

ПЫЛЕВЫЕ ОТХОДЫ ЗАВОДОВ ЖБИ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

*Свергузова С.В., доктор технических наук, профессор,
Беловодский Е.А., ассистент,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация: в работе представлены результаты исследования факторов, влияющих на эффективность очистки водных сред, от тяжёлых металлов пылью рукавных фильтров предприятия ООО «ЖБИ-4» г. Белгород. Представлена динамика количества образования пыли рукавных фильтров. Исследован гранулометрический и фазовый состав пыли. Дано описание процессов, протекающих при добавлении пыли к водной среде. Исследовано влияние массы пыли на pH водной среды. Установлено, что данная пыль может использоваться в качестве адсорбента для очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов. Доказана высокая эффективность очистки сточных вод пылью предприятия ООО «ЖБИ-4». Показано, что при увеличении массы добавки ПРФ до 0,5 г на 100 дм³ эффективность очистки плавно повышается до 99,9% при массе ПРФ 0,5 г для $C_{исх}=20$ мг/дм³ и 95,3% для $C_{исх}=10$ мг/дм³. Характер кривой, отражающей зависимость pH среды от массы ПРФ, подобен форме кривой, отражающей зависимость pH среды от массы ПРФ, что подчёркивает влияние pH водной среды на процесс образования осадка $Cu(OH)_2$. Однако в то же время следует отметить, что процесс очистки от ионов Cu^{2+} протекает и в области более низких значений pH, исключая возможность образования осадка $Cu(OH)_2$. Следовательно, очистка может протекать за счёт адсорбции ионов Cu^{2+} и продуктов их гидролиза $[CuOH]^+$ на поверхности ПРФ.

Ключевые слова: пыль рукавных фильтров, модельные растворы, железобетонные изделия (ЖБИ), эффективность очистки

DUST WASTE FROM CONCRETE PRODUCTS PLANTS AS AN ALTERNATIVE MATERIAL FOR WASTEWATER TREATMENT

*Sverguzova S.V., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Belovodsky E.A., Assistant Professor,
Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*

Abstract: the paper presents the results of a study of factors affecting the efficiency of water treatment from heavy metals with dust from bag filters from Belgorod, ZhBI-4. The dynamics of the amount of dust formation of bag filters is given in the paper. The granulometric and phase composition of dust is investigated. A description of the processes occurring when adding dust to the aquatic medium is presented. The effect of dust mass on the pH of the aquatic medium is studied. It was established that this dust can be used as an adsorbent for the waste water treatment from heavy metal ions. High efficiency of wastewater treatment with dust of plant "ZhBI-4" is proved. It

is shown that with an increase in the mass of the BFD additive to 0.5 g per 100 dm³, the purification efficiency smoothly rises to 99.9% with the mass of BFD 0.5 g for $S_{orig} = 20 \text{ mg} / \text{dm}^3$ and 95.3% for $S_{orig} = 10 \text{ mg} / \text{dm}^3$. The nature of the curve, which reflects the dependence of the PH of the medium on the mass of BFD, is similar to the shape of the curve, which reflects the dependence of the pH of the medium on the mass of the BFD, which emphasizes the effect of the pH of the aqueous medium on the process of formation of Cu (OH)₂ precipitate. However, at the same time, it should be noted that the process of treatment from Cu²⁺ ions also takes place in the range of lower pH values, which exclude the possibility of formation of Cu(OH)₂ precipitate. Therefore, treatment can occur due to the adsorption of Cu²⁺ ions and their hydrolysis products [CuOH] + on the surface of the BFD.

Keywords: bag filter dust, model solutions, reinforced concrete products (RCP), treatment efficiency

Антропогенное загрязнение водных объектов повсеместно приобрело угрожающие масштабы. Вместе с производственными, сельскохозяйственными, бытовыми, ливневыми и талыми сточными водами в природные водные объекты попадают тысячи тонн разнообразных загрязняющих веществ [1-11].

Среди них – нефтепродукты, тяжёлые металлы, фенолы, поверхностно-активные вещества, жиры, масла, цианиды и многие другие экотоксиканты неорганического и органического происхождения. Попадая в природные воды эти загрязняющие вещества, нагружают природное равновесие водных экосистем, приводят к гибели их обитателей и делают воду непригодной для использования её в технических, питьевых, хозяйственно-бытовых и культурно-рекреационных целях, а также, исключая возможность её использования для рыборазведения и сельского хозяйства [12]. Исходя из этого перед сбросом сточных вод в окружающую среду, они должны в обязательном порядке подвергаться глубокой очистке.

Химические соединения, которые накапливаются в сточных водах разделяют на органические и неорганические, а также классифицируют по фазовому составу [13, 14].

Метод очистки сточных вод выбирается исходя из их типа. Основными факторами, которые являются определяющими при выборе технологии очистки выступает тип загрязняющих веществ и требования к качеству очистки.

Ионы тяжелых металлов относят к наиболее опасным загрязняющим веществам. Необходимо отметить, что даже незначительная их концентрация (5 мг/дм³) несет опаснейшую угрозу отравления живых организмов.

К наиболее эффективным методам извлечения тяжелых металлов из воды можно отнести – сорбционный и коагуляционный [15]. В качестве сорбционных и коагулирующих материалов могут применяться активированные угли. Однако в последнее время все чаще исследователи обращают свое внимание на техногенное сырье физико-механические характеристики которых дают возможность использовать его для очистки сточных вод. Одним из таких отходов относится пыль рукавных фильтров заводов железобетонных изделий (ЖБИ) [16].

На данный момент в Российской Федерации насчитывается свыше 2300 заводов по производству ЖБИ [17]. В Белгородской области имеется 9 таких заводов [18], основными видами продукции которых являются: фундаментные блоки, плиты перекрытий, плиты дорожные, железобетонные

сваи, бетонные опоры и заборы, декоративные изделия [19].

Независимо от вида выпускаемой продукции пыль образуется на всех этапах производственного процесса: при выгрузке и загрузке сырья в силосы и склады для хранения; при подаче и дозирование сырьевых компонентов бетонной смеси (заполнитель, цемент, добавки), а также при смешивание компонентов в бетоносмесителе;. Выделяющаяся производственная пыль улавливается системой аспирации и перед выбросом в атмосферу загрязнённые пылегазовые потоки проходят очистку в

рукавных фильтрах. Количество улавливаемой пыли зависит от объёма производства и вида выпускаемой продукции. К примеру, на Белгородском заводе ЖБИ-4 при объёме продукции 35 тыс. т/год масса пыли, ежегодно улавливаемой рукавными фильтрами, составляет около 3 тысяч тонн. Часть уловленной пыли возвращается в производство бетона, а далее более половины уловленной пыли складировается в отвалы как неостребованный отход производства.

Динамика образования пыли рукавных фильтров (ПРФ) за последние годы показана на рис. 1.

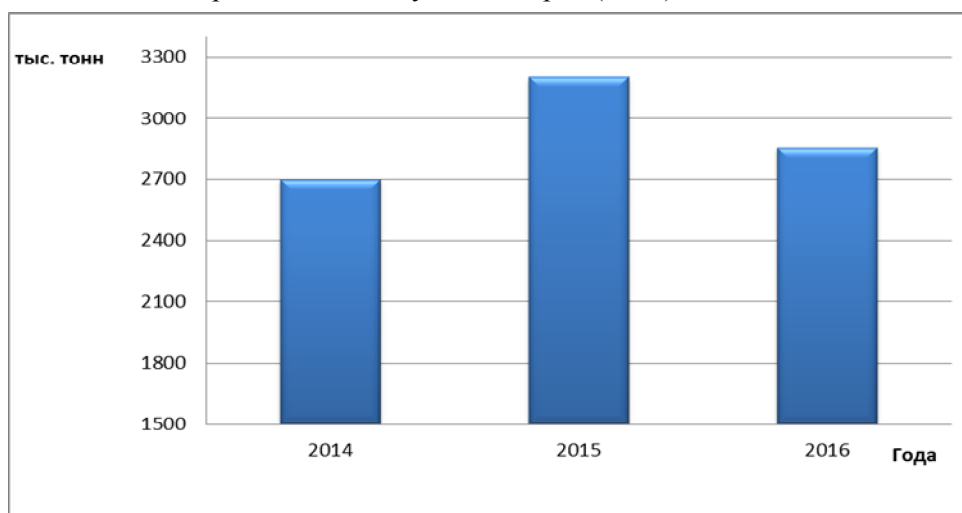


Рис. 1. Динамика образования ПРФ

Целью данной работы являлось исследование возможности применения пыли рукавных фильтров ООО «ЖБИ-4» для очистки сточных вод.

В работе исследовали ПРФ Белгородского завода ЖБИ-4, гранулометрический состав которой представлен в табл. 1.

Таблица 1

Результаты ситового анализа пыли

Размер ячейки, мм	1,4	1	0,63	0,315	0,14	0,1	0,08	0,05	<0.05
Остаток на сите, %	1.60	1.176	1.232	1.102	1.364	8.132	8.406	29.596	39.008

Методом рентгенофазового анализа установлено, что в состав пыли входят такие вещества как: хартрурит Ca_3SiO_5 , ангидрит $\text{Ca}(\text{SiO}_4)$, браунмил-

лерит $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe}+3)\text{O}_5$, ларнит Ca_2SiO_4 , гроссит CaAl_4O_7 , гипс $\text{CaSO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$, альбит $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (рис. 2).

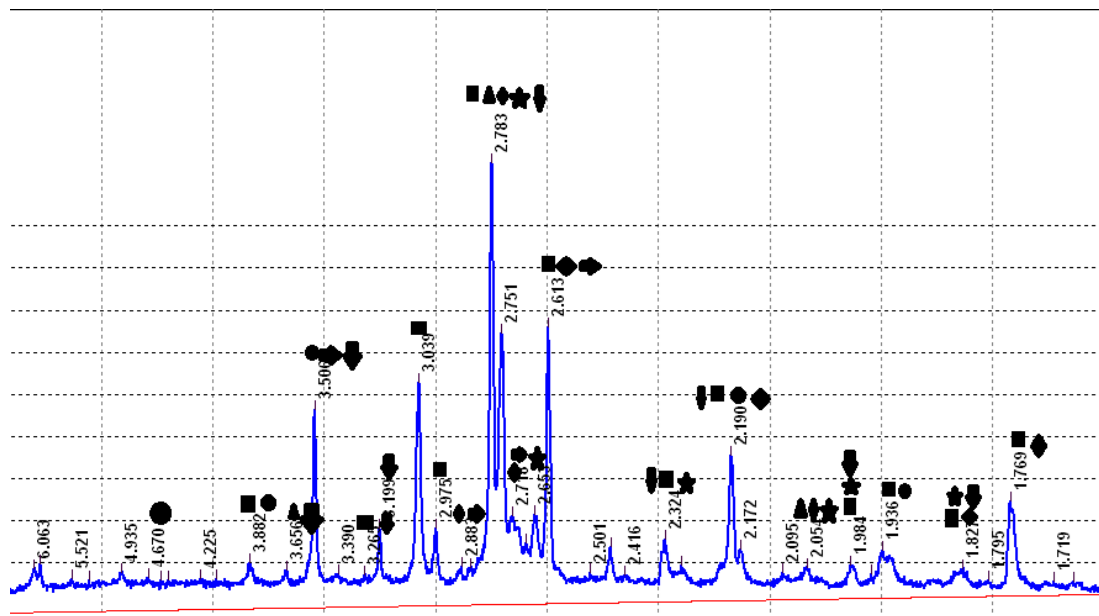


Рис. 2. Рентгенограмма ПРФ

Обозначения:

- A- Ca_3SiO_5 хатрурит, ● B- $\text{Ca}(\text{SiO})_4$ ангидрит,
- ▲ D- $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe}+3)_2\text{O}_5$ браунмиллерит, ◆ E- Ca_2SiO_4 ларнит,
- ➔ F - CaAl_4O_7 гроссит, ★ G- $\text{CaSO}_4 \cdot (\text{H}_2\text{O})_2$ гипс, ▼ H- $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ альбит

Содержащиеся в пыли силикаты кальция при гидролизе обуславливают переход в водную среду ионов Ca^{2+} , которые, в свою очередь, при взаимо-

действии с водой приводят к повышению рН среды, что подтверждается результатами исследования, отражёнными на рис. 3.

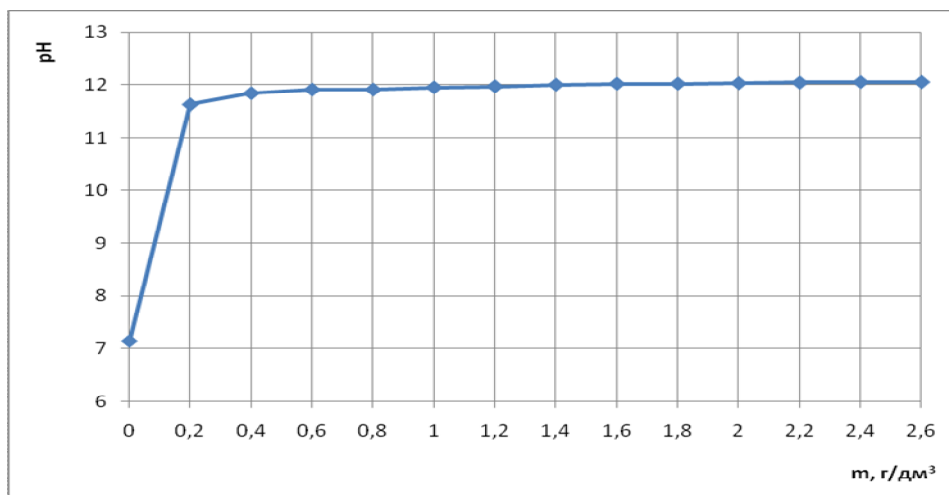


Рис. 3. Зависимость рН среды от массы добавки ПРФ

Как видно из рис. 3, уже при добавлении к дистиллированной воде навески пыли массой 0,2 г при объёме воды 100 см³ рН среды повышается до 11,7, при дальнейшем увеличении массы пыли рН не повышается.

Как известно, при определённых значениях рН происходит образование малорастворимых гидроксидов металлов (рис. 4).

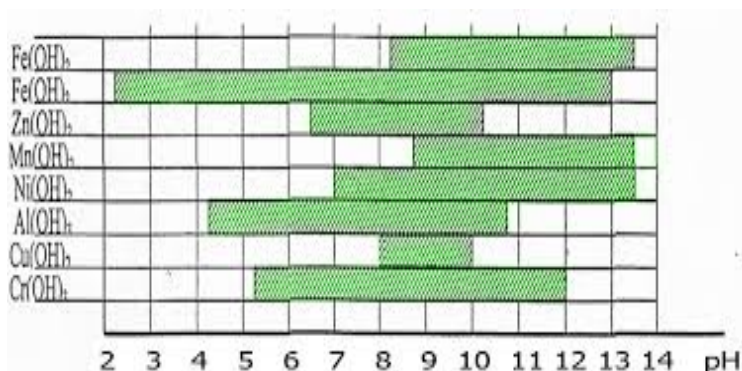


Рис. 4. Области pH существования гидроксидов некоторых металлов

Исследования возможности очистки растворов, содержащих в своём составе ионы Cu^{2+} , осуществлялось на модельных растворах, которые изготавливались путем растворения в дистиллированной воде соли $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. При этом значение pH модельного раствора при концентрации ионов Cu^{2+} 20 мг/дм³ равно 2,9, а при концентрации ионов Cu^{2+} 10 мг/дм³ pH – 3,4. Очистку растворов осуществлялась в статическом режиме. К 100 дм³ модельного раствора добавляли расчётные навески пыли. Смесь перемешивалась в течение 30 ми-

нут, после чего фильтровалась через бумажный фильтр и в фильтрате определяли остаточную концентрацию ионов Cu^{2+} фотоколориметрическим методом при длине волны $\lambda = 490$ нм.

Эффективность очистки рассчитывали по формуле:

$$\varepsilon = \frac{C_n - C_k}{C_n} * 100\%$$

где C_n – начальная концентрация в растворе, мг/дм³;

C_k – конечная концентрация в растворе, мг/дм³.

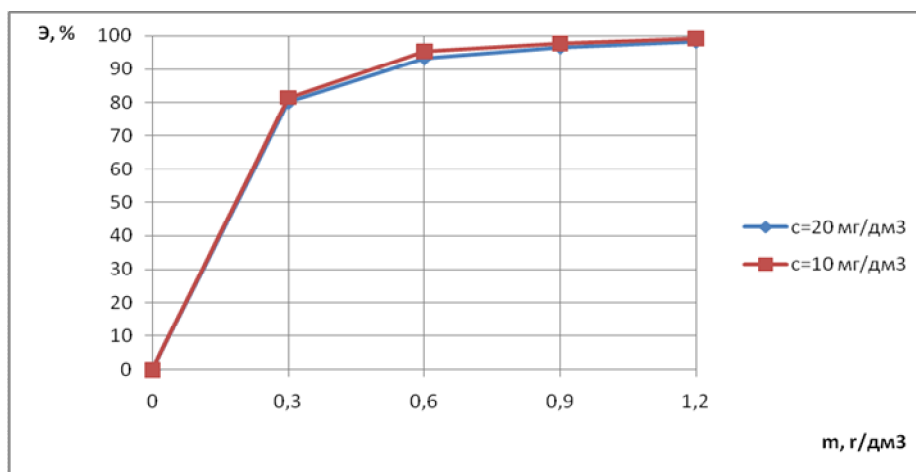


Рис. 5. Зависимость эффективности очистки от массы, добавляемой ПРФ

Из результатов экспериментов следует, что уже при добавке 0,1 г ПРФ к 100 дм³ модельного раствора с исходной концентрацией ионов Cu^{2+} , равной 20 мг/дм³ эффективность очистки составляет 84,6 %, а для раствора с исходной концентрацией 10 мг/дм³ – 68,2%.

При увеличении массы добавки ПРФ до 0,5 г на 100 дм³ эффективность очистки плавно повышается до 99,9% при массе ПРФ 0,5 г для $C_{исх} = 20$ мг/дм³ и 95,3% для $C_{исх} = 10$ мг/дм³. Как видно из рис. 5 и рис. 3, характер кривой, отражающей зависимость pH среды от массы ПРФ, подобен фор-

ме кривой, отражающей зависимость рН среды от массы ПРФ, что подчёркивает влияние рН водной среды на процесс образования осадка $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Однако в тоже время следует отметить, что процесс очистки от ионов Cu^{2+} протекает и в области

более низких значений рН, исключаяющих возможность образования осадка $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Следовательно, очистка может протекать за счёт адсорбции ионов Cu^{2+} и продуктов их гидролиза $[\text{CuOH}]^+$ на поверхности ПРФ.

Литература

1. Теоретические основы очистки воды / Н.И. Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко и др. Донецк: Ноулидж, 2009. 298 с.
2. Pintor A.M.A. Use of cork byproducts as sorbents for oil and grease removal from industrial wastewaters: PhD dissertation. Department of chemical engineering, faculty of engineering, university of Porto, 2014. 158 p.
3. Домрачева В.А., Трусова В.В. Ресурсосберегающая технология очистки сточных вод от нефтепродуктов. Водочистка. 2015. №5. С. 51 – 54.
4. Maebh A.G. Clifford E., Healy M.G. The potential for the use of waste products from a variety of sectors in water treatment processes // Journal of Cleaner Production. 2016. 137. P. 788 – 802.
5. Hoai N.T., Sang, T.D., Hoang J. Mater Oil Spill Cleanup using Stearic-acid-modified Natural Cotton // Environ. Sci. 2016. №7. P. 2498 – 2504.
6. Способ модификации нефтеулавливающих сорбентов на основе натуральных органических материалов / М.Ф. Сотиров, А.В. Басов, В.В. Горелов, В.Н. Басов // Вестник Пермского государственного технического университета. Химическая технология и биотехнология. 2011. №12. С. 198 – 201.
7. Suteu D., Malutan T., Bilba D. Agricultural waste corn cob as a sorbent for removing reactive dye orange 16: equilibrium and kinetic study // Cellulose Chem. Technol. 2011. №45 (5-6). P. 413 – 420.
8. Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills / T.R. Annunciado, T.H.D. Sydenstricker, S.C. Amico // Marine Pollution Bulletin. 2005. N50. P. 1340 – 1346.
9. Шайхиев, И.Г., Степанова С.В., Шайхиева К.И. Исследование хвои сосновых деревьев в качестве сорбционных материалов для удаления нефти и масел с водной поверхности // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. №3. С. 183 – 186.
10. Алексеева А.А., Степанова С.В. Применение листового опада в качестве сорбционного материала для ликвидации аварийных нефтяных разливов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. №7. С. 9 – 13.
11. Использование отходов переработки кукурузы для очистки водных сред от красителя «метиленовый голубой» / С.В. Свергузова, Ж.А. Сапронова, И.Г. Шайхиев, Д.В. Сапронов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. №5. С. 173 – 175.
12. Composite pigment-filler on the basis of sludge of heat power plant and tails of enrichment of ferriferous quartzites / S.V. Sverguzova, G.I. Tarasova, I.V. Starostina and ets. // Research Journal of Applied Sciences. V. 10 (12) (2015). P. 827 – 831.

13. Малахатка Ю.Н., Шамшуров А.В., Извлечение ионов цинка из растворов пылью производства строительных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 183 – 186.
14. Степанова С.В., Шайхиев И.Г., Очистка модельных стоков, содержащих ионы тяжёлых металлов, шелухой пшеницы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №6. С. 183 – 186.
15. Investigation of Interaction Features of Oil Emulsions and Sorption Material Based on Beet Processing Waste / S.V. Svergzuzova, T.R. Denisova, M.N. Miftahov and ets. // International Journal of Engineering & Technology. 7 (4.7). 2018. P. 223 – 226.
16. Свергузова С.В., Сапронова Ж.А., Святченко А.В., Том Отити. Адсорбция веретенного масла нативным и термомодифицированным листовым опадом каштанов // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 4 – 11.
17. Смоленская Л.М., Рыбина С.Ю., Рыбин В.Г., Литвин П.В. Исследование сорбции ионов никеля волокнистыми адсорбентами // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 12 – 20.
18. Свергузова С.В., Сакалова Г.В., Мальованый М.С. Эффективность очистки сточных вод гальванического производства адсорбционным методом // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 153 – 156.
19. Сорбционная очистка воды от ионов Ni^{2+} природной глиной месторождения Катети (Ангола) / С.В. Свергузова, М.Ж. Гомес, А.В. Шамшуров и др. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 164 – 167.
20. Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Том Отити, Сапронова Ж.А. Повышение прочности и морозостойкости керамических изделий при использовании меласной барды в качестве пластифицирующей добавки // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С. 19 – 29.

References

1. Teoreticheskie osnovy ochistki vody / N.I. Kulikov, A.YA. Najmanov, N.P. Omel'chenko i dr. Doneck: Noulidzh, 2009. 298 s.
2. Pintor A.M.A. Use of cork byproducts as sorbents for oil and grease removal from industrial wastewaters: PhD dissertation. Department of chemical engineering, faculty of engineering, university of Porto, 2014. 158 p.
3. Domracheva V.A., Trusova V.V. Resursosberegayushchaya tekhnologiya ochistki stochnyh vod ot nefteproduktov. Vodoochistka. 2015. №5. S. 51 – 54.
4. Maebh A.G. Clifford E., Healy M.G. The potential for the use of waste products from a variety of sectors in water treatment processes // Journal of Cleaner Production. 2016. 137. P. 788 – 802.
5. Hoai N.T., Sang, T.D., Hoang J. Mater Oil Spill Cleanup using Stearic-acid-modified Natural Cotton // Environ. Sci. 2016. №7. P. 2498 – 2504.
6. Sposob modifikacii nefteulavlivayushchih sorbentov na osnove natural'nyh organicheskikh materialov / M.F. Sotirov, A.V. Basov, V.V. Gorelov, Basov V.N. // Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Himicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya. 2011. №12. S. 198 – 201.

7. Suteu D., Malutan T., Bilba D. Agricultural waste corn cob as a sorbent for removing reactive dye orange 16: equilibrium and kinetic study // *Cellulose Chem. Technol.* 2011. №45 (5-6). P. 413 – 420.
8. Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills / T.R. Annunciado, T.H.D. Sydenstricker, S.C. Amico // *Marine Pollution Bulletin.* 2005. N50. P. 1340 – 1346.
9. SHajhiev, I.G., Stepanova S.V., SHajhieva K.I. Issledovanie hvoi sosnovykh derev'ev v kachestve sorbcionnykh materialov dlya udaleniya nefiti i masel s vodnoj poverhnosti // *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta.* 2017. T. 20. №3. S. 183 – 186.
10. Alekseeva A.A., Stepanova S.V. Primenenie listovogo opada v kachestve sorbcionnogo materiala dlya likvidacii avarijnykh neftyanykh razlivov // *Zashchita okruzhayushchej sredy v neftegazovom komplekse.* 2015. №7. S. 9 – 13.
11. Ispol'zovanie othodov pererabotki kukuruzy dlya ochistki vodnykh sred ot krasitelya «metilennyj goluboj» / S.V. Sverguzova, ZH.A. Sapronova, I.G. SHajhiev, D.V. Sapronov // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta.* 2014. T. 17. №5. S. 173 – 175.
12. Composite pigment-filler on the basis of sludge of heat power plant and tails of enrichment of ferriferous quartzites / S.V. Sverguzova, G.I. Tarasova, I.V. Starostina and ets. // *Research Journal of Applied Sciences.* V. 10 (12) (2015). H. 827 – 831.
13. Malahatka YU.N., SHamshurov A.V., Izvlechenie ionov cinka iz rastvorov pyl'yu proizvodstva stroitel'nykh materialov // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. SHuhova.* 2012. №3. S. 183 – 186.
14. Stepanova S.V., SHajhiev I.G., Ochistka model'nykh stokov, sodержashchih iony tyazhyolykh metallov, sheluhoj pshenicy // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. SHuhova.* 2014. №6. S. 183 – 186.
15. Investigation of Interaction Features of Oil Emulsions and Sorption Material Based on Beet Processing Waste / S.V. Sverguzova, T.R. Denisova, M.N. Miftahov and ets. // *International Journal of Engineering & Technology.* 7 (4.7). 2018. P. 223 – 226.
16. Sverguzova S.V., Sapronova ZH.A., Svyatchenko A.V., Tom Otiti. Adsorbciya veretennogo masla nativnym i termomodificirovannym listovym opadom kashtanov // *Stroitel'nye materialy i izdeliya.* 2018. Tom 1. №1. S. 4 – 11.
17. Smolenskaya L.M., Rybina S.YU., Rybin V.G., Litvin P.V. Issledovanie sorbcii ionov nikelya voloknistymi adsorbentami // *Stroitel'nye materialy i izdeliya.* 2018. Tom 1. №1. S. 12 – 20.
18. Sverguzova S.V., Sakalova G.V., Mal'ovanyj M.S. EHffektivnost' ochistki stochnykh vod gal'vanicheskogo proizvodstva adsorbciionnym metodom // *Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova.* 2014. №4. S. 153 – 156.
19. Sorbcionnaya ochistka vody ot ionov Ni²⁺ prirodnoj glinoj mestorozhdeniya Kateti (Angola) / S.V. Sverguzova, M.ZH. Gomes, A.V. SHamshurov i dr. // *Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova.* 2014. №4. S. 164 – 167.
20. Sverguzova S.V., SHajhiev I.G., Tom Otiti, Sapronova ZH.A. Povyshenie prochnosti i morozostojkosti keramicheskikh izdelij pri ispol'zovanii melassnoj bardy v kachestve plastificiruyushchej dobavki // *Stroitel'nye materialy i izdeliya.* 2018. Tom 1. №2. S. 19 – 29.