

УДК 54.05:622.361(575.2)(04)
AGRIS T01

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/123/03>

ПОЛУЧЕНИЕ КАРБЕНИЗИРОВАННЫХ СОРЕБЕНТОВ ПОСЛЕ ОЧИСТКИ МАСЕЛ ГЛИНАМИ

©**Шапакова Ч. К.**, ORCID: 0000-0002-0260-8875, SPIN-код: 3747-5508,
канд. хим. наук, Институт химии и фитотехнологий НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызстан, shapakovachynara@gmail.com

©**Укелеева А. З.**, ORCID: 0009-0002-7222-3177, SPIN-код: 8073-4601,
канд. хим. наук, Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына,
г. Бишкек, Кыргызстан, ukeleeva-astra@mail.ru

©**Баканов К. Т.**, Институт химии и фитотехнологий НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызстан, kubatbek.bakanov@kstu.kg

©**Жусупова Ж. Б.**, SPIN-код: 7640-0321, Кыргызский национальный аграрный университет
им. К. И. Скрябина, г. Бишкек, Кыргызстан, Zhyldyz.zhusupova@mail.ru

OBTAINING CARBONIZED SORBENTS AFTER PURIFYING OILS WITH CLAYS

©**Shapakova Ch.**, ORCID: 0000-0002-0260-8875, SPIN- code: 3747-5508, Ph.D.,
Institute of Chemistry and Chemical Technology National Academy of Sciences
of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan, shapakovachynara@gmail.com

©**Ukeleeva A.**, ORCID: 0009-0002-7222-3177, SPIN-code: 8073-4601, Ph.D., Kyrgyz National
University named after J. Childhood, Bishkek, Kyrgyzstan, ukeleeva-astra@mail.ru

©**Bakanov K.**, Institute of Chemistry and Chemical Technology National Academy of Sciences
of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan, kubatbek.bakanov@kstu.kg

©**Gusupova G.**, SPIN-code: 7640-0321, Kyrgyz National Agrarian University
after K. I. Skryabin, Bishkek, Kyrgyzstan, Zhyldyz.zhusupova@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности карбонизации наукатской бентонитовой глины, основные методы её физико-химической модификации, а также перспективы использования данного природного сырья в процессах очистки природных и сточных вод различного происхождения. Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска доступных, экологически безопасных и экономически эффективных адсорбентов на основе местных минеральных ресурсов. Особое внимание уделено комплексному изучению адсорбционных, отбеливающих и очищающих свойств наукатской бентонитовой глины, что имеет важное значение для разработки современных технологий водоподготовки и утилизации жидких отходов. На основе проведённых предварительных лабораторных экспериментов установлено, что наукатская бентонитовая глина обладает высокой способностью к поглощению органических примесей, ионов загрязняющих веществ и окрашенных компонентов, что способствует заметному улучшению физико-химических показателей очищаемой среды. Это особенно наглядно проявляется при очистке отработанных автолов, трансформаторных и растительных масел, где глина демонстрирует высокую степень очистки, устойчивый адсорбционный эффект и выраженные отбеливающие свойства. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наукатская бентонитовая глина может эффективно применяться в качестве естественного адсорбента без предварительной химической активации, что существенно упрощает технологический процесс, снижает энергозатраты и общую себестоимость очистки. Проведённые лабораторно-технологические исследования показали, что по уровню активности данный природный материал не уступает промышленным сорбентам, таким как зикеевская опока, аскангель и бухарский бентонит. Более того, при

очистке масел наукатская глина характеризуется в 1,5 раза меньшей маслоёмкостью по сравнению с серийно выпускаемыми адсорбентами, что повышает её экономическую эффективность и практическую значимость. Таким образом, результаты исследования подтверждают перспективность использования наукатской бентонитовой глины в системах очистки воды, переработки жидких отходов и создании доступных адсорбционных материалов экологического назначения.

Abstract. This article examines the features of carbonization of Naukats bentonite clay, the main methods of its physicochemical modification, as well as the prospects for using this natural raw material in the purification of natural and wastewater of various origins. The relevance of the study is обусловлена the need to search for accessible, environmentally friendly, and cost-effective adsorbents based on local mineral resources. Particular attention is paid to a comprehensive investigation of the adsorption, bleaching, and purification properties of Naukats bentonite clay, which is of great importance for the development of modern water treatment technologies and the utilization of liquid waste. Based on preliminary laboratory experiments, it has been established that Naukats bentonite clay has a high capacity for the adsorption of organic impurities, pollutant ions, and colored components, which leads to a significant improvement in the physicochemical parameters of the treated medium. This is especially evident in the treatment of used motor oils, transformer oils, and vegetable oils, where the clay demonstrates a high degree of purification, stable adsorption performance, and pronounced bleaching effects. The obtained results indicate that Naukats bentonite clay can be effectively used as a natural adsorbent without prior chemical activation, which significantly simplifies the technological process, reduces energy consumption, and lowers the overall cost of purification. Laboratory and technological studies have shown that, in terms of activity, this natural material is not inferior to industrial sorbents such as Zikeev opoka, Askangel, and Bukhara bentonite. Moreover, in oil purification processes, Naukats clay exhibits a 1.5 times lower oil capacity compared to commercially produced adsorbents, which enhances its economic efficiency and practical value. Thus, the research results confirm the promising potential of Naukats bentonite clay for application in water treatment systems, liquid waste processing, and the development of environmentally safe and affordable adsorption materials.

Ключевые слова: глинозем, коагулянт, сульфат анилина, гидроксид алюминия, коллоидная химия.

Keywords: alumina, coagulant, aniline sulfate, aluminum hydroxyl, colloid chemistry.

Проблема очистки сточных вод, начиная со второй половины 20 - века является актуальной для всех стран мира. Одними из основных загрязнителей природных вод являются ионы тяжелых металлов, поступающие со сточными водами предприятий горнодобывающей промышленности, а также ионы, поступающие с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами, стоком с сельскохозяйственных угодий и со сбросными водами орошаемых полей, на которых применяются азотные удобрения. Методов очистки существует довольно много, однако наиболее простыми и эффективными методами очистки воды являются адсорбционные [1, 2].

Перспективными сорбентами для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов являются глинистые алюмосиликатные минералы, в основном бентонитовые глины (монтмориллонит и бейделлит) и каолинит. Адсорбционная активность минералов обусловлена особенностями их кристаллического строения, а также химическим и

минералогическим составом. С целью повышения сорбционных свойств материалы, используемые для очистки растворов, содержащих ионы тяжелых металлов, подвергают различного рода модификациям. Происходящие при этом изменения свойств, вследствие растворения определенной части оксидов приводит к увеличению удельной поверхности и пористости сорбентов [3].

Таким образом, глины обладают высокой адсорбционной способностью, и их успешно применяют как естественные экологические барьеры для борьбы с распространением техногенных загрязнений. Целью работы является исследование адсорбционных свойств бентонитовой глины Наукатского района Ошской области.

Таблица 1
РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ОЧИСТКИ МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ ГЛИНАМИ

Условия опыта	$T_{\text{опыта}}=200^{\circ}\text{C}$, навеска =5%, $T_{\text{перем.}}=30$ мин				
Показатели	$T^{\circ}\text{C}$ в открытом тигле	Вязкость при 100°C , ССм	Кислотное число мг KOH на 1 г масла	Зольность, %	Маслоемко- сть глины, %
Свежее масло АС-10	не ниже 200°C	$10\pm 0,5$	не более 0,02	не менее 0,45	
Масло отработанное, очищенное АСД-9,5	170	8,5	0,6	0,03	
Исх.отработанн., масло	75	6,19	0,23	0,05	
Наукатская глина	195	9,60	0,09	0,047	23,4
Зикеевская опока	193	9,69	0,1	0,03	57
Согуа	199	9,18	0,11	0,039	28,9
Чоко-Булак	196	9,16	0,1	0,045	30,6

Таблица 2
ОЧИСТКА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ПРИРОДНЫМИ ГЛИНАМИ

Режим установки $P=1000$, $T_{\text{контакта}}=80^0\text{C}$, навеска =5%, $T_{\text{перем.}}=60$ мин, $C_{\text{ито}}\leq 0,25$ мм								
Показатели	Нагреваемая проба	Вязкость при 50^0C , ССт	Кислотное ВЖЩ		Т вспыш в закрытом тигле, ^0C	Диэлектр.проницаемость		
			число			$20^0\text{C},\%$	$70^0\text{C},\%$	Прочность
			мгKOH / 1 г масла					
Свежее масло	не ниже 2	не более 9,6	не более 0,02	-	не ниже 135	не более 0,3	0,3	не менее 25
Масло отработанное	4	8,9	0,11	0,022	145	0,53	8,09	24
Наукатская глина	2	8,5	0,02	-	143	0,23	0,61	60
Зикеевская опока	2	8,6	0,07	-.	146	-	-	50
Согуа	2	8,6	0,02	0,01	144	0,1	0,3	50
Чоко-Булак	2	8,6	0,06	-.	146	0,1	0,3	50

Весьма эффективным способом повышения сорбционной способности глины является их карбонизация. Прокалывание глин, предварительно использованных для очистки минеральных масел, приводит к образованию на поверхности глинистого минерала кокса и в последующем, при его активации, тонкой углеродной пленки. Полученный таким образом сорбент приобретает гидрофобные свойства, обладает в отличие от активированных углей,

развитой переходной пористостью, обуславливающей повышенную сорбционную способность сорбента, при очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов, красителей, ПАВ и других крупноразмерных молекул примесей [4].

Наиболее эффективными природными сорбентами для очистки масел, как известно, являются щелочные бентонитовые глины Грузии, Украины и Азербайджана [5-6].

Но полученные предварительные данные об адсорбционных и отбеливающих свойствах наукатской глины при очистке ею отработанного автола, трансформаторного, хлопкового масла, свидетельствует о том, что она, без предварительной химической активации, может быть применена в качестве естественного адсорбента (Таблица 1, 2).

Лабораторно-технологическими испытаниями установлено, что по своей активности наукатская глина не уступает техническим сорбентам — зикеевской опоке, аскангелю и бухарскому бентониту, обладая при очистке масел в 1,5 раза меньшей маслосемкостью, чем промышленно выпускаемые адсорбенты. Для проверки отбеливающих свойств природных сорбентов были проведены лабораторные испытания глин при очистке керосино-газойлевой фракции, данные которых представлены в Таблице 3.

Таблица 3

ОТБЕЛКА НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИРОДНЫМИ

<i>Т опыта = 120⁰С, время 15 мин, цвет по КН - 51</i>							
Наименование	Условия			Наименование	Условия		
	<i>T, °C</i>	<i>Время, час</i>	<i>Обесцвечивание</i>		<i>T, °C</i>	<i>Время, час</i>	<i>Обесцвечивание</i>
Куршаб (отмученная)	110	2	2,1	Куршаб	110	2	2,1
Наукат (неотмученная)	110	2	2,4	Бешкент	110	2	2,1
Куршаб	200	2	2,2	Куршаб (неотмученная)	300	3	2,2
Бешкент	300	3	1,3	Бешкент	300	3	1,3
Куршаб +15% H ₂ SO ₄	110	2	2,3	Бешкент+15% H ₂ SO ₄	110	2	2,4
Бешкент+15% H ₂ SO ₄	110	2	2,3	Куршаб (неотмученная)	200	2	2,2

И КИСЛОТНО-АКТИВИРОВАННЫМИ ГЛИНАМИ (КЕРОСИНО-ГАЗОЙЛЕВАЯ ФРАКЦИЯ)

Расход адсорбента во всех случаях составлял 15% на контролируемое масло. Приведенные результаты позволяют дать качественную и количественную характеристики обеспечивающей способности сорбентов. По своей обеспечивающей способности природная наукатская глина значительно превосходит адсорбенты всех остальных типов, приближаясь по своему действию к кислотнo-активированному Бешкентскому бентониту. Высокую отбеливающую способность природных сорбентов в естественном состоянии связывают, обычно, с содержанием аморфной оксида кремния или объемом переходных пор 111. Хорошими отбеливающими свойствами при контактной очистке масел обладает Куршабский палыгорскит при его термообработке на 200⁰С. В последние годы появилось ряд работ авторы которых предлагают проводить отбелку рафинированного хлопкового масла теми или иными сорбентами [5-7].

С учетом вышесказанного, а также полученных положительных данных при регенерации наукатской глиной минеральных масел, была проведена работа по отбелке рафинированного

хлопкового масла указанной глиной контактным способом в лабораторных условиях (Таблица 4). Из данных видно, что цветность масла 12 красных единиц (1 сорт) достигается путем отбелики (производственной глиной наукатского месторождения в количестве 4% (для оптимального эффекта отбеливания полагается 5%), просушенной лишь при комнатной температуре и с размером частиц глины гораздо большей, чем предусмотрено по инструкции [2-3].

Таблица 4

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ОТБЕЛИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НАУКАТСКОЙ ГЛИНЫ ПО РАФИНИРОВАННОМУ ХЛОПКОВОМУ МАСЛУ

Глины сито $\leq 0,63\text{м}$	Условия опыта				Кислотное число в мг КОН на 1 г масла	Цвет	
	Навеска, %	Температура, °C	Время, мин	Температура сушки глины, °C		Красные единицы	Дополнительные желтые единицы
Исходное рафинированное масло	-	-	-	-	0,14	23,0	70
Наукат	5	115	20	100	0,08	13,0	-
Наукат	5	80	20	20	0,1	12,0	-
Наукат	5	55	20	20	0,09	13,0	-
Зикеевская опока	5	80	20	20	0,1	10,0	-

В результате показано возможность адсорбционной рафинации растительного масла местной наукатской глиной. Использование наукатской глины для очистки масел является экономически эффективной с последующим применением отработанных глин для производства карбонизированного сорбента. Организация производства карбонизированных сорбентов позволило бы наряду с регенерацией отработанного автола производить очистку сточных вод предприятия, что способствовало бы очищению водного бассейна и сократило существенно расходы по обезвреживанию очищаемой воды.

В работе «Адсорбция тяжелых металлов почвами и горными породами» было отмечено, что на крупных американских нефтеперерабатывающих заводах отработанную для очистки масел глину обжигают и затем используют для очистки воды от эмульгированной в ней нефти в качестве инертной зернистой загрузки в фильтры [5].

Путем нагревания глины удастся достичь механической прочности гранул и их неразмокаемости в воде за счет фазовых контактов между глинистыми частицами при их спекании. Более правильный подход к утилизации отработанных глинистых адсорбентов заключается не в выжигании сорбированных органических веществ и образовавшегося кокса, а в его активации, т.е. в придании ему свойств, характерных для активных углей. Образовавшийся на поверхности алюмосиликатов кокс-это обедненные водородом смолообразные продукты.

По химическому строению они являются высококонденсированными ароматическими углеводородами, приближающимися к графиту [6-8].

В среднем на поверхности природных сорбентов откладывается 3-7% кокса по отношению к весу алюмосиликата. Для активации кокса предложено отработанные катализаторы предварительно обрабатывать раствором каустической соды [5], или карбонизировать глину совместно с сорбированными маслами при 400-5000C в течение 6 час [1-4].

По литературным данным работ известно, что в динамических условиях используется только часть статической сорбционной емкости активных углей [9-11].

Большим преимуществом карбонизированных сорбентов, у которых уголь нанесен тонким слоем на большую поверхность глины, является возможность полной отработки угольного слоя в динамических условиях при сорбции крупноразмерных молекул красителей, ПАВ и т.п. Разработка и практическое внедрение таких дешевых неуглеродных материалов отвечает современным тенденциям развития коллоидной химии и технологии очистки воды. До настоящего времени коагулянт для очистки воды — сульфат анилин производят из дорогостоящего и дефицитного гидроксида алюминия — полупродукта при получении металлургического глинозема [9-12].

С целью удешевления производства в последние годы разрабатывается технология получения сульфата алюминия из каолинов и глин, запасы которых огромны и залежи их распространены повсеместно [12].

Однако при сернокислотной переработке каолинов и глин встречается ряд затруднений, и для их устранения предложен способ двухстадийной сульфатизации, который положен в основу непрерывной технологии получения очищенного сульфата алюминия из каолинов [11-13].

Сущность этой технологии заключается в том, что из каолина или глины и раствора серной кислоты готовят пульпу, которую подвергают грануляционному спеканию в аппаратах с псевдоожиженным слоем. Из обожженных гранул раствором серной кислоты экстрагируют алюминий в барабанных противоточных реакторах непрерывного действия.

Таким образом, результаты приведенных исследований свидетельствуют о возможности утилизации отработанных для очистки стоков каолинов и глин с целью последующего получения на их основе широко применяемого коагулянта – сульфата алюминия.

Комплекс приведенных исследований показал, что существуют реальные предпосылки для развития безотходных технологий очистки сточных вод природными сорбентами, а приводимый экспериментальный материал служит достаточно прочным основанием для построения в ближайшем будущем производств, не оказывающих воздействие на окружающую среду (Рисунок).

Создание систем использования воды в промышленности по замкнутому циклу, имеющих экономическое преимущества перед существующими системами, возможно при условии: разработка научно-обоснованных требований к качеству используемой воды на разных стадиях производства продукта, правил использования воды и научно-обоснованных норм водопотребления и водоотведения; классификация сточных вод как по качественной, так и по концентрационной характеристике, научно-обоснованной системы водоотведения; очистка локальных потоков сточных вод с целью их повторного использования и создания локальных замкнутых систем технического водоснабжения; многократного последовательного использования воды в операциях и производствах, требующих более низкого ее качества; создание единой системы водного хозяйства, включающей водоснабжение, водоотведение, очистку сточных вод как стадию подготовки для их повторного использования. Последнее в равной степени относится к сточным водам, содержащим органические и минеральные соединения. Сложность создания таких систем в настоящее время состоит в том, что еще бытует положение, когда технология основного производства и очистка сточных вод рассматриваются как два самостоятельных процесса. При технико-экономической оценке производства продукта не учитываются затраты на очистку сточных вод до качества, позволяющего вернуть их в производство и затраты на доведение образующихся при очистке сточных вод осадков до товарного продукта или вторичного сырья.

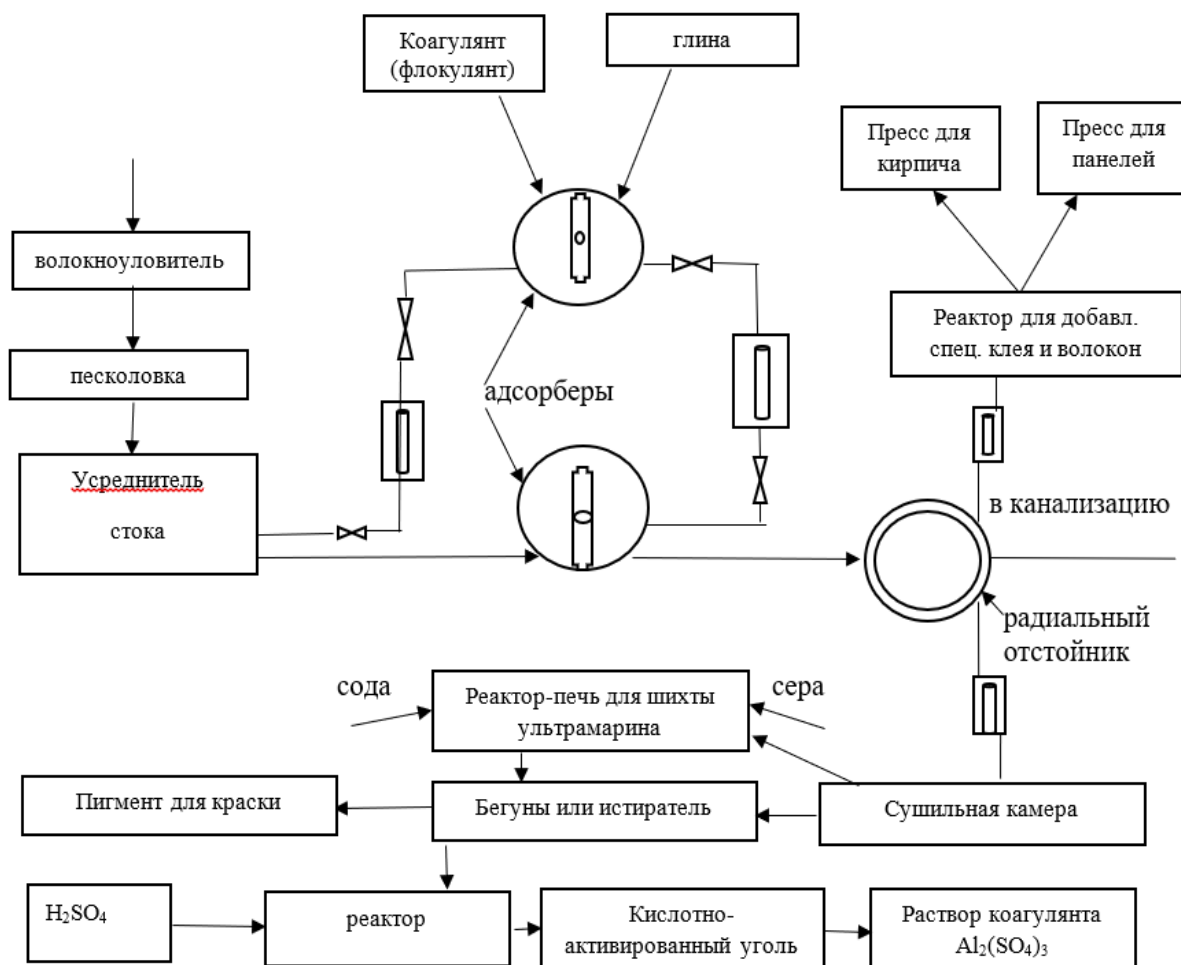


Рисунок. Схема безотходной очистки стоков глинами

Необходимо разработка систем водного хозяйства промышленных предприятий и районов, имеющих экономические преимущества перед существующими системами. В тех случаях, когда создание замкнутых систем водоснабжения диктуется экологическими требованиями, должен быть определен оптимальный вариант с экономической точки зрения. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных районов и центров более экономичны, чем отдельных предприятий, так как позволяют наиболее полно выполнить все условия, определяющие экономичность таких систем, использовать минерализованные сточные воды в производстве, а очищенные сточные воды не только в производство, но и для полива зеленых насаждений, сельскохозяйственных полей орошения, обводнения водоемов и других целей.

Создание экономически рациональных замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий сложный процесс. Сроки создания таких систем на предприятиях зависят от сложности технологии, технической оснащенности, сроков решения всех перечисленных выше задач. Естественно, что в первую очередь в замкнутые системы водообеспечения должны внедряться в тех случаях, когда это не связано с большими затратами средств и материалов, но в то же время их внедрение позволяет сократить расход сырья (в том числе и воды) на единицу товарной продукции и исключить образование различного вида отходов. С учетом того, что основное количество воды в промышленности (более 75%) используется на охлаждение, целесообразно в первую очередь, очищенные городские и промышленные сточные воды направлять в оборотные охлаждающие системы для

восполнения потерь воды. Технологические требования к качеству воды зависят от условий работы охлаждающих систем. При работе предприятий без сброса сточных вод в водоем целесообразна работа оборотных охлаждающих систем на беспродувочном режиме.

Требования к качеству оборотной воды определяются, с одной стороны, условиями работы охлаждающих систем – отсутствием коррозии теплообменного оборудования, образованием отложений и биологических обрастаний при использовании известных методов кондиционирования оборотной воды, с другой — санитарно-гигиенической, эпидемиологической и токсикологической характеристикой оборотной воды и величиной выноса капельной влаги из градирен с учетом протекающих в них процессов.

Если методы кондиционирования оборотной воды могут определены исходя из ионного состава минеральной ее части, то санитарно-гигиеническая и токсикологическая характеристика зависят от органических соединений, присутствующих в добавочной воде, их кондиционирования и разнообразных превращений (окисление, конденсация, полимеризация и др.), протекающих в оборотной системе под действием температуры, кислорода, микроорганизмов и могут быть определены только экспериментально.

Выполненные экспериментальные исследования позволили определить требования к качеству добавочной и оборотной воды, оптимальные схемы-участки сточных вод и условий работы градирен, исключаящие загрязнение воздушного бассейна. На ряде предприятий промышленные сточные воды, поступающие на внеплощадочные сооружения, содержат много минеральных солей. Поскольку они подвергаются совместной очистке со сточными водами города, возникает необходимость обессоливания большого объема сточных вод. Нередки случаи высокого содержания в промышленных сточных водах, поступающих на внеплощадочные очистные сооружения органических соединений, трудно поддающихся биохимическому окислению, соединений азота, фосфора, нефтепродуктов, что требует специальных методов доочистки общего потока сточных вод биосорбцией.

В связи с вышеизложенным можно сделать следующие выводы:

Высокие адсорбционные свойства природных и модифицированных глинистых адсорбентов позволяют широко их использовать для биосорбционной очистки сточных вод, содержащих трудноокисляемые при биоочистке красители, ПАВ, нефтепродукты, ионы тяжелых металлов и др. сточных вод (80-100% очистка стоков от загрязнений).

В качестве носителя-сорбента при биоадсорбционной очистке нами впервые, вместо дорогостоящих и дефицитных активных углей, предложены широко распространенные бентонитоподобные и палыгорскитовые глины, которые совместно с примесями очищаемой сточной воды легко могут быть утилизированы для производства стройматериалов, товаров народного потребления, коагулянтов и угольно-минеральных сорбентов. Существенным технологическим преимуществом глинистого носителя-сорбента по сравнению с активными углями, коагулянтами и флокулянтами являются интенсивная адсорбция загрязнений, последующая быстрая флокуляция, благодаря их значительной удельной массе (до 2,3 г/см³), что позволяет формировать большие хлопья и исключать возможность вторичного загрязнения воды и осадка при неизменности солевого состава стока в силу протекающих ионнообменных водоумягчающих процессов и инертности самого природного сорбента, обусловленная его химическим строением. Технология биоадсорбционной очистки сточных вод глинистыми адсорбентами весьма проста, не требует дополнительных сооружений.

Список литературы:

1. Горюшкин В. В. Технологические свойства бентонитов палеоцена воронежской антеклизы и возможности их изменения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2005. №1. С. 166-177.
2. Васильев Н. Г., Гончарук В. В. Активные центры поверхности слоистых силикатов // Синтез и физико-химические свойства неорганических и углеродных сорбентов. Киев: Наукова думка. 1986. С. 58-72.
3. Сартбаев М. К. Физико-химические и отбеливающие свойства глин Киргизии // Труды научной сессии АН Кирг. ССР. Фрунзе, 1967. С. 187-188.
4. Маркман А. Л., Залесов Ю. П. об использовании бентонитов Средней Азии в процессе рафинации хлопкового масла // Труды ВНИИЖ. Вып. XXI. 1961. С. 178-181.
5. Путилина В. С., Галицкая И. В., Юганова Т. И. Адсорбция тяжелых металлов почвами и горными породами. Характеристики сорбента, условия, параметры и механизмы адсорбции. Новосибирск, 2009. 155 с.
6. Fu F., Wang Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review // Journal of environmental management. 2011. V. 92. №3. P. 407-418.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.011>
7. Каныгина О. Н., Филяк М. М., Алпысбаева Г. Ж. Каолиновая глина Оренбургской области как перспективное сырье для производства отечественного электротехнического фарфора // В сборнике: Оренбургские горизонты: прошлое, настоящее, будущее. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной. 2019. С. 317-320.
8. Иванова Е. С., Гавронская Ю. Ю., Стожаров В. М., Пак В. Н. Взаимосвязь состава, структуры и сорбционных свойств природных алюмосиликатов // Журнал общей химии. 2014. Т. 84. №2. С. 185-188.
9. Кац Э. М., Никашина В. А., Бычкова Я. В. Сорбция тяжелых металлов Ni, Cd, Cr, Zn, Cu из поверхностной воды на природном и модифицированном клиноптилолитах // Сорбционные и хроматографические процессы. 2013. Т. 13. №6. С. 808-815.
10. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1984. 310 с.
11. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды. Л.: Химия, 1982. 168 с.
12. Сурков М. Д., Ракова О. В., Антошкина Е. Г. Исследование сорбционных свойств бентонитовой глины Зырянского месторождения // Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами. Челябинск: Изд-во Юж.-Ур. ГУ. 2016. С. 279-280.
13. Тарасевич Ю. И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев: Наукова Думка, 1981. 207 с.

References:

1. Goryushkin, V. V. (2005). Tekhnologicheskie svoistva bentonitov paleotsena voronezhskoi anteklizy i vozmozhnosti ikh izmeneniya. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya*, (1), 166-177. (in Russian).
2. Vasil'ev, N. G., & Goncharuk, V. V. (1986). Aktivnye tsentry poverkhnosti sloistyx silikatov. *Sintez i fiziko-khimicheskie svoistva neorganicheskikh i uglerodnykh sorbentov*. Kiev, 58-72. (in Russian).
3. Sartbaev, M. K. (1967). Fiziko-khimicheskie i otbelivayushchie svoistva glin Kirgizii. *Trudy nauchnoi sessii AN Kirg. SSR*, 187-188. (in Russian).

4. Markman, A. L., & Zalesov, Yu. P. (1961). ob ispol'zovanii bentonitov Srednei Azii v protsesse rafinatsii khlopkovogo masla. *Trudy VNIIZh*, 21, 178-181. (in Russian).
5. Putilina, V. S., Galitskaya, I. V., & Yuganova, T. I. (2009). Adsorbtsiya tyazhelykh metallov pochvami i gornymi porodami. Kharakteristiki sorbenta, usloviya, parametry i mekhanizmy adsorbtsii. Novosibirsk. (in Russian).
6. Fu, F., & Wang, Q. (2011). Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review. *Journal of environmental management*, 92(3), 407-418. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.011>
7. Kanygina, O. N., Filyak, M. M., & Alpysbaeva, G. Zh. (2019). Kaolinovaya glina Orenburgskoi oblasti kak perspektivnoe syr'e dlya proizvodstva otechestvennogo elektrotekhnicheskogo farfora. In *V sbornike: Orenburgskie gorizonty: proshloe, nastoyashchee, budushchee. Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi* (pp. 317-320). (in Russian).
8. Ivanova, E. S., Gavronskaya, Yu. Yu., Stozharov, V. M., & Pak, V. N. (2014). Vzaimosvyaz' sostava, struktury i sorbtsionnykh svoystv prirodnnykh alyumosilikatov. *Zhurnal obshchei khimii*, 84(2), 185-188. (in Russian).
9. Kats, E. M., Nikashina, V. A., & Bychkova, Ya. V. (2013). Sorbtsiya tyazhelykh metallov Ni, Cd, Cr, Zn, Cu iz poverkhnostnoi vody na prirodnom i modifitsirovannom klinoptilolitakh. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*, 13(6), 808-815. (in Russian).
10. Greg, S., & Sing, K. (1984). Adsorbtsiya, udel'naya poverkhnost', poristost'. Moscow. (in Russian).
11. Smirnov, A. D. (1982). Sorbtsionnaya ochistka vody. Leningrad. (in Russian).
12. Surkov, M. D., Rakova, O. V., & Antoshkina, E. G. (2016). Issledovanie sorbtsionnykh svoystv bentonitovoi gliny Zyryanskogo mestorozhdeniya. In *Ekobiologicheskie problemy Azovo-Chernomorskogo regiona i kompleksnoe upravlenie biologicheskimi resursami. Chelyabinsk*, 279-280. (in Russian).
13. Tarasevich, Yu. I. (1981). Prirodnye sorbenty v protsessakh ochistki vody. Kiev. (in Russian).

Поступила в редакцию
17.12.2025 г.

Принята к публикации
27.12.2025 г.

Ссылка для цитирования:

Шапакова Ч. К., Укелеева А. З., Баканов К. Т., Жусупова Ж. Б. Получение карбонизированных сорбентов после очистки масел глинами // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №2. С. 33-42. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/123/03>

Cite as (APA):

Shapakova, Ch., Ukeleeva, A., Bakanov, K., & Gusupova, G. (2026). Obtaining Carbonized Sorbents after Purifying Oils with Clays. *Bulletin of Science and Practice*, 12(2), 33-42. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/123/03>