

CHEMICAL BULLETIN

2020, Tom 3, № 4

CHEMICAL BULLETIN

Главный редактор журнала:
кандидат химических наук,
доцент

Шачнева Евгения
Юрьевна

Редакционная коллегия по основным направлениям работы журнала:

Айзенштадт Аркадий Михайлович (РФ, г. Архангельск) – доктор химических наук, профессор

Алоев Владимир Закиевич (РФ, г. Нальчик) – доктор химических наук, профессор

Eleyan Issa Jamal Issa (Палестина, г. Вифлием) – доктор философии (Ph. D.), доцент

Лесовик Валерий Станиславович (РФ, г. Белгород) – доктор технических наук, профессор

Mahmoud Shakarnah (Палестина, г. Вифлеем) – доктор философии (Ph. D.)

Оробинская Валерия Николаевна (РФ, г. Пятигорск) – кандидат технических наук, доцент

Потапов Алексей Алексеевич (РФ, г. Иркутск) – доктор химических наук, кандидат физико-математических наук, профессор

Пухаренко Юрий Владимирович (РФ, Санкт-Петербург) – доктор технических наук, профессор

Строкова Валерия Валерьевна (РФ, г. Белгород) – доктор технических наук, профессор

Фишер Ханс-Бертрам (Германия, г. Веймар) – Dr.-Ing.

Хентов Владимир Яковлевич (РФ, г. Новочеркасск) – доктор химических наук, профессор

Адрес редакции, издателя:

308012,

г. Белгород, ул. Костюкова 46

E-mail: alfimovan@mail.ru

Сайт: <http://chemicalbulletin.bstu.ru>

© *Chemical Bulletin*, 2020

Содержание

Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Сапронова Ж.А., Святченко А.В.

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЛИСТОВОГО ОПАДА ПЛАТАНА

ПО ОТНОШЕНИЮ К КРАСИТЕЛЮ МЕТИЛЕНОВОМУ ГОЛУБОМУ

5-13

Contents

Sverguzova S.V., Shaykhiev I.G., Sapronova Zh.A., Svyatchenko A.V

SORPTION PROPERTIES OF SYCAMORE LEAF LITTER

IN RELATION TO METHYLENE BLUE DYE

5-13

**СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЛИСТОВОГО ОПАДА ПЛАТАНА
ПО ОТНОШЕНИЮ К КРАСИТЕЛЮ МЕТИЛЕНОВОМУ ГОЛУБОМУ**

*Свергузова С.В., доктор технических наук, профессор,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Шайхиев И.Г., доктор технических наук, доцент,
Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Сапронова Ж.А., доктор технических наук, доцент,
Святченко А.В., старший преподаватель,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

Работа выполнена в рамках реализации Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования Центра Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова

Аннотация: *к одним широко распространённым и опасным загрязненным веществам, которые поступают в водные объекты со сточными водами, относятся красители. Для удаления красителей из водных сред применяют реагентное осаждение, ионный обмен, коагуляцию, флотацию и другие способы. Сорбционная очистка при этом является одной из наиболее эффективной. Авторами для извлечения из водных сред красителя «Метиленовый голубой» предложено использовать биомассу листьев платана. В работе исследован процесс адсорбции метиленового голубого биомассой листьев, установлена сорбционная емкость материала. Показано, что лучше всего процесс адсорбции описывается моделью Фрейндлиха с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9537$.*

Ключевые слова: *красители, метиленовый голубой, биомасса платана, адсорбция*

**SORPTION PROPERTIES OF SYCAMORE LEAF LITTER
IN RELATION TO METHYLENE BLUE DYE**

*Svergzova S.V., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Shaykhiev I.G., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Associate Professor,
Kazan National Research Technological University,
Sapronova Zh.A., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Associate Professor,
Svyatchenko A.V., Senior Lecturer,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*

Abstract: *dyes are one of the widespread and hazardous contaminants that enter water bodies with wastewater. Reagent precipitation, ion exchange, coagulation, flotation, and other methods are used to remove dyes from aqueous environment. At the same time, sorption treatment is one of the most effective. The authors proposed to use sycamore leaves biomass for the dye "Methylene blue" extraction from aqueous environment. To investigate the process of adsorption of methylene blue by the leaves biomass, the sorption capacity of the material has been established; it is shown that the adsorption process is best described by the Freundlich model with a correlation coefficient $R^2 = 0.9537$.*

Keywords: *dyes, methylene blue, sycamore biomass, adsorption*

Введение

К числу наиболее распространенных способов очистки сточных вод, загрязненных различными поллютантами, относятся реагентное осаждение, ионный обмен, мембранное фильтрование, коагуляция, адсорбция и др. Адсорбционные способы очистки сточных вод относятся к одним из наиболее перспективных. Выбор сорбционного метода очистки определяется в первую очередь возможностью использования дешевых и доступных адсорбционных материалов [1-4]. В качестве сорбционных материалов использовались различные природные минералы (шунгит, опока, монтмориллонит, каолинит и др.) [5-10]. Весьма привлекательными являются отходы промышленности: пыли, шлаки, шламы [11-16]. Особый интерес вызывают различные целлюлозосодержащие отходы промышленного и природного происхождения [17-25]. К ним относятся материалы биомассы листьев, стеблей, волокон, скорлупы, шелухи, древесной массы и другие отходы сельского хозяйства и коммунальных служб, являющиеся экологически безопасным, широко распространенным и ежегодно возобновляемым материалом. С помощью таких материалов имеется возможность удаления из водных сред тяжелых металлов, нефтепродуктов, СПАВ и других загрязняющих веществ.

Нами для извлечения из воды красителя "метиленовый голубой" предложено использовать биомассу деревьев, произрастающих в южных и умеренных широтах Европы, Азии, Америки – платанов.

Платан или чинар (*Plátanus*) – высокое листопадное дерево с густой широкой кроной окружностью до 18 м высотой до 50 м.

Материалы и методы

В экспериментах использовали листья платана, собранные в период листопада. Перед использованием листья высушивали при температуре 80-100 °С в сушильном шкафу типа УТ-4610, затем измельчали ручным способом до получения частиц не более 5 мм. Из полученной массы листьев с помощью стандартного набора сит отбирали фракцию с размером менее 2 мм.

Краситель метиленовый голубой (МГ), молярная масса 319,85 г/моль, был взят как один из распространенных в промышленности и широко используемых в лабораторной практике. Модельные растворы для исследований готовили путем разбавления красителя МГ в дистиллированной воде.

Сорбционные свойства биомассы листьев платана (ЛП) определяли статическим методом. Модельные растворы с концентрацией МГ от 0,3 до 3,83 ммоль/дм³ в количестве 100 см³ помещали в конические плоскодонные колбы вместимостью

по 250 см³, куда добавляли биомассу ЛП из расчета 2 г/дм³. Смесь перемешивали на автоматическом встряхивателе в течение 24 часов.

Сорбционные свойства биоматериала ЛП обычно оценивают по изотермам зависимости $A = f(C_p)$, где A – сорбционная емкость материала мг/г или моль/л; C_p – равновесная концентрация извлекаемого вещества в растворе, ммоль/дм³ или мг/дм³ при условии постоянства температуры.

Величину сорбционной емкости вычисляем по формуле (1):

$$A = (C_{исх} - C_p) / m \cdot V \quad (1),$$

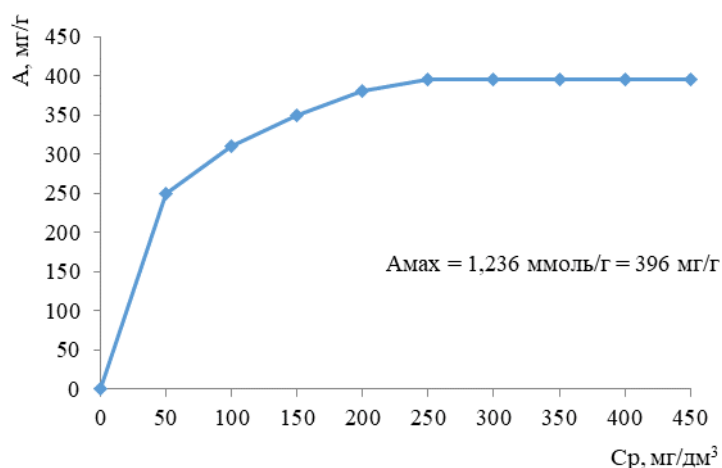


Рис. 1. Изотерма адсорбции МГ на биомассе ЛП

По полученным данным была построена изотерма адсорбции (рис. 1), которая по форме соответствует сорбенту со смешанной структурой [26].

Для более полного представления о механизме процесса сорбции полученная изотерма сорбции была обработана в рамках моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, Дубинина-Радужкевича, БЭТ (Бру-

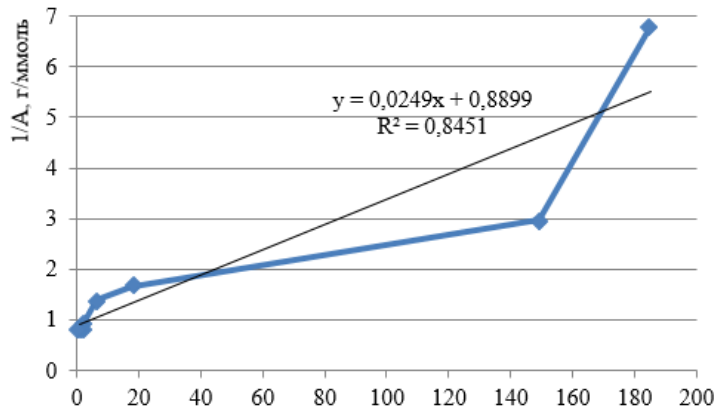
где $C_{исх}$ – исходная концентрация МГ в растворе, моль/дм³; C_p – равновесная концентрация МГ в растворе после процесса сорбции, моль/дм³; m – масса сорбционного материала ЛП, используемого для процесса сорбции, г; V – объем раствора, дм³.

Результаты экспериментов

По полученным экспериментальным данным была рассчитана адсорбция МГ на исследуемом сорбционном материале ЛП из раствора МГ с разной исходной концентрацией и построена изотерма адсорбции (рис. 1).

науэр, Эммет, Теллер), ТОЗМ (теория объемного заполнения микропор).

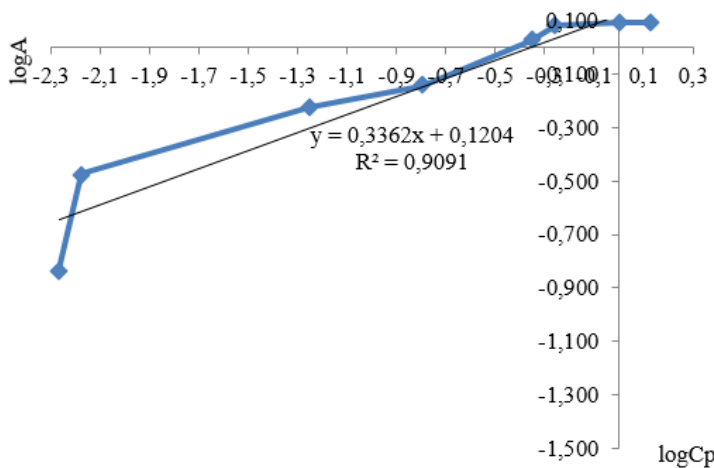
Модель Ленгмюра справедлива для мономолекулярной адсорбции на поверхности твердого адсорбента, графическое изображение данной модели представлена на рис. 2.



$1/A = 1/A_{\infty} + 1/(KLA_{\infty}C_p)$			
$y = 0,8899 + 0,0249x$			
$1/A_{\infty} =$	0,8899	$1/(KLA_{\infty}) =$	0,0249
$A_{\infty} =$	1,123722	$KL =$	35,73896
Коэффициент корреляции = 0,914421			

Рис. 2. Зависимость $1/A = f(1/C_p)$

Модель Фрейндлиха, описывающая сорбцию на гетерогенной поверхности, представлена на рис. 3.

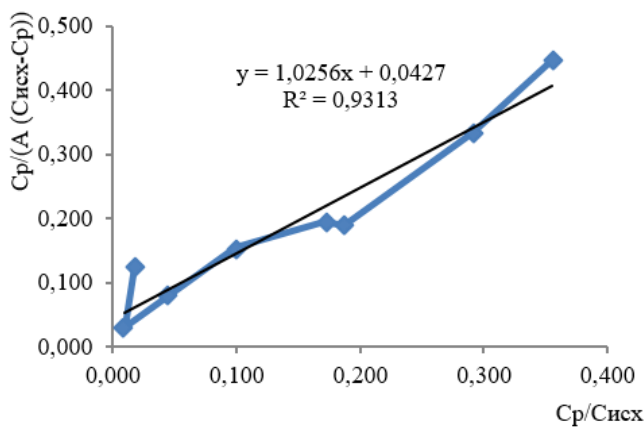


$\log A = \log KF + 1/n \log C_p$			
$y = 0,1204 + 0,3362x$			
$\log KF =$	0,1204	$1/n =$	0,3362
$KF =$	1,319471	$n =$	2,97442
Коэффициент корреляции = 0,9537059			

Рис. 3. Зависимость $\log A = f \log C_p$

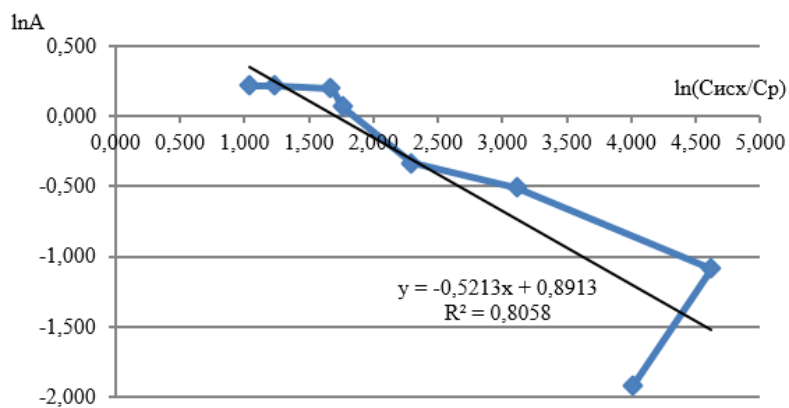
Графическое изображение модели БЭТ, описывающей полимолекулярную адсорбцию, и модели ТОЗМ, в основе которой лежит представление о

микропористых сорбентах, представлены на рис. 4, 5.



$C_p/(A (C_{исх}-C_p)) = 1/(A_{\infty}K_{бэт}) + (K_{бэт}-1)/(A_{\infty}K_{бэт}) \times (C_p/C_{исх})$			
$y = 0,0427 + 1,0256x$			
$1/(A_{\infty}K_{бэт}) =$	0,0427	$(K_{бэт}-1)/(A_{\infty}K_{бэт}) =$	1,0256
$A_{\infty}K_{бэт} =$	23,4192	$K_{бэт}-1 =$	24,01873536
$A_{\infty} =$	0,936067	$K_{бэт} =$	25,01873536
Коэффициент корреляции = 0,946692081			

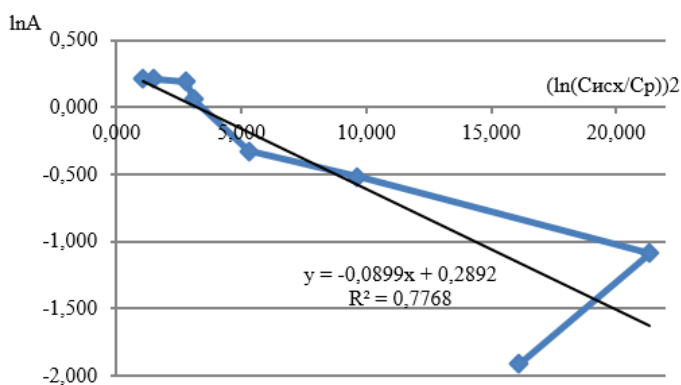
Рис. 4. Зависимость $C_p = f(C_p/C_{исх})$



$\ln A = \ln A_{\infty} - (R \cdot T/E) \cdot \ln(C_s - C_e)$			
$y = 0,8913 - 0,5213x$			
$\ln A_{\infty} =$	0,8913	$R \cdot T/E =$	0,5213
$A_{\infty} =$	2,439671	$E =$	4755,072
Коэффициент корреляции =			-0,88937

Рис. 5. Зависимость $\ln A = f \ln(C_{сисх}/C_p)$

Модель Дубинина-Радушкевича (рис. 6) применима для твердых пористых адсорбентов.



$\ln A = \ln A_{\infty} - (R \cdot T/E)^2 \cdot (\ln(C_{сисх}/C_p))^2$				
$y = 0,2892 - 0,0899x$				
$\ln A_{\infty} =$	0,2892	$(R \cdot T/E)^2 =$	0,0899	
$A_{\infty} =$	1,335603	$R \cdot T/E =$	0,299833	
			$E =$	8267,325
Коэффициент корреляции =			-0,86681	

Рис. 6. Зависимость $\ln A = f (\ln(C_{сисх}/C_p))^2$

Полученные расчетные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные данные

Модель	Уравнение регрессии	Коэффициент регрессии, R^2
Ленгмюра	$y = 0,8899 + 0,0249x$	0,914421
Фрейндлиха	$y = 0,1204 + 0,3362x$	0,9537059
БЭТ	$y = 0,0427 + 1,0256x$	0,946692081
ТОЗМ	$y = 0,8913 - 0,5213x$	-0,88937
Дубинина-Радушкевича	$y = 0,2892 - 0,0899x$	-0,86681

Из полученных данных следует, что лучше всего процесс адсорбции МГ биомассой листьев пла-

тана описывается уравнением модели Фрейндлиха ($R^2 = 0,9537059$).

Литература

1. Адрышев А.К., Серая Н.В., Хайруллина А.А., Даумова Г.К., Шайкимова А.К. Использование комплексных сорбентов на основе природных алюмосиликатов и техногенных отходов в глубокой очистке сточных вод // Экологический вестник России. 2016. № 6. С. 31 – 34.
2. Смятская Ю.А., Политаева Н.А., Шайхиев И.Г., Свергузова С.В. Композиционные сорбционные материалы для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // Вестник технологического университета (Казань). 2018. Т. 21. № 2. С. 215 – 219.
3. Бокиев Б. Р., Хужаев П. С., Шарипов Ш.К., Муродов П. Сорбционный метод очистки производственных сточных вод // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. № 7. С. 203 – 209.
4. Хаматнуров Р.И. Применение сорбционных материалов для очистки промышленных сточных вод // Наука, образование, инновации: апробация результатов исследований: Междунар. (заочной) науч.-практ. конф. (Нефтекамск, 17 декабря 2019 г.), Нефтекамск: Изд-во Научно-издательский центр "Мир науки", 2019. С. 209 – 213.
5. Жумамурат М.С., Ахметова А.Б. Выбор природных сорбентов для очистки сточных вод // Актуальные научные исследования в современном мире. 2017. № 1-3(21). С. 116 – 125.
6. Сапронова Ж.А., Свергузова С.В. Определение доли сорбционной составляющей в процессе очистки растворов от ионов Ni^{2+} и Cu^{2+} природными глинами // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 7. С. 26 – 29.
7. Свергузова С.В., Гомес М.Ж., Шамшуров А.В., Тарасов В.В., Мухачева В.Д. Сорбционная очистка воды от ионов Ni^{2+} природной глиной месторождения Катети (Ангола) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 164 – 167.
8. Петрова О.А., Карибаева М.К., Шарафиева Г.Т., Сакошев А.К. Использование природных сорбционных материалов для очистки воды // Экологический вестник России. 2014. № 3. С. 43 – 46.
9. Кондрашова А.В. Природные минералы в процессах очистки сточных вод // Science Time. 2015. № 3(15). С. 269-270.
10. Силантьева Ю.В., Мирхайдарова Э.Д., Шагаргазина Г.В., Ильясова Р.Р. Сорбционные материалы на основе природных минералов для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // Химия. Экология. Урбанистика. 2018. С. 199 – 204.
11. Свергузова С.В., Сапронова Ж.А., Святченко А.В. Очистка сточных вод производства соевого молока отходом сталеплавильного производства // Российско-китайский научный журнал "Содружество". 2017. № 13. С. 32-37.
12. Свергузова С.В., Порожнюк Л.А., Ипанов Д.Ю., Сапронова Ж.А., Сапронов Д.В., Шамшуров А.В., Новикова Е.В. Коллоидно-химические свойства пыли ЭДСП в процессах водоочистки // Экология и промышленность России. 2013. № 7. С. 22 – 25.
13. Свергузова С.В., Сахаб М.С., Шайхиев И.Г. Использование шлама Белгородской ТЭЦ в водоочистке от ионов никеля // Вестник технологического университета. 2017. № 8 (20). С. 138 – 141.

14. Николаева Л.А., Исхакова Р.Я., Исхаков А.Р. Исследование адсорбционной очистки сточных вод промышленных предприятий карбонатным шламом ТЭС // Молодой ученый. 2017. № 47 (181). С. 35 – 38.
15. Грайворонская И.В., Хоботова Э.Б., Кugno Т.В. Повышение эффективности использования металлургических шлаков для очистки промышленных сточных вод // Экология и промышленность. 2017. № 3-4 (52-53). С. 114 – 118.
16. Касиков А.Г. Очистка промышленных сточных вод с использованием отходов производства (обзор) // Экология промышленного производства. 2006. № 4. С. 28 – 36.
17. Степанова С.В., Свергузова С.В., Шайхиев И.Г. Очистка модельных стоков, содержащих ионы тяжелых металлов, шелухой пшеницы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 6. С. 183 – 186.
18. Степанова С.В., Силайчева М.В. Физико-химические основы сорбционной очистки модельных вод от ионов железа (III) целлюлозосодержащими отходами // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докладов междунар. науч.-техн. конф. (Белгород, 24-25 ноября 2015 г.). Изд-во: Белгородский гос. техн. ун-т им. В.Г. Шухова. 2015. С. 122 – 126.
19. Чиркова В.С., Собгайда Н.А., Рзаде Ф.А. Сорбенты на основе отходов агропромышленного комплекса для очистки сточных вод // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 20. С. 263 – 266.
20. Шайхиев И.Г., Гальблауб О.А., Гречина А.С. Использование отходов от переработки ячменя в качестве сорбционных материалов для удаления поллютантов из водных сред (обзор литературы) // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 23. С. 110 – 117.
21. Мифтахова Ф.Р., Нгуен Т.К.Т., Галимова Р.З., Шайхиев И.Г., Свергузова С.В. Исследование адсорбции ионов цинка кислотомодифицированными опилками акации ушковидной (*Acacia auriculiformis*) // Сорбционные и хроматографические процессы. 2019. № 5. Т. 19. С. 589 – 596.
22. Свергузова С.В., Бомба И.В., Воронина Ю.С. Очистка маслосодержащих эмульсий листовым опадом вишни и рябины // Chemical Bulletin. 2018. Т. 1. № 4. С. 4 – 10.
23. Игнаткина Д.О., Заборская Т.А., Борисова Д.П. Композитный сорбент на основе растительного отхода производства и минерального сырья для очистки сточных вод // XXII Региональная конференция молодых ученых Волгоградской области: сб. докладов (Волгоград, 21-24 ноября 2017 г.). Изд-во: Волгоградский гос. техн. ун-т. 2017. С. 257 – 258.
24. Прохорова С.В., Степанова С.В. Сорбционная очистка модельных вод от нефти и нефтепродуктов с использованием целлюлозосодержащих отходов // Химия и инженерная экология (школа молодых ученых): сб. статей XVII Междунар. науч. конф. (Казань, 27-29 сентября 2017 г.). Изд-во: "Бриг". 2017. С. 309 – 311.
25. Балабанова М.Ю., Скляднев Е.В., Панов С.Ю. Разработка принципиальной схемы и исследование процесса очистки сточных вод с применением материалов на основе продукта химико-термической переработки целлюлозосодержащих отходов сахарной промышленности // Сахар. 2019. № 3. С. 20 – 24.
26. Смиронов А.Д. Сорбционная очистка воды. Л.: Химия, 1982.

References

1. Adryshev A.K., Seraya N.V., Hajrullina A.A., Daumova G.K., SHajkimova A.K. Ispol'zovanie kompleksnyh sorbentov na osnove prirodnyh alyumosilikatov i tekhnogennyh othodov v glubokoj ochildke stochnyh vod. *Ekologicheskij vestnik Rossii*. 2016. № 6. S. 31 – 34.
2. Smyatskaya YU.A., Politaeva N.A., SHajhiev I.G., Sverguzova S.V. Kompozicionnye sorbcionnye materialy dlya ochildki stochnyh vod ot ionov tyazhelyh metallov. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta (Kazan')*. 2018. T. 21. № 2. S. 215 – 219.
3. Bokiev B. R., Huzhaev P. S., SHaripov SH.K., Murodov P. Sorbcionnyj metod ochildki proizvodstvennyh stochnyh vod // *Byulleten' nauki i praktiki*. 2018. T. 4. № 7. S. 203 – 209.
4. Hamaturov R.I. Primenenie sorbcionnyh materialov dlya ochildki promyshlennyh stochnyh vod. *Nauka, obrazovanie, innovacii: aprobaciya rezul'tatov issledovanij: Mezhdunar. (zaочноj) nauch.-prakt. konf. (Neftekamsk, 17 dekabrya 2019 g.), Neftekamsk: Izd-vo Nauchno-izdatel'skij centr "Mir nauki", 2019. S. 209 – 213.*
5. ZHumamurat M.S., Ahmetova A.B. Vybory prirodnyh sorbentov dlya ochildki stochnyh vod. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*. 2017. № 1-3(21). S. 116 – 125.
6. Sapronova ZH.A., Sverguzova S.V. Opredelenie doli sorbcionnoj sostavlyayushchej v processe ochildki rastvorov ot ionov Ni²⁺ i Cu²⁺ prirodnyimi glinami. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2016. T. 20. № 7. S. 26 – 29.
7. Sverguzova S.V., Gomes M.ZH., SHamshurov A.V., Tarasov V.V., Muhacheva V.D. Sorbcionnaya ochildka vody ot ionov Ni²⁺ prirodnoj glinoj mestorozhdeniya Kateti (Angola). *Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova*. 2014. № 4. S. 164 – 167.
8. Petrova O.A., Karibaeva M.K., SHarafieva G.T., Sakoshev A.K. Ispol'zovanie prirodnyh sorbcionnyh materialov dlya ochildki vody. *Ekologicheskij vestnik Rossii*. 2014. № 3. S. 43 – 46.
9. Kondrashova A.V. Prirodnye mineraly v processah ochildki stochnyh vod. *Science Time*. 2015. № 3(15). S. 269-270.
10. Silant'eva YU.V., Mirhajdarova E.D., SHagargazina G.V., Il'iasova R.R. Sorbcionnye materialy na osnove prirodnyh mineralov dlya ochildki stochnyh vod ot ionov tyazhelyh metallov. *Himiya. Ekologiya. Urbanistika*. 2018. S. 199 – 204.
11. Sverguzova S.V., Sapronova ZH.A., Svyatchenko A.V. Ochildka stochnyh vod proizvodstva soevogo molo-ka othodom staleplavil'nogo proizvodstva. *Rossijsko-kitajskij nauchnyj zhurnal "Sodruzhestvo"*. 2017. № 13. S. 32-37.
12. Sverguzova S.V., Porozhnyuk L.A., Ipanov D.YU., Sapronova ZH.A., Sapronov D.V., SHamshurov A.V., Novikova E.V. Kolloidno-himicheskie svojstva pyli EDSP v processah vodochildki. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2013. № 7. S. 22 – 25.
13. Sverguzova S.V., Sahab M.S., SHajhiev I.G. Ispol'zovanie shlama Belgorodskoj TEC v vodo-childke ot ionov nikelya. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*. 2017. № 8 (20). S. 138 – 141.

14. Nikolaeva L.A., Iskhakova R.YA., Iskhakov A.R. Issledovanie adsorbcionnoj ochistki stochnyh vod promyshlennyh predpriyatij karbonatnym shlamom TES. Molodoy uchenyj. 2017. № 47 (181). S. 35 – 38.
15. Grajvoronskaya I.V., Hobotova E.B., Kugno T.V. Povysenie effektivnosti ispol'zovaniya metallurgicheskikh shlakov dlya ochistki promyshlennyh stochnyh vod. Ekologiya i promyshlennost'. 2017. № 3-4 (52-53). S. 114 – 118.
16. Kasikov A.G. Ochistka promyshlennyh stochnyh vod s ispol'zovaniem othodov proizvodstva (obzor). Ekologiya promyshlennogo proizvodstva. 2006. № 4. S. 28 – 36.
17. Stepanova S.V., Sverguzova S.V., SHajhiev I.G. Ochistka model'nyh stokov, sodержashchih iony tyazhelyh metallov, sheluhoj pshenicy. Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. 2014. № 6. S. 183 – 186.
18. Stepanova S.V., Silajcheva M.V. Fiziko-himicheskie osnovy sorbcionnoj ochistki model'nyh vod ot ionov zheleza (III) cellyulozosoderzhashchimi othodami. Energo- i resursosberegayushchie ekologicheski chistye himiko-tekhnologicheskie processy zashchity okruzhayushchej sredy: sb. dokladov mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Belgorod, 24-25 noyabrya 2015 g.). Izd-vo: Belgorodskij gos. tekhn. un-t im. V.G. SHuhova. 2015. S. 122 – 126.
19. CHirkova V.S., Sobgajda N.A., Rzazade F.A. Sorbenty na osnove othodov agropromyshlennogo kompleksa dlya ochistki stochnyh vod. Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2015. T. 18. № 20. S. 263 – 266.
20. SHajhiev I.G., Gal'blaub O.A., Grechina A.S. Ispol'zovanie othodov ot pererabotki yachmenya v kachestve sorbcionnyh materialov dlya udaleniya pollyutantov iz vodnyh sred (obzor literatury). Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2017. T. 20. № 23. S. 110 – 117.
21. Miftahova F.R., Nguen T.K.T., Galimova R.Z., SHajhiev I.G., Sverguzova S.V. Issledovanie adsorbicii ionov cinka kislotomodificirovannymi opilkami akacii ushkovidnoj (*Acacia auriculiformis*). Sorbcionnye i hromatograficheskie processy. 2019. № 5. T. 19. S. 589 – 596.
22. Sverguzova S.V., Bomba I.V., Voronina YU.S. Ochistka maslosoderzhashchih emul'sij listovym opadom vishni i ryabiny. Chemical Bulletin. 2018. T. 1. № 4. S. 4 – 10.
23. Ignatkina D.O., Zaborskaya T.A., Borisova D.P. Kompozitnyj sorbent na osnove rastitel'nogo othoda proizvodstva i mineral'nogo syr'ya dlya ochistki stochnyh vod. XXII Regional'naya konferenciya molodyh uchenykh Volgogradskoj oblasti: sb. dokladov (Volgograd, 21-24 noyabrya 2017 g.). Izd-vo: Volgogradskij gos. tekhn. un-t. 2017. S. 257 – 258.
24. Prohorova S.V., Stepanova S.V. Sorbcionnaya ochistka model'nyh vod ot nefi i nefteproduktov s ispol'zovaniem cellyulozosoderzhashchih othodov. Himiya i inzhenernaya ekologiya (shkola molodyh uchenykh): sb. statej XVII Mezhdunar. nauch. konf. (Kazan', 27-29 sentyabrya 2017 g.). Izd-vo: "Brig". 2017. S. 309 – 311.
25. Balabanova M.YU., Sklyadnev E.V., Panov S.YU. Razrabotka principial'noj skhemy i issledovanie processa ochistki stochnyh vod s primeneniem materialov na osnove produkta himiko-termicheskoj pererabotki cellyulozosoderzhashchih othodov saharnoj promyshlennosti. Sahar. 2019. № 3. S. 20 – 24.
26. Smironov A.D. Sorbcionnaya ochistka vody. L.: Himiya, 1982.