Е.В. Калинина, И.С. Глушанкова, Д.О. Сабиров

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

СОРБЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ШЛАМА СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Предприятия по производству кальцинированной соды являются источниками образования крупнотоннажных отходов – шламов содового производства. В настоящее время, несмотря на имеющиеся научно-технически обоснованные способы утилизации шламов содового производства, шламы продолжают размещать в шламонакопителях. Поиск новых направлений утилизации отходов является актуальной задачей. На основании анализа научно-технической и патентной информации, ранее выполненных работ по изучению свойств шламов содового производства была выдвинута гипотеза о том, что шлам содового производства, модифицированный кремнийорганическими гидрофобизаторами на водной основе, может быть использован в качестве сорбента для очистки воды от нефти и нефтепродуктов.

В работе представлена характеристика отобранных образцов шламов содового производства, результаты исследования физико-химических и гранулометрических свойств образцов шламов разного срока складирования. По результатам исследований определено наличие большого количества водорастворимых минеральных солей. Исходные образцы шламов содового производства имеют низкую плавучесть и нефтеемкость. Показатели плавучести и нефтеемкости увеличиваются с уменьшением размера частиц шламов содового производства. Наиболее подходящими для получения сорбента для очистки воды от нефтепродуктов являются мелкодисперсные шламы, образующиеся на границе зеркала воды, формирующиеся после отстаивания крупной фракции в зоне выпуска дистиллерной жидкости в шламонакопитель. Установлено, что модификация образцов шлама кремнийорганическими гидрофобизаторами на водной основе позволяет повысить плавучесть и нефтеемкость образцов на 30–40 %. Количество активной составляющей реагента относительно массы обрабатываемого шлама существенно влияет на плавучесть, которая снижается как при увеличении оптимальной дозы, так и при ее снижении.

Ключевые слова: нефтяные сорбенты, очистка воды, нефтепродукты, моторное масло, бензин, органосилоксаны, модификация, шлам содового производства.

Соликамско-Березниковский промышленный узел формирует значительную техногенную нагрузку на территории Пермского края. Одним из основных предприятий, имеющих высокий показатель образования сточ-

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. – С. 37–49. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.04.03

Kalinina E., Glushankova I., Sabirov D. Sorbent for water purification from oil-based sludge soda production. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2017. No. 4. Pp. 37-49. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.04.03

ных вод, образования и размещения отходов, является АО «Березниковский содовый завод» [1].

В настоящее время отходы предприятия в виде шламов содового производства (ШСП) размещаются в шламонакопителе. За период работы предприятия – более 130 лет – накоплено более 50 млн т шламов в двух шламонакопителях: № 1 (закрыт для приема шламов около 45 лет) и № 2 (принимающий шламы в настоящее время). Действующий шламонакопитель заполнен более чем на 95 %, периодически выполняется наращивание дамб шламонакопителя для увеличения его объема. Ежегодный объем образования шламов составляет 13–15 тыс. м³ (по твердой фазе). Открытая поверхность шламонакопителя является источником запыления прилегающих территорий. В результате длительного времени складирования, воздействия атмосферных осадков происходит вымывание водорастворимых солей и формирование шламов, отличающихся по физико-химическим и токсикологическим свойствам. Сложившаяся ситуация усугубляется тем, что шламонакопитель находится в водоохранной зоне реки Кама (200 м от уреза воды) и реки Толыч (100 м от уреза воды), фактическое расстояние от реки Толыч до шламохранилища составляет 65–83 м (рис. 1).

Рис. 1. Шламонакопитель БСЗ с расстоянием до реки Толыч
(<https://yandex.ru/maps>)

Существующие научно обоснованные способы утилизации шламов содового производства [2] не нашли практического применения. В связи с этим актуальной задачей является поиск новых направлений утилизации шламов содового производства.

На основании анализа научно-технической информации установлено, что одним из направлений утилизации производственных отходов являет-

ся использование их после соответствующей обработки и модификации в качестве нефтяных сорбентов.

Сорбирующие материалы подразделяются на несколько групп:

- органические материалы (торф, опилки, солома, шерсть, лузга зерен риса и гречихи);
- неорганические материалы (вермикулит, карбонатные шламы, отходы целлюлозно-бумажной промышленности – волокна аэрофонтанной сушки);
- синтетические материалы (полипропилен и другие полимеры).

Синтетические сорбенты чаще всего являются самыми эффективными для сбора нефти [3]. Вес захваченной нефти синтетическими сорбентами достигает соотношения захваченная нефть : сорбент 40:1, для органических сорбентов – 10:1 и для неорганических – в среднем 2:1. Несмотря на показатели захваченной нефти, органические и неорганические сорбенты могут быть целесообразными к использованию, так как они широко распространены в природной среде или являются отходом промышленных предприятий и имеют низкую или нулевую стоимость. Многие авторы исследуют способы повышения сорбционных свойств известных сорбентов.

Известно, что торф обладает сорбционными свойствами по отношению к нефтепродуктам. Преимущество использования торфа в качестве сорбента определено его низкой стоимостью, доступностью и возможностью последующей утилизации отработанного сорбента путем сжигания и получения тепловой энергии [4]. Как правило, сорбенты первичного органического происхождения могут применяться только однократно. Авторами [5, 6] проводились исследования по интенсификации сорбционной очистки сточных вод от нефтепродуктов верховым торфом. Исследуемые образцы торфа подвергались трехкратному кипячению в дистиллированной воде по 10–15 мин с последующей сушкой при 105 °С. Интенсификацию процесса сорбции проводили следующими методами: нагревание, перемешивание, изменение pH раствора (от 2,5 до 9,4 ед. pH), реагентная обработка неионогенными поверхностно-активными веществами (НПАВ). Авторами определено, что наиболее эффективными являются перемешивание и нагревание.

Известен сорбент [7], полученный из лузги зерен гречихи при температуре 460–700 °С в барабанной, шахтной или камерной печах при атмосферном давлении, в плазме высокочастотного разряда пониженного давления, в плазме высокочастотного или дугового разрядов атмосферного давления.

Предложено получение сорбента [8] для удаления нефтехимических загрязнений жидких сред путем термообработки лузги зерен риса при 200–

430 °С в высокочастотной плазме при давлении ниже атмосферного. При этом вместе с плазмообразующим газом подают порошок оксида кремния.

Разработан сорбент [9], включающий в себя торф, цеолит, пенографит и смесь анионных и неионогенных поверхностно-активных веществ при соотношении компонентов: торф 90–95 %, цеолит 4–8 %, НПАВ 0,5–1,5 %, пенографит 0,1–1,5 %.

В качестве органических сорбентов могут быть использованы отходы сельского хозяйства: шелуха ячменя, шелуха пшеницы и льняная костра [10]. Авторами установлено, что наибольшей сорбционной емкостью обладает льняная костра (9,44 г/г). Исследованные материалы показали высокую эффективность поглощения нефти с поверхности воды, однако одновременно происходит поглощение воды.

Высокая степень очистки вод, загрязненных небольшими количествами нефти и нефтепродуктов, достигается при использовании активированных углей марки БАУ, ДАК, карбонизированной рисовой шелухи, модификации интеркалированного терморасширенного графита [11]. Автором показано, что при использовании активированных углей для очистки вод от нефтепродуктов имеет место процесс коагулирования коллоидными и мелкодисперсными примесями. Максимальную эффективность по плавучести и нефтепоглощению показали модификации интеркалированного терморасширенного графита.

Известен сорбент на основе графита для ликвидации последствий нефтяных разливов на поверхности открытых водоемов [12]. Сорбент получают из частиц размером от 0,05 до 0,2 мм и зольностью от 0,9 до 10 % путем окисления графита с использованием смеси концентрированной кислоты и окислителя (персульфат аммония, бихромат калия), с последующим вспениванием термоударом в потоке воздуха при 1100–1200 °С 0,5–1,5 с. Смесь серной кислоты и окислителя для окисления графита берут обычно в количестве от 3 до 20 мл на 1 г графита. Данный сорбент эффективно удаляет пленку загущенной нефти с поверхности воды и характеризуется длительным сроком хранения сорбента без снижения сорбционной емкости.

В качестве сорбента для доочистки сточных вод от нефтепродуктов предлагается [13] использовать высушенный до 3–20 % влажности карбонатный шлам осветлителей тепловых электрических станций (ТЭС) следующего химического состава: $\text{CaCO}_3 + \text{MgO} + \text{Mg(OH)}_2 + \text{SiO}_2 + \text{Fe(OH)}_3 + \text{Al(OH)}_3$. После доочистки нефтесодержащих сточных вод содержание нефтепродуктов в воде достигает 0,01 мг/дм³.

Известен способ [14, 15] получения адсорбента для очистки природных и сточных вод от нефтепродуктов с использованием гидрофобизатора. В состав адсорбента вводят модифицированные неорганические мате-

риалы полиметилгидридсилоксана и проводят его последующую термообработку. В качестве неорганического материала используют шлам осветлителей тепловых электрических станций с диаметром зерен от 0,01 до 1,4 мм. Улучшение адсорбента проводят 8%-ным водным раствором полиметилгидридсилоксана при соотношении твердой и жидкой фаз 1:(0,2–0,3), а термообработку ведут в течение 8–10 мин при 400–420 °С.

Сорбент для очистки воды от углеводов и их производных предложено [16] получать на основе пористого минерального носителя с поверхностно-гидроксильными группами путем обработки его раствором хлорида меди, никеля или кобальта с последующей сушкой при 180–200 °С. Затем производят обработку этанольным раствором органического лиганда (ализарина) в кислой среде (рН 5–6), высушивают при 160 °С в токе инертного газа, затем наносят полиметилсилоксановый полимер в количестве 5 % от массы носителя с последующим высушиванием при пониженном давлении и температуре 40 °С.

Известна возможность получения сорбента на основе карбонатного шлама химводоочистки на теплоэлектростанциях путем модификации кремнийорганическими реагентами (ГКЖ-94 М, ЖНС, ГКЖ-11 Н, «Силор»). Наибольшей плавучестью и несмачиваемостью обладают образцы, модифицированные гидрофобизаторами ГКЖ-94 М, ГКЖ-11 Н и «Силор». Термообработка полученных образцов сорбентов увеличивает адсорбционную емкость шлама на 15–87 мас. % по отношению к шламу без термообработки.

Авторами работы [17] получены гидрофобные сорбенты нефти путем модификации поверхности вермикулита органосилоксанами – гидрофобизаторами на водной основе (ГКЖ-11 Н и «Ярко») и гидрофобизаторами, растворимыми в органических растворителях («Пента-804»). Установлено, что степень гидрофобизации вермикулита зависит от природы кремнийорганического соединения, концентрации модификатора, природы растворителя и способы обработки. Применение олигометилгидридсилоксанов позволяет получить наиболее гидрофобный сорбент при меньшем расходе модификатора, чем обработка растворами органилсиликонатов щелочных металлов. Применение гидрофобизатора на водной основе является наиболее экономичным, но требует вторичной термообработки, чтобы избавиться от избытка воды. При использовании эмульсии на основе спирта термическая обработка не требуется, спирт испаряется при нормальных условиях. Проникающая способность гидрофобизаторов на органической основе выше, чем гидрофобизаторов на водной основе.

На основании анализа научно-технической и патентной информации, ранее выполненных работ по изучению свойств шламов содового производства, была выдвинута гипотеза о том, что шлам содового производства

модифицированный кремнийорганическими гидрофобизаторами на водной основе, может быть использован в качестве сорбента для очистки воды от нефти и нефтепродуктов.

Для проведения исследований были отобраны 5 проб шлама на действующем шламонакопителе № 2 и закрытом для приема шламов шламонакопителе № 1 АО «Березниковский содовый завод» (рис. 2). Характеристики образцов представлены в табл. 1.

Рис. 2. Точки отбора проб шламов содового производства АО «Березниковский содовый завод» (<https://www.google.ru/maps>)

Таблица 1

Характеристика отобранных образцов

Точка отбора	Характеристика пробы	Агрегатное состояние	Цвет
1	2	3	4
1 (рис. 3, а)	Дистиллерная жидкость, поступающая в шламонакопитель № 2 из производственного цикла	Жидкая	Белый, с механическими примесями
2 (рис. 3, б)	Шлам содового производства текущего выхода, крупнофракционный (шламонакопитель № 2)	Твердый, влажный	Белый, с черными включениями
3 (рис. 3, в)	Шлам содового производства, размещенный около 5 лет назад, крупнофракционный (шламонакопитель № 2)	Твердый, влажный	Белый, с черными включениями

Окончание табл. 1

1	2	3	4
4 (рис. 3, з)	Шлам содового производства, мелкодисперсный, отобран на границе зеркала воды (шламонакопитель № 2)	Пастообразный	Белый
5 (рис. 3, д)	Шлам содового производства, размещенный около 45–50 лет назад крупнофракционный (шламонакопитель № 1)	Твердый, влажный	Белый, с черными включениями

Во время отбора образцов визуально отмечено, что при отсутствии свежих поступлений шламов содового производства (ШСП) в места их хранения начинают развиваться растительные сообщества (см. рис. 3, в). При отсутствии свежих поступлений около 45–50 лет на поверхности шламонакопителя № 1 произрастают березы, осины и мелкие кустарники (см. рис. 3, д).

а

б

в

г

д

Рис. 3. Визуальная характеристика точек отбора проб

Отобранные образцы характеризуются различными физико-химическими свойствами (табл. 2) и гранулометрическим составом (табл. 3). Все исследования проведены с использованием утвержденных методов выполнения измерений.

Таблица 2

Физико-химические свойства шламов содового производства

Показатель	Образец ШСП				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Взвешенные вещества	120,9	—	—	—	—
рН водной вытяжки*	> 13	10,7	10,4	7,5	6,5
Хлорид-ионы* (мг/л)	280	280	304	327	234
Сухой остаток* %	—	0,17	0,09	0,14	0,03
Влажность (%)	—	47	21,5	60	65
Жесткость* (мг-экв/л)	33	24	21,5	15,5	4
Кальций* (мг/л)	732	501	481	371	64
Магний* (мг/л)	392	285	255	184	48
Плотность, г/см ³	1	0,9	0,92	0,5	0,76

* Водная вытяжка 1:10.

Таблица 3

Гранулометрический состав образцов шламов содового производства, %

Размер ячеек сит, мм	Образец ШСП			
	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
>2	1,902	0,8	—	1,71
2–1	16,8	7,59	8,18	12,82
1–0,5	27,99	21,91	18,76	16,575
0,5–0,25	23,22	27,52	16,58	15,06
0,25–0,1	26,37	28,68	37,55	32,23
< 0,1	3,61	13,37	18,91	21,58

При оценке эффективности нефтяных сорбентов обычно руководствуются показателями нефтеемкости и плавучести [18].

Исследование нефтеемкости исходных образцов ШСП (табл. 4) проводили с использованием моторного масла и бензина марки АИ-92. Установлено, что наибольшей нефтеемкостью обладают образцы № 4 и 5. Исследование нефтеемкости одного образца различного гранулометрического состава (см. табл. 3) позволило установить, что частицы с наименьшим размером обладают наибольшей нефтеемкостью. При этом образцы ШСП характеризуются высокими показателями влагоемкости, что определяет необходимость придания им гидрофобных свойств для обеспечения плавучести на поверхности воды.

Таблица 4

Нефтеемкость исходных образцов шламов содового производства

Показатель	Образец ШСП						
	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 5		
	Размер фракции, мм						
	0,25–0,1				0,5–0,25	0,25–0,1	< 0,1
Влагоемкость,%	53	53	100	53	Не определяли		
Нефтеемкость:							
по бензину, г/г	0,43	0,38	0,76	0,66	0,62	0,66	0,71
по моторному маслу, г/г	Не определяли		0,69	0,69	0,57	0,69	0,86

На основании анализа гранулометрического состава ШСП установлено, что наиболее мелкая фракция содержится в образцах ШСП № 4 и 5. Определение плавучести указанных образцов ШСП с размером фракции < 0,1 мм позволило установить, что все образцы держатся на поверхности воды не более 3 мин, что недопустимо для нефтяного сорбента.

Для проведения экспериментальных исследований по модификации органосилоксанами были использованы образцы ШСП № 4 и 5.

Модификация образцов ШСП выполнялась водным раствором солей кремнийорганических веществ. Исследовалось влияние дозы гидрофобизатора на свойства полученных образцов. Для модифицированных образцов определяли плавучесть (табл. 5) и нефтеемкость.

Таблица 5

Плавучесть модифицированных образцов шламов содового производства, % (размер фракции < 0,25)

Номер образца	Время испытания, ч	Объем раствора гидрофобизатора (1:10, на 10 г ШСП), мл		
		6	4	2
5	12	69,4	93,3	84,5
	24	52,4	92,8	78,8
	72	34,2	85,8	66,8
	96	27,1	71,8	63,1
4	12	85,3	94,8	84,5
	24	78,5	93,3	71,5
	72	38,7	86,3	36,7
	96	32,4	86,3	30,3

Нефтеемкость модифицированных образцов ШСП по моторному маслу повысилась на 15–23%.

Выполненные экспериментальные исследования позволили установить:

1) образцы шламов содового производства характеризуются различными физико-химическими и гранулометрическими свойствами, зависящими от времени их складирования и вымывания водорастворимых солей атмосферными осадками;

2) наиболее подходящими для получения сорбента для очистки воды от нефтепродуктов являются мелкодисперсные шламы (размер фракции <0,1 мм), образующиеся на границе зеркала воды, формирующиеся после отстаивания крупной фракции в зоне выпуска дистиллерной жидкости в шламонакопитель;

3) модифицирование кремнийорганическими гидрофобизаторами на водной основе шламов содового производства приводит к повышению плавуемости и нефтеемкости образцов шламов;

4) целесообразно продолжение исследований по определению оптимальных условий модификации шламов содового производства.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-45-590169 р_а.

Библиографический список

1. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2015 году [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.permecology.ru/wp-content/uploads/2016/03/Часть-4.-Воздействие-основных-видов-экономической-деятельности-на-окружающую-среду.pdf> (дата обращения: 5.09.2017).
2. Калинина Е.В. Наилучшие доступные технологии утилизации шламов содового производства // Экология и промышленность России. – 2013. – № 11. – С. 43–47.
3. Кахраманлы Ю.Н. Пенополимерные нефтяные сорбенты. Экологические проблемы и их решения. – Баку: Элм, 2012. – 305 с.
4. Сорбционные свойства гранулированного торфа / П.И. Белькевич, Л.Р. Чистова, Л.М. Рогач, Т.В. Соколова // Химия твердого топлива. – 1984. – № 5. – С. 35–39.
5. Дремичева Е.С., Лаптедутьче Н.К. Торф как сорбент для очистки промышленных сточных вод // Вода: химия и экология. – 2015. – № 8. – С. 57–61.
6. Дремичева Е.С., Бахтигареева Л.Р. Интенсификация сорбционной очистки сточных вод от нефтепродуктов // Экология родного края: материалы 12-й всерос. науч.-техн. конф. / Вят. гос. ун-т. – Киров, 2017. – С. 119–122.
7. Сорбент для удаления нефти и нефтепродуктов и способ его получения из шелухи гречихи: пат. 2259874 Рос. Федерация: МПК В01J 20/24 / Гафаров И.Г., Мухаметзянов М.Т., Расторгуев Ю.И., Тимофеев В.С., Темкин О.Н. – № 2003127907/15; заявл. 18.09.2003; опубл. 10.09.2005, Бюл. № 25. – 9 с.
8. Сорбент для удаления нефтехимических загрязнений из жидких сред и способ его получения: пат. 2459660 Рос. Федерация: МПК В01J 20/22 / Абдулин И.Ш., Гафаров И.Г., Мишулин Г.М., Паскалов Г.З., Светлакова Т.Н., Усенко В.А., Шарафеев Р.Ф. – № 2010145676/05; заявл. 9.11.2010; опубл. 27.08.2012, Бюл. № 24. – 9 с.
9. Сорбент для очистки вод от нефти и нефтепродуктов: пат. 2126714 Рос. Федерация: МПК В01J20/00 / Гаврин А.И., Нестеров Ю.В., Филимонов О.И., Карасева В.Н.; заявл. 7.05.1996; опубл. 27.02.1999. – 8 с.
10. Ликвидация разливов нефти сорбционным методом с применением новых материалов / С.В. Степанова, О.А. Кондаленко, С.М. Трушков, В.А. Доможиров // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 10. – С. 159–160.

11. Темирханов Б.А. Исследование сорбционных свойств углеродсодержащих материалов при ликвидации нефтяных загрязнений: дис. ... канд. хим. наук. – Краснодар, 2005. – 126 с.
12. Способ получения сорбента для очистки поверхности воды от нефти и нефтепродуктов: пат. 2140487 Рос. Федерация: МПК E02B 15/04 / Самосадный В.П., Семенов А.А., Сашенко Н.А., Селезнев В.В., Полунин А.А., Козориз М.Д.; заявл. 30.09.1998; опубл. 27.10.1999. – 6 с.
13. Способ очистки сточных вод от нефтепродуктов: пат. 2483028 Рос. Федерация: МПК C02F 1/28 / Николаева Л.А., Бородай Е.Н., Голубчиков М.А. – № 2010144232/05; заявл. 02.12.2011; опубл. 27.05.2013. – 7 с.
14. Способ получения гидрофобного адсорбента для очистки природных и сточных вод от нефтепродуктов: пат. 2447935 Рос. Федерация: МПК B01J 20/30 / Николаева Л.А., Голубчиков М.А.; заявл. 28.10.2010; опубл. 20.04.12, Бюл. № 11. – 6 с.
15. Николаева Л.А., Голубчиков М.А. Влияние природы гидрофобизатора на сорбционную емкость шлама осветлителей ТЭС // Вода: химия и экология. – 2011. – № 10. – С. 54–57.
16. Способ получения сорбента для очистки воды от углеводов и их производных: пат. 2579123 Рос. Федерация: МПК⁷ H04B1/38, H04J13/00 / Ю.Г. Слизов, М.А. Гавриленко, А.И. Макарычева; заявл. 14.11.2014; опубл. 27.03.16, Бюл. № 9. – 6 с.
17. Губкина Т.Г., Беляевский А.Т., Маслобоев В.А. Способы получения гидрофобных сорбентов нефти модификацией поверхности вермикулита органосилоксанами // Вестник МГТУ. – Т. 14, № 4. – С. 767–773.
18. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.И. Нефтяные сорбенты. – М.; Ижевск, 2003. – 268 с.

References

1. Doklad «O sostoianii i ob okhrane okruzhaiushchei sredy Permskogo kraia» v 2015 godu [The report «On the state and environmental protection of the Perm region» in 2015], available at: <http://www.permecology.ru/wp-content/uploads/2016/03/Chast'-4.-Vozdeistvie-osnovnykh-vidov-ekonomicheskoi-deiatel'nosti-na-okruzhaiushchuiu-sredu.pdf> (accessed 5 September 2017).
2. Kalinina E.V. Nailuchshie dostupnye tekhnologii utilizatsii shlamov sodovogo proizvodstva [Best Available Techniques sludge recycling soda production]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2013, no. 11, pp. 43–47.
3. Kakhramanly I.N. Penopolimernye neftyanye sorbenty. *Ekologicheskie problemy i ikh resheniia* [Oil foam absorbents. Environmental problems and their solutions]. Baku, Elm, 2012, 305 p.
4. Bel'kevich P.I., Chistova L.R., Rogach L.M., Sokolova T.V. Sorbtsionnye svoistva granulirovannogo torfa [Sorption properties of granulated peat]. *Khimiia tverdogo topliva*, 1984, no 5, pp. 35–39.
5. Dremicheva E.S., Lapedul'che N.K. Torf kak sorbent dlia ochistki promyshlennykh stochnykh vod [Peat as a sorbent for purification of industrial waste water]. *Voda: khimiia i ekologiya*, 2015, no 8, pp. 57–61.
6. Dremicheva E.S., Bakhtigareeva L.R. Intensifikatsiia sorbtsionnoi ochistki stochnykh vod ot nefteproduktov [Intensification of sorption purification of sewage from oil products]. *Ekologiya rodnogo kraia*, 13–14 April, Kirov.
7. Gafarov I.G., Mukhametdzianov M.T., Rastorguev Iu.I., Timofeev V.S., Temkin O.N. Sorbent dlia udaleniia nefiti i nefteproduktov i sposob ego polucheniia iz shelukhi grechikhi [Sorbent for removal of oil and oil products and method of its production of buckwheat husk]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2259874 (2005).
8. Abdulin I.Sh., Gafarov I.G., Mishulin G.M., Paskalov G.Z., Svetlakova T.N., Usenko V.A., Sharafiev R.F. Sorbent dlia udaleniia neftekhimicheskikh zagriaznenii iz zhidkikh sred i sposob ego polucheniia [Sorbent for removal of petrochemical contaminants from liquids, and method for its production]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2459660 (2012).
9. Gavrin A.I., Nesterov Iu.V., Filimonov O.I., Karaseva V.N. Sorbent dlia ochistki vod ot nefiti i nefteproduktov [Sorbent for water purification from oil and oil products]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2126714 (1999).
10. Stepanova S.V., Kondalenko O.A., Trushkov S.M., Domozhikov V.A. Likvidatsiia razlivov nefiti sorbtsionnym metodom s primeneniem novykh materialov [Elimination of oil spill by sorption technique using new materials]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2011, no. 10, pp. 159–160.

11. Temirkhanov B.A. Issledovanie sorbtionnykh svoystv uglerodsoderzhashchikh materialov pri likvidatsii neftiannykh zagriaznenii [Study of sorption properties of carbonaceous materials with the elimination of oil pollution]. Doctor's degree dissertation. Krasnodar, 2005, pp. 126.

12. Samosadnyi V.P., Semenov A.A., Sashenko N.A., Seleznev V.V., Polunin A.A., Kozoriz. M.D. Sposob polucheniia sorbenta dlia ochistki poverkhnosti vody ot nefi i nefteproduktov [Method of producing sorbent for cleaning water surface from oil and oil products]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2140487 (1999).

13. Nikolaeva L.A., Borodai E.N., Golubchikov M.A. Sposob ochistki stochnykh vod ot nefteproduktov [Method of sewage purification from oil products]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2483028 (2013).

14. Nikolaeva L.A., Golubchikov M.A. Sposob polucheniia gidrofobnogo adsorbenta dlia ochistki prirodnykh i stochnykh vod ot nefteproduktov [A method of producing hydrophobic adsorbent for cleaning natural waters and sewage from oil products]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2447935 (2012).

15. Nikolaeva L.A., Golubchikov M.A. Vliianie prirody gidrofobizatora na sorbionnuju emkost' shlama osvetlitelej TJeS [The influence of the nature of water repellent on the sorption capacity of the sludge clarifiers TPP]. *Voda: himija i jekologija*, 2011, no. 10, pp. 54-57.

16. Slizhov Iu.G., Gavrilenko M.A., Makarycheva A.I. Sposob polucheniia sorbenta dlia ochistki vody ot uglevodorodov i ikh proizvodnykh [Method of obtaining sorbent for purification of water from hydrocarbons and their derivatives]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2579123 (2016).

17. Gubkina T.G., Beliaevskii A.T., Masloboev V.A. Sposoby polucheniia gidrofobnykh sorbentov nefi modifikatsiei poverkhnosti vermikulita organosiloksanami [The methods of producing hydrophobic sorbents of oil by surface modification of vermiculite by organosiloxane]. *Vestnik MGTU*, vol. 14, no. 4, pp. 767-773.

18. Kamenshnikov F.A., Bogomol'nyj E.I. Neftjanye sorbenty [Oil sorbents]. Moskva – Izhevsk, 2003, 268 p.

Получено 30.10.2017

E. Kalinina, I. Glushankova, D. Sabirov

SORBENT FOR THE PURIFICATION OF WATER FROM OIL BASED ON SODA SLUDGE

Soda ash production is a source of generation of large tonnage waste, sludge soda that is. Currently, the sludge is placed in sludge tanks. The search for the new ways of soda sludge recycling is an urgent task.

In this paper the results of the study of physical-chemical and granulometric properties of the samples of soda sludge of different storage periods and the possibility of their use for the purification of water surface from oil products is presented. Buoyancy and oil sorbent capacity can be increased by hydrophobization of the surface. It is established that modification of the samples of sludge soda by silicone water based water repellents allows to increase the buoyancy to 95 % and the oil sorbent capacity by 30-40 %

Keywords: oil sorbents, water purification, oil products, motor oil, gasoline, organic siloxanes, modification, soda sludge.

Калинина Елена Васильевна (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр. 29, e-mail: Kalininaelena1@rambler.ru).

Глушанкова Ирина Самуиловна (Пермь, Россия) – д-р техн. наук, профессор кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр. 29, e-mail: irina_chem@mail.ru).

Сабиров Дмитрий Олегович (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр. 29, e-mail: sabirov.dima59rus@yandex.ru).

Kalinina Elena (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate professor Department "Environmental protection", Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: Kalininaelena1@rambler.ru).

Glushankova Irina (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor Department "Environmental protection", Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: irina_chem@mail.ru).

Sabirov Dmitrii (Perm, Russian Federation) – Undergraduate student, Department "Environmental protection", Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: sabirov.dima59rus@yandex.ru).