

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО СОРБЕНТА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

**Серафимова Л. И.**, доцент, к.т.н., ГОУВПО «ДонНТУ»,

**Гуц И. А.**, студент группы ОПИ-16 ГОУ ВПО «ДонНТУ».

*эл. адрес:* serafimova@mail.ru

**Аннотация.** В работе описаны этапы получения гранулированных форм инновационного сорбента на основе модифицированного органобентонита. Приведены результаты изучения основных физических (плотность, пористость, дисперсность) и механических (пластичность, прочность) свойств полученного сорбента; показана его высокая сорбционная емкость. Проведены исследования эффективности очистки сточных вод с использованием полученного сорбента.

**Ключевые слова:** сточные воды, сорбционная очистка, сорбент, органобентонит, тяжелые металлы, нефтепродукты.

**Abstract.** Our paper presents the stages of obtaining granular forms of the innovative sorbent based on modified organobentonite and the results of investigating its physical (density, porosity, dispersity) and mechanical (plasticity, strength) properties. We have also discovered its high sorption capacity. Our study also included an assessment of wastewater treatment effectiveness with this innovative sorbent.

**Keywords:** wastewater, adsorptive water treatment, sorbent, organobentonite, heavy metals, oil refinery products.

Одной из актуальных проблем современной прикладной экологии является разработка технологий качественной очистки хозяйственно бытовых и промышленных сточных вод [1]. Известно, что сточные воды предприятий содержат нефтепродукты, ионы тяжелых металлов, множество различных химических соединений, представленных в основном солями аммония, фосфатами, хлоридами, гидрокарбонатами и т.д. [2-4]. Все эти поллютанты в составе сточных вод поступают в водные объекты, вызывая их комплексное техногенное загрязнение. Особой формой загрязнения бытовых сточных вод являются микроорганизмы, в том числе и патогенные, которые попадают в

поверхностные воды. Это обуславливает актуальность совершенствования методов и технологий очистки воды с использованием современных экологичных, высокоэффективных фильтрующих систем на основе природных наноструктурированных и модифицированных сорбентов, позволяющих осуществлять комплексную очистку вод от химических загрязнений с одновременной нейтрализацией микроорганизмов [5]. В работе использовали исходный органобентонит и его гранулированные формы; поверхностно-активные вещества (ПАВ): алкапав, септапав, катапав и их иодированные формы; адсорбент на основе органобентонита и иодированного ПАВ; сточные воды предприятия ОАО «Кирсановское ЛПУ». Физические, механические и химические свойства исходного органобентонита и его гранулированных форм (плотность гранул, пористость, дисперсность, пластичность и др.) исследовали методами: рентгенофазовым, рентгенофлуоресцентным, низкотемпературной адсорбции азота, с применением современного оборудования: дифрактометр ДРОН-4, анализатор сорбции газов Quantachrome NOVA 4200e, автоматизированная система АСОД-300. Определение сорбционной емкости гранул проводили с применением модельных растворов  $K_2HAsO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$ , гуматов разных концентраций. Определение органолептических и гидрохимических показателей, содержания анионов и катионов, присутствие фенолов, ПАВ, нефтепродуктов в образцах сточных вод до и после фильтрации с использованием вариантов сорбента происходило по соответствующим аттестованным гостированным методикам. Антимикробную активность оценивали по числу колониеобразующих единиц (КОЕ) бактерий, выросших на чашках Петри с питательной средой при посеве исходных проб воды и их фильтратов. Сравнительный анализ проводили по значениям КОЕ на 1 мл воды. В работе использовали современные методы обработки исходной информации с помощью пакета программ Statistica for Windows 6.0, оценки достоверности по t-критерию Стьюдента и с применением дисперсионного анализа. Статистические результаты считались достоверными при  $p < 0,05$ . Полученные результаты и их обсуждение: Для получения гранулированных форм сорбента

на основе модифицированного органобентонита была предложена технология, состоящая из четырех стадий: приготовление бактерицидного компонента, активация исходного органобентонита, гомогенизация до образования однородной массы, формообразование и рассев по фракциям (от 2 до 0,5 мм). Ранее был проведен выбор варианта ПАВ в качестве перспективного компонента сорбента с комплексными свойствами и доказаны преимущества алкапава [6]. Поэтому на первой стадии получения гранулированного сорбента использовали алкавап в иодированной и не иодированной формах в сравнении с вариантами использования 1%-го раствора йода или вантоцила. Активация исходного порошка органобентонита происходила в присутствии раствора NaOH с pH=9...10 на стандартном ленточно-шнековом прессе. На стадии гомогенизации активированная суспензия органобентонита и бактерицидный компонент направлялись в смеситель марки «ТЛ-020», где хорошо перемешивались в течение (20±5) минут. На стадии формообразования полученной массе придавались требуемые форма и размер. Формообразование проводилось методом экструзии с помощью шнекового гранулятора «ФШ – 015». Технология формования заключалась в продавливании обрабатываемой массы через фильеру с расположенными на ней отверстиями диаметром 0,5 и 2 мм. В работе варьировались условия приготовления гранулированных форм и используемого бактерицидного компонента. Исследования показали, что наиболее оптимальными условиями сушки готовых гранул является температура (85±5)°С. Для всех образцов гранул были изучены их основные физические (плотность, пористость, дисперсность) и механические (пластичность, прочность) свойства органобентонита (табл. 1). Исследования показали, что при добавлении раствора йода и вантоцила к суспензии органобентонита, происходит снижение антимикробных свойств. Кроме того гранулы, где в качестве бактерицидного компонента использовались растворы йода и вантоцила, показывали низкие значения прочности (табл. 2).

Таблица 1 – Показатели физико-химических и структурно-механических свойств гранулированных форм сорбента на основе органобентонита и его композиций

Исходный	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %	Пластичность, %	Прочность, %
Исходный органобентонит	0,02	0,1	0,3	0,1
Органобентонит и алкапав	0,02	0,1	0,3	0,1
Органобентонит и иодированный алкапав	4,07±0,02	32,4±0,1	37,6±0,3	0,21±0,1

– по ГОСТу не более 4 % (измельчаемость) и не более 0,5 % (истираемость).

Таблица 2 – Показатели прочности гранулированных форм сорбента на основе композиций органобентонита

Измельчаемость, %	1%-й раствор йода	Вантоцил	Алкапав	Иодированный алкапав
Истираемость, %	6,6±0,2	8,1±0,2	1,3±0,2	2,0±0,2

Следующим этапом работы было исследование кинетики и механизма процессов адсорбции ионов тяжелых металлов на модифицированном органобентоните. Была проведена оценка адсорбционной эффективности полученного сорбента по отношению к ионам кадмия, свинца и меди, включающая определение статической (СОЕ) и динамической (ДОЕ) обменных емкостей, коэффициента межфазного распределения  $K_d$  адсорбтива между водной фазой и фазой адсорбента, а также величины степени сорбции  $S$  (табл. 3).

Таблица 3 – Оценка адсорбционной эффективности полученного сорбента по отношению к ионам  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$

Ион	В статических условиях СОЕ, мг/г	В динамических условиях ДОЕ, мг/г
$\text{Cd}^{2+}$	811,34 ± 60,22	372,65±26,09
$\text{Pb}^{2+}$	1763,272	0,114±0,008
$\text{Cu}^{2+}$	512,107	0,087±0,007

Эффективность адсорбции ионов тяжелых металлов на полученный сорбент снижалась в ряду  $\text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+}$ . Это можно объяснить возрастанием стерических и энергетических факторов активности адсорбционных центров сорбента по отношению к ионам тяжелых металлов в данном ряду. Полученные гранулы в качестве сорбента использовали при проведении лабораторных и производственных в отношении очистки модельных растворов и сточных вод предприятия ОАО «Кирсановское ЛПУ». Установлено, что в сточных водах предприятия по 8-ми показателям было превышено значение норматива ПДК, а именно: по нефтепродуктам – в 60 раз, по азоту аммонийному – в 45 раз, по фосфатам – в 40 раз. Для оценки эффективности очистки загрязненных вод в лабораторных условиях проводили фильтрацию всех проб через гранулы сорбентов. Полученные данные позволили сделать заключение, что все исследуемые показатели, особенно ОМЧ, содержание тяжелых металлов, снизились по сравнению с данными для исходных проб. Были проведены исследования эффективности созданного сорбента на основе органобентонита, модифицированного иодированным алкапавом, в системах очистки сточных вод на станции «ЛИССКОН-301». Показано, что происходило снижение концентрации загрязняющих веществ, в том числе нефтепродуктов – на 95 %, общего железа – на 57 %, азотистых соединений – на 55 %, фосфатов – на 52 %, с одновременной полной дезинфекцией воды.

Заключение. Таким образом, разработана технология получения комплексного сорбента с дезинфицирующими свойствами для использования

его в типовых установках очистки сточных вод в качестве фильтрующей загрузки, эффективно снижающей содержание ионов тяжелых металлов и обеспечивающей полную дезинфекцию воды (ОМЧ = 0). Предложенные рекомендации реализованы на малогабаритных станциях очистки сточных вод «ЛИССКОН-301».

### **Литература:**

1. Онищенко Г. Г. Системный бенчмаркинг канализования, комплексная оценка и обеспечение безопасности водных источников [Текст]: в 2 т / Г.Г. Онищенко, Ф.В. Кармазинов, В.В. Кириллов [и др.]. 2 Т. – СПб.: Новый журнал, 2012. – 464 с.

2. Ветошкин А. Г. Процессы инженерной защиты окружающей среды: учеб. Пособие [Текст] / А. Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во Пенз. технол. ин-та, 2004. – 325 с.

3. Красовский Г. Н. Система критериев комплексной оценки опасности химических веществ, загрязняющих окружающую среду [Текст] / Г.Н. Красовский, С.Л. Авалиани // Гигиена и санитария. – 1992. – №9-10. – С. 15-17.

4. Собгайда Н. А. Сорбционные материалы для очистки сточных и природных вод от нефтепродуктов [Текст] / Н.А. Собгайда // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного ун-та. – 2011. – № 52. – С. 120–124.

5. Заматырина В. А. Экологическое обоснование получения и применения биологически активных органобентонитов [Текст] / В.А. Заматырина [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4 – С. 660-683.

6. Заматырина В. А. Сравнение эффективности иодированных и неиодированных ПАВ как перспективных компонентов наноструктурированного сорбента [Текст] / В.А. Заматырина, Е.И. Тихомирова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – №05(21) – С. 149 – 152.