

ДООЧИСТКА СМЕШАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ СОРБЕНТАМИ НА ПРИМЕРЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА УЛЬЯНОВСКА

TREATMENT OF MIXED WASTE WATER
FROM IONS OF HEAVY METALS
BY SORBENTS ON THE EXAMPLE
OF CLEANING OF THE CITY
OF ULYANOVSK

D. Solntseva

Summary. This article discusses a method for the treatment of mixed wastewater from heavy metal ions with sorbents on the example of treatment facilities in the city of Ulyanovsk, using spreadsheets and MS Excel charts.

Keywords: wastewater treatment, heavy metals, zeolite, activated carbon, diagrams.

Солнцева Дарья Валерьевна

ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ имени П. А. Столыпина»
zvok73@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается способ доочистки смешанных сточных вод от ионов тяжелых металлов сорбентами на примере очистных сооружений города Ульяновска (Правобережья), с использованием оборудования учебной лаборатории и обработкой дополнительным программным обеспечением.

Ключевые слова: доочистка сточных вод, тяжелые металлы, цеолит, активированный уголь, диаграммы.

Одной из самых острых проблем в наступившем столетии, по оценкам Организации Объединенных Наций, может стать обеспечение населения качественной питьевой водой. Специфика этой проблемы для России заключается не в дефиците водных ресурсов, а в их загрязнении.

В настоящее время в числе основных и опасных веществ, оказывающих негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека, в крупных промышленных центрах все чаще рассматривают химические элементы с атомной массой более 50 и их соединения — это соли (или ионы) тяжелых металлов.

К тяжелым металлам относят более 40 химических элементов с относительной плотностью более 6 г/см³. Приоритетными загрязнителями признаны: Hg, Pb, Cd, As, Cu, V, Sn, Zn, Sb, Mo, Co, Ni и др. Опасность загрязнения среды тяжелыми металлами объясняется тем, что они вечны, ибо в отличие от органических загрязнителей они не разрушаются, а лишь переходят из одной формы существования в другую, в частности, включаются в состав солей, оксидов, металлоорганических соединений, хелатов и др.

Поверхностные водные ресурсы Ульяновской области формируются Куйбышевским водохранилищем, 2033 реками, речками и ручьями общей протяженностью 10320 км, 1223 озерами, около 700 прудами и водохранилищами, более чем 1200 родниками и около 500 болотами.

Состояние воды Куйбышевского водохранилища за последние 5 лет оценивается как «очень загрязненная» и вода относится к 3«Б» классу опасности.

Город Ульяновск, располагается в акватории Куйбышевского водохранилища, которое является источником питьевого водоснабжения для жителей правобережья города. Рассматривается вопрос об организации свободы выбора источника водоснабжения населения из артезианского источника.

В связи с этим, для обеспечения населения города качественной питьевой водой, и улучшения экологической обстановки Куйбышевского водохранилища в целом, требуются решения вопросов по доочистке сбрасываемых вод с городских очистных сооружений в данный водный объект. В настоящее время руководство области рассматривает данный вопрос, подбор материалов и внедрение новых средств и методов дополнительной доочистки смешанных сточных вод от ионов тяжелых металлов городских очистных сооружений требует особого внимания.

В данной статье проведена сравнительная оценка эффективности доочистки смешанных сточных вод от ионов тяжелых металлов (железа, марганца и меди). Объектами исследований являлись сорбенты: цеолит трех видов (марка NaX, мелкой (марка ZT-1) и крупной фракции (d=5 мм)) и активированный уголь марки ДАК. Для проведения анализа произведен отбор проб про-

Таблица 1. Концентрации ионов тяжелых металлов в сточных водах

Металл	Исходная сточная вода, $C_{исх.}$, мг/л	Цеолит мелкий, C_{Mf} , мг/л	Цеолит крупный, C_{Kf} , мг/л	Цеолит NaX, $C_{и}$, мг/л	Активированный уголь, $C_{из.}$, мг/л
Проба 1					
Fe	2,400	2,152	2,283	2,368	1,634
Mn	0,528	0,430	0,419	0,425	0,501
Cu	0,363	0,242	0,227	0,313	0,312
Проба 2					
Fe	3,435	3,080	3,268	3,389	2,339
Mn	0,560	0,457	0,445	0,451	0,532
Cu	0,302	0,201	0,189	0,261	0,260
Проба 3					
Fe	3,180	2,851	3,025	3,138	2,165
Mn	0,578	0,471	0,459	0,465	0,548
Cu	0,248	0,165	0,155	0,214	0,213

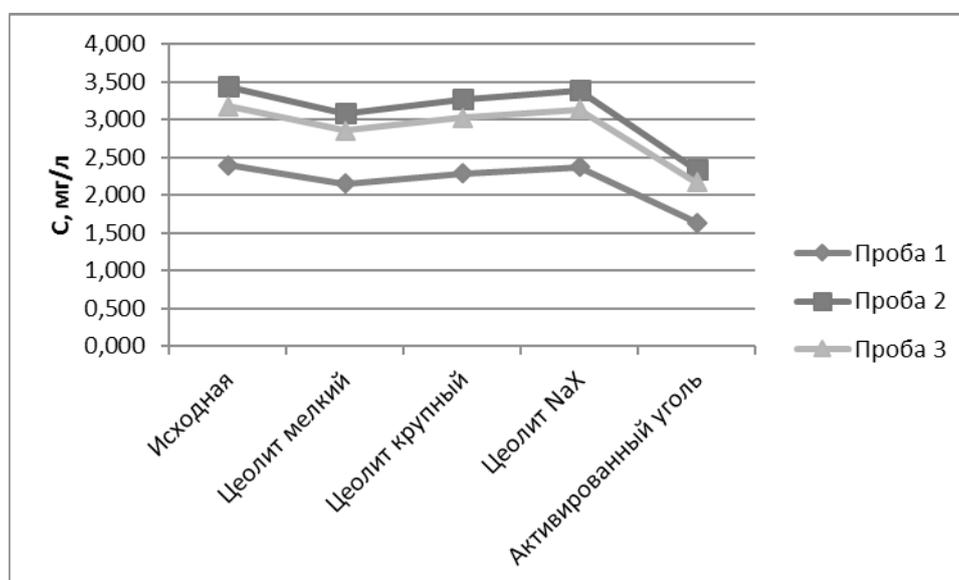


Рис. 1. Динамика концентрации ионов железа в смешанной сточной воде

шедших три стадии очистки сточных вод с очистных сооружений города Ульяновска в разные сезоны (с ноября 2018 года по апрель 2019 года) с различной концентрацией загрязняющих веществ.

Исследование в анализируемых пробах проводилось на КФК-3 с измерениями в учебной лаборатории оптической плотности и определение концентрации ионов тяжелых металлов в исследуемых пробах смешанной сточной воды. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Все измерения по нахождению массовой концентрации ионов тяжелых металлов в анализируемых пробах проводились в соответствии с методиками измерения ПНД Ф.

Для более наглядного представления эффективности доочистки смешанных сточных вод сорбентами (активированный уголь марки ДАК, цеолит марки NaX, цеолит крупной фракции ($d=5$ мм), цеолит ZT-1 (мелкой фракции)), полученные результаты по изменению концентрации ионов железа, марганца и меди рассмотрим на примере диаграмм и графиков.

Рассмотрим динамику концентрации ионов железа в смешанной сточной воде по результатам, которые приведены в таблице 1 и отражены на рисунке 1. Наилучший результат по трем пробам показал сорбент — активированный уголь марки ДАК. Уровень концентрации ионов железа снизился на 31,9% — с 2,400 мг/л до 1,634 мг/л (проба 1). Сорбент цеолит ZT-1 (мелкой

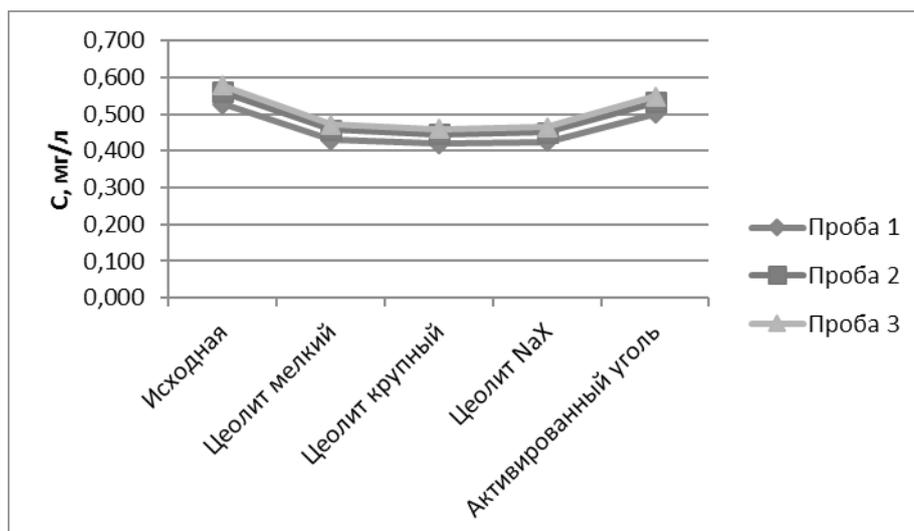


Рис. 2. Динамика концентрации ионов марганца в смешанной сточной воде

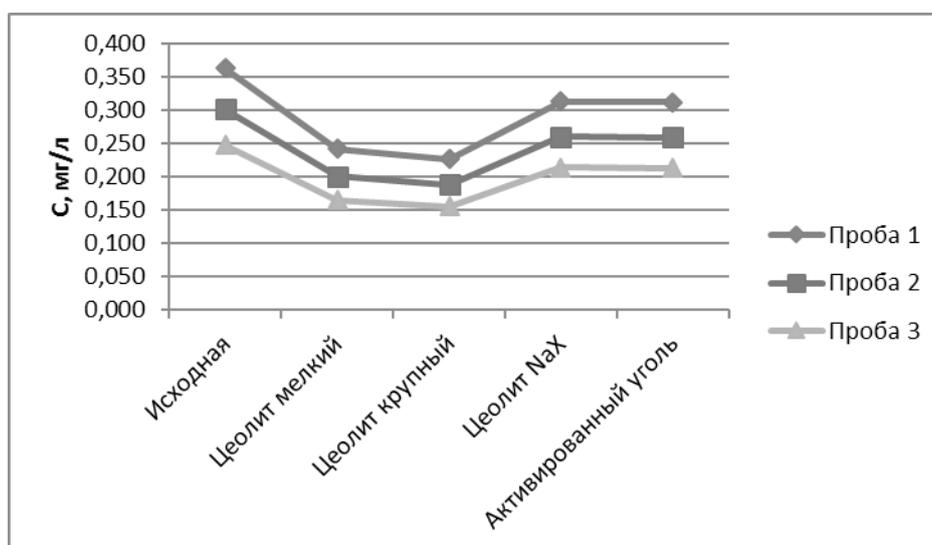


Рис. 3. Динамика концентрации ионов меди в смешанной сточной воде

фракции) снизил уровень концентрации ионов железа на 10,3%.

Проанализируем динамику концентрации ионов марганца в смешанной сточной воде с помощью рисунка 2. Диаграмма показывает, что наибольший процент снижения уровня концентрации ионов марганца во взятых трех пробах сточных вод, составил 20,5% — с 0,528 мг/л до 0,419 мг/л (проба 1), при использовании сорбента цеолита крупной фракции ($d=5\text{мм}$) в доочистке сточных вод.

Уровень концентрации ионов марганца: при использовании цеолита марки NaX снизился на 19,5% — с 0,560 мг/л до 0,451 мг/л (проба 2); при использовании

цеолита ZT-1 (мелкой фракции) снизился на 18,4% — с 0,528 мг/л до 0,430 мг/л (проба 1). Активированный уголь марки ДАК показал низкие сорбционные свойства при доочистке сточных вод от ионов марганца. Эффект очистки составил 5,1%.

Результаты исследования наличия ионов меди в пробах сточных вод предоставлены на рисунке 3. Рассмотрим более подробно.

Наилучшие сорбционные свойства показал сорбент — цеолит крупной фракции ($d=5\text{мм}$). Уровень концентрации ионов марганца с его использованием снизился на 37,4% — с 0,302 мг/л до 0,189 мг/л (про-

Таблица 2. Степень извлечение ионов тяжелых металлов из смешанных сточных вод очистных сооружений города Ульяновска

Сорбенты	Степень очистки сточных вод от тяжелых металлов, %			
	Тяжелые металлы			Средний%
	Fe	Mn	Cu	
Цеолит ZT-1 (мелкой фракции)	10,3	18,5	33,4	20,7
Цеолит крупной фракции	4,9	20,5	37,4	20,9
Цеолит марки Na X.	1,3	19,5	13,7	11,5
Активированный уголь марки ДАК,	31,9	5,1	14,0	17,0

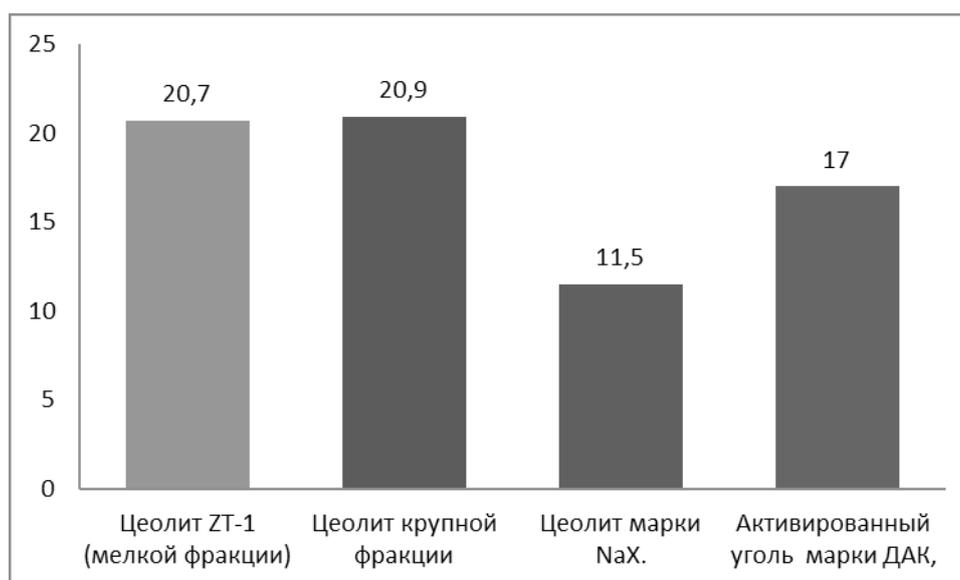


Рис. 4. Средний процент степени извлечения по сорбентам

ба 2). Цеолит ZT-1 (мелкой фракции), снизил уровень концентрации ионов марганца на 33,5% — с 0,248 мг/л до 0,165 мг/л (проба 3). Сорбенты, активированный уголь марки ДАК и цеолит марки NaX показали минимальную эффективность по отношению к ионам меди.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что максимальный эффект доочистки сточных вод от тяжелых металлов: меди — 37,4%, марганца — 20,5%, получен при использовании сорбента — цеолит крупной фракции.

Наиболее эффективно доочистил от наличия ионов железа пробы сточных вод активированный уголь марки ДАК. Эффективность очистки составила 31,9%.

Минимальный эффект в доочистке проб сточных вод от ионов железа — 1,3% показал синтетический сорбент цеолит марки Na X. Если сравнивать цеолиты мелкой и крупной фракции, то наилучший результат по доочистке сточных вод от ионов железа, показал цеолит мелкой фракции.

Экспериментальные исследования проводились в динамическом режиме. Проанализировав полученные данные, произведен сводный расчет степени извлечения (формула 1) ионов тяжелых металлов из смешанных сточных вод очистных сооружений представлен в таблице 2.

Степень извлечения (α) химических элементов рассчитывалась по формуле (1):

$$\alpha = \frac{(C_{\text{исх}} - C_{\text{равн}})}{C_{\text{исх}}} * 100\% \quad (1)$$

где α — степень извлечения, %;

$C_{\text{исх}}$ и $C_{\text{равн}}$ — исходная и конечная (равновесная) концентрация ионов в растворе, мг/л.

Средний процент степени извлечения по природным и синтетическим сорбентам отображен на рисунке 4.

На основании проведенных исследований и полученных итоговых результатов, можно сделать вывод, что

наиболее эффективным природным сорбентом по доочистке сточных вод от тяжелых металлов является цеолит крупной фракции. Эффект доочистки составил 20,9%. Данный сорбент проявил высокие сорбционные свойства по отношению к ионам меди. Эффект доочистки составил 37,4%. Уровень концентрации ионов меди после доочистки 0,227мг/л, при исходных данных — 0,363мг/л. По отношению к ионам железа сложился очень низкий

сорбционный показатель цеолита крупной фракции — 4,9%. Уровень концентрации ионов железа после доочистки 2,283мг/л, при исходных данных — 2,400мг/л.

Максимальную эффективность доочистки сточных вод от ионов железа показал активированный уголь — 31,9%. Уровень концентрации ионов железа после доочистки 1,634мг/л, при исходных данных — 2,400мг/л.

ЛИТЕРАТУРА

1. Порядин А. Ф. Развитие водоснабжения в России XX век. М.: Издательский дом НП, 2003. — С. 18–25.
2. Кораблева А. Н. Введение в экологическую токсикологию / А. Н. Кораблева, Л. Г. Чесанов, А. Г. Шапарь. — Д. Центр экономического образования, 2001. — 308 с.
3. Доклад департамента природопользования и охраны окружающей среды Ульяновской области «О состоянии и об охране окружающей среды Ульяновской области в 2018 году».
4. ПНД Ф 14.1:2:50–96. Методика измерений массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой. — М.: 1996 г. (Издание, 2011 г.)
5. ПНД Ф 14.1:2:61–96. Методика измерений массовой концентрации марганца в природных и сточных водах фотометрическим методом с персульфатом аммония. — М.: Издание, 2013 г.
6. ПНД Ф 14.1:2:48–96. Методика измерений массовой концентрации ионов меди в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с диэтилдитиокарбаматом свинца. — М.: 1996 г. (Издание, 2011 г.).

© Солнцева Дарья Валерьевна (zvok73@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина