov E.S., Buzayeva M.V. *Prirodnye sorbenty i kompleksy v ochistke stochnykh vod* [Natural Sorbents and Complexones in Wastewater Treatment] Ul'yansovsk., Ul. St. Tech. Univ. Publ, 2011. 201 p.
4. Buzaeva M.V., Kalyukova E.N., Klimov E.S. Sorption Properties of AG-3 Activated Carbon in Relation to Oil Products. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2010. Vol. 83, no. 10. Pp. 1883-1885. DOI: 10.1134/S1070427210100289
5. Makarova I.A., Buzaeva M.V., Davydova O.A., Klimov E.S. The Modification of Lubricating Coolants by Functionalized Carbon Nanotubes. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2015, vol. 7, no. 3, pp. 5–10.
6. Buzayeva M.V., Klimov E.S., Kirillov A.I. Physical and Chemical Properties of Natural Sorbents in the Ulyanovsk Region. *Bashkirskiy khimicheskij zhurnal* [Bashkir Chem. Journal], 2010, V. 17, no. 4, pp. 37–40 (in Russ.)

*Received 2 March 2017*

## ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Утилизация наномодифицированной дисперсии смазочно-охлаждающей жидкости с применением природных сорбентов / И.А. Макарова, Р.Р. Фаизов, М.В. Бузаева и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2017. – Т. 9, № 2. – С. 5–12. DOI: 10.14529/chem170201

## FOR CITATION

Makarova I.A., Faizov R.R., Buzaeva M.V., Davydova O.A., Klimov E.S., Fomin A.N. Utilization of Nanomodified Dispersion of Lubricating Coolants with the Use of Natural Sorbents. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2017, vol. 9, no. 2, pp. 5–12. (in Russ.). DOI: 10.14529/chem170201