



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«КЕМЕРОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
(УНИВЕРСИТЕТ)»

## **Актуальные вопросы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности промышленных регионов**



**Материалы  
Международной научно-практической  
конференции**

Кемерово 2017



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КЕМЕРОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ (УНИВЕРСИТЕТ)»

Материалы  
Международной научно-практической конференции

**«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ»**

Кемерово 2017

**УДК 502/504**

**ББК 20.18**

**А 43**

*Под общей редакцией*  
профессора, доктора технических наук Т.А. Красновой

**Актуальные вопросы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности промышленных регионов:** материалы международной научно-практической конференции / под общ. ред. Т.А. Красновой; ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». – Кемерово, 2017. – 334 с.

ISBN 978-5-89289-715-0

Материалы изданы в авторской редакции на русском и английском языках. В сборник вошли результаты научных работ ученых в области ресурсов, качества, водопользования, охраны водоемов и их бассейнов; новых сорбционных и ионообменных материалов; ресурсосберегающих технологий в промышленности и водоподготовке; технологий очистки природных и сточных вод; утилизации твердых отходов.

*Мнение редколлегии и организационного комитета Международной научно-практической конференции может не совпадать с мнением авторов статей, опубликованных в сборнике материалов.*

**УДК 502/504**

**ББК 20.18**

**А 43**

**ISBN 978-5-89289-715-0**

© ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт  
пищевой промышленности (университет)», 2017

УДК 628.1.032 (571.17)

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Р.И. Бузунова

*Кемеровский центр по гидрометеорологии и  
мониторингу окружающей среды,  
г. Кемерово, Россия*

Водные ресурсы используются во всех отраслях экономики, но наиболее жесткие требования к качеству воды предъявляются к источникам питьевого и хозяйственно - бытового водоснабжения.

В структуре водоснабжения Кемеровской области поверхностные водные объекты занимают 75 %. В водоснабжении сельского населения используются подземные воды.

Сосредоточение на территории Кемеровской области значительной части промышленных предприятий Западной Сибири, преимущественно горнодобывающих и металлургических, отрицательно сказывается на состоянии водных ресурсов. Качество воды в реке Томь, одного из наиболее крупных притоков реки Обь, по общепринятой классификации качества вод характеризуется от «условно чистой» до «грязной».

Гидрографическая сеть Кемеровской области принадлежит бассейну р. Обь и представлена довольно густой сетью малых и средних рек, озерами, водохранилищами, болотами.

На территории Кемеровской области протекает 32109 рек общей протяженностью 245152 км. Реки Томь и Иня – основные поверхностные источники водоснабжения области.

Река Томь и ее наиболее крупные притоки (Бельсу, Уса, Мрассу, Тутуяс, Кондома, Верхняя, Средняя и Нижняя Терси, Тайдон, а также Яя, Кия, Урюп) берут начало в горах Кузнецкого Алатау и Горной Шории.

Вторая наиболее значимая река области – Иня, берущая начало на южном склоне Тарадановского увала; ее притоки реки – Уроп, Ближний Менчереп, Дальний Менчереп, Мереть, Бачат, Ур, Касьма, Тарсьма. Река Чумыш образуется в результате слияния рек Томь-Чумыш и Кара- Чумыш, берущих начало на юго-западном склоне Салаирского кряжа.

Реки северной и северо-восточной части Кемеровской области принадлежат бассейну р. Чулым. Крупнейшими являются р. Яя с притоками Барзас, Алчедат, Китат и р. Кия с притоками Чедат, Чебула и Тяжин.

Питание рек смешанное с преобладанием снегового в степной и лесостепной зонах, где оно составляет до 70-80 % годового стока. В таежной зоне доля снегового питания снижается до 50 % за счет увеличения доли дождевого и подземного стока. В зимний период питание поверхностных вод осуществляется только за счет подземных вод.

На территории Кемеровской области существует 850 озер суммарной площадью 101 кв. км, большая часть

которых является старицами рек Иня, Яя, Кия в их нижнем течении.

Из существующих в области водохранилищ наиболее крупными являются: Кара-Чумышское, Беловское, Дудетское, Журавлевское, которые используются для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, рыбозаведения и рекреации.

На территории Кемеровской области имеются водохозяйственные системы промышленного, сельскохозяйственного и коммунального водоснабжения и водоотведения, в том числе накопители жидких отходов 76 (гидроотвалы, шламонакопители, флотохвостохранилища, отстойники, гидрозолоотвалы); пруды, обеспечивающие регулирование стока рек и временных водотоков, являющиеся стратегическим запасом водных ресурсов на случай пожаров и засухи.

### **Гидрологический режим и оценка качество поверхностных водных объектов**

Гидрологический режим рек Кемеровской области в 2016 году характеризовался: устойчивой зимней меженью, ранним и дружным вскрытием, средним по продолжительности ледоходом, продолжительным многопиковым половодьем с максимальными уровнями ниже опасных отметок. Зимняя межень (ноябрь 2015 г. – февраль 2016 г.). Зима была теплой и многоснежной. Все зимние месяцы (кроме января) оказались теплее обычного на 3° С – 7° С. За зимний период осадков по большинству районов выпало 100 – 150% нормы. Минимальные уровни на реках были выше минимальных многолетних: р. Томь на 2 – 147 см; р. Кия на 6 – 13 см. Толщина льда к концу

зимы была больше, чем в соответствующий период 2015 года. Вскрытие. Вскрытие рек было дружным и ранним. Реки вскрылись раньше средних многолетних дат: р. Томь на 12 – 18 дней; притоки Томи на 12 – 15 дней; реки севера области на 7 – 14 дней. Вскрытие рек происходило при высоких уровнях воды и сопровождалось ледоходом, который продолжался на Томи и её притоках от 1 до 8 дней, на Кие и Яе от 4 до 9 дней.

Половодье. Половодье на территории области было обусловлено, с одной стороны, запасами воды в снежном покрове, с другой стороны, погодными условиями в период прохождения половодья. Весна была ранняя и теплая, осадков за сезон выпало меньше нормы. Половодье было дружным и многопиковым с кратковременными заторами. Максимальные уровни наблюдались в период с 21 по 27 апреля, при прохождении паводковой волны, сформированной снеготаянием в лесной и горно-таёжной зонах. Максимальные уровни весеннего половодья были ниже опасных отметок. Летне-осенняя межень. Уровненный режим рек в период летне-осенней межени носил относительно устойчивый характер и был обусловлен режимом осадков. Осадки по времени и по территории области распределялись довольно равномерно. На реках области прошло два незначительных подъема уровней воды. Максимальные уровни были значительно ниже максимальных многолетних уровней. Минимальные уровни за период июль – сентябрь превышали минимальные многолетние: р. Томь и притоки – на 4– 277 см; р.р. Кия, Яя – на 4 – 200 см. Первые ледовые явления (забереги, сало, снежура, внутриводный лед, шуга)

появились на реках области в третьей декаде октября и продолжались до середины ноября. Ледостав на реках области установился около средних многолетних дат.

### **Гидрохимическая характеристика**

Реки бассейна реки Томи загрязняют сточные воды предприятий горнодобывающей, топливно-энергетической, металлургической, коксохимической, химической, деревообрабатывающей промышленности, агропромыш-ленного комплекса и коммунального хозяйства.

Характерными загрязняющими веществами рек Кемеровской области являются нефтепродукты, фенолы летучие, соединения азота, железа, цинка, марганца, меди, взвешенные вещества, органические соединения по показателям ХПК и БПК<sub>5</sub>.

**Река Томь и ее притоки (Уса, Мрас-Су, Мундыбаш, Кондома, Аба, Ускат, Средняя Терсь, Искитимка).**

В верховье Томи превысили ПДК среднегодовые концентрации фенолов в 2 раза, нефтепродуктов в 1,2 раза, органических соединений по показателю БПК<sub>5</sub> в 1,1 раза. Вода характеризуется как «загрязненная», класс качества 3 «А». Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят фенолы летучие, нефтепродукты, марганец и окисляемая органика по показателю БПК<sub>5</sub>. Качество воды в Томи выше г. Междуреченск по сравнению с прошлым годом не изменилось, ниже города – улучшилось. Вода характеризуется как «загрязненная», класс качества 3 «А» в обоих створах. Превысили ПДК среднегодовые



концентрации выше/ниже г. Междуреченск: фенолов в 2 раза; марганца в 1,2/1,8 раза. В створе ниже г. Междуреченск превысили ПДК среднегодовые концентрации железа общего в 1,5 раза.

По сравнению с 2015 годом качество воды в Томи в створе выше г. Новокузнецк улучшилось. Если в 2015 году вода характеризуется как «очень загрязненная», класс качества 3 «Б», то в 2016 году – «загрязненная», класс качества 3 «А». В черте г. Новокузнецк качество воды сохраняется и характеризуется как «очень загрязненная», класс качества 3 «Б». В створе ниже г. Новокузнецк качество воды ухудшилось. Вода характеризуется как «грязная», класс качества 4 «А» (в 2015 году «очень загрязненная», класс качества 3 «Б»).

Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды в сворах выше г. Новокузнецк и в черте города вносят фенолы летучие, медь, марганец, железо общее и нефтепродукты. В створе ниже г. Новокузнецк наибольшую долю в общую степень загрязненности воды вносят: фенолы летучие, соединения азота, железо общее, марганец и нефтепродукты.

В районе г. Новокузнецк превысили ПДК среднегодовые концентрации железа общего в 2,2 – 2,6 раза, фенолов в 2 – 3 раза, марганца 1,5 – 2,3 раза, нефтепродуктов в 1,2 раза. Кроме этого, в створе ниже г. Новокузнецк еще превышали ПДК среднегодовые концентрации азота аммонийного и азота нитритного в 2,6 и 2,8 раза соответственно, органических соединений по показателю БПК<sub>5</sub> – в 1,2 раза. В разовых пробах в створе ниже г. Новокузнецк зарегистрированы максимальные

концентрации: азота нитритного – 9,9 ПДК, азота аммонийного – 5,9 ПДК, фенолов – 8 ПДК, железа общего – 7,2 ПДК.

Качество воды реки Томи в створах выше г. Кемерово и 1 км ниже города (д. Верхотомка) ухудшилось. Вода характеризуется как «слабо загрязненная», что соответствует классу качества 2 (в 2015 году вода характеризовалась как «условно чистая», класс качества 1). В створе ниже г. Кемерово (д. Подъяково) качество воды сохранилось на уровне прошлого года – условно чистая, класс качества 1.

В районе г. Кемерово превысили ПДК среднегодовые концентрации железа общего в 2,3 – 2,4 раза и меди в 1,1 – 1,3 раза.

В разовых пробах максимальная концентрация железа общего в створах ниже г. Кемерово составила 7,7/7,9 ПДК.

В реке Томи в створе выше г. Новокузнецк в течение зимы зарегистрировано 12 случаев теплового загрязнения в результате сброса горячей воды. Температура речной воды повышалась до +4,0°C – +13,0°C.

В течение года проводилось биотестирование проб воды реки Томи, отобранных в двух створах г. Кемерово (д. Металлплощадка, д. Подъяково). В течение года исследовалось 22 пробы воды, острой токсичности не выявлено.

На контролируемом участке реки Томи в 2016 году наиболее загрязненным сохраняется створ ниже г. Новокузнецка (с. Славино).

Значительное влияние на качество воды Томи оказывают ее притоки. В 2016 году наиболее загрязненными притоками Томи являются реки Ускат, Аба и Кондома.

В Ускате среднегодовые концентрации превысили ПДК: марганца в 2,6 раза; азота нитритного в 2,7 раза; азота аммонийного в 1,5 раза; фенолов в 2 раза; нефтепродуктов в 1,6 раза; органических соединений по показателю БПК<sub>5</sub> в 1,1 раза.

В Абе среднегодовые концентрации превысили ПДК: марганца в 9,9/11,3 раза; азота нитритного в 3,8/2,4 раза; фенолов летучих в 2/2 раза; нефтепродуктов в 2,2/2,0 раза, взвешенных веществ в 1112,0/428,0 мг/л.

В Кондоме среднегодовые концентрации превысили ПДК: железа общего в 4,1 – 6,5 раза; марганца в 1,3 – 2,4 раза; фенолов в 2 раза; 82 нефтепродуктов в 1,4 – 1,8 раза; азота аммонийного в 1,1 – 1,3 раза; меди в 1,0 – 1,6 раза.

В притоках Томи (Уса, Мрас-Су, Мундыбаш, Средняя Терсь) превысили допустимые значения среднегодовые концентрации: железа общего (кроме Средней Терси) в пределах от 1,4 до 4,9 ПДК; марганца (кроме Мундыбаша) от 1,3 до 2 ПДК; фенолов 2 ПДК. Кроме этого, в Средней Терси превысила ПДК среднегодовая концентрация нефтепродуктов в 1,4 раза.

В Мрас-Су вода характеризуется как «загрязненная», класс качества 3 «А» (в 2015 году класс качества 3 «Б», «очень загрязненная»).

Качество воды в Искитимке в 2016 году ухудшилось и характеризуется как «очень загрязненная»,

класс качества 3 «Б» (в 2015 году класс качества 3 «А», «загрязненная»).

В Искитимке превысили ПДК среднегодовые концентрации: марганца в 14,5 раза, железа общего в 2,4 раза, азота нитритного в 1,2 раза, органических соединений по показателю ХПК в 1,4 раза.

**Реки севера области: Кия, Яя, Тяжин, Барзас, Алчедат.**

Все реки севера области загрязнены железом общим, нефтепродуктами, органическими соединениями и соединениями азота.

Наиболее загрязненными реками бассейна Чулыма сохраняются Тяжин, Яя и Барзас. Вода в реках Тяжин и Барзас, характеризуется как «очень загрязненная», класс качества 3 «Б». В р. Яя класс качества воды 3 «А», вода «загрязненная».

Вода в реках Кия и Алчедат классифицируется как «слабо загрязненная» – класс качества 2.

#### **Гигиена водных объектов.**

На территории Кемеровской области в качестве источников централизованного водоснабжения населения используются реки Томь, Кара- Чумыш, Яя, Кондома, Барзас, Тельбес, Балгашта, Черничный ключ, Кабарзинка, Большая речка, Четвертый ключ, Горный ручей. В 2016 г. на санитарно-химические показатели исследовано 433 пробы воды водоемов 1-й категории (в 2015 г. – 446), из них не соответствует санитарным требованиям 36,7 % (в 2015 г. – 35,9 %), на микробиологические показатели исследовано 904 пробы (в 2015 г. – 791), из них не соответствует санитарным требованиям 36,7 % (в 2015 г. –

33,5 %), на паразитологические показатели исследовано 478 проб (в 2015 г. – 505), не соответствующих санитарным требованиям не выявлено (2015 г. – 0%)

В 2016 г. доля проб воды водоемов 1-й категории, не соответствующих санитарным требованиям по санитарно-химическим показателям, превышала среднеобластной показатель (36,7 %) на 6 административных территориях Кемеровской области: в городах Тайга, Юрга, Новокузнецк, Калтан, Осинники и Крапивинском районе; по микробиологическим показателям (36,7 %) на 3 административных территориях: в городах Кемерово, Юрга, Новокузнецк. В 2016 г. на санитарно-химические показатели исследовано 1393 пробы воды из водоемов 2-й категории (в 2015 г. – 1333), из них не соответствует санитарным требованиям 26,9 % (в 2015 г. – 30,7 %), на микробиологические показатели исследовано 3963 пробы (в 2015 г. – 4064), из них не соответствует санитарным требованиям 38,6 % (в 2015 г. – 36,7 %), на паразитологические показатели исследовано 2114 пробы (в 2015 г. – 2203), из них не соответствует санитарным требованиям 0,09 % (в 2015 г. – 0,5 %)

"Кемеровский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды" фиксирует загрязнение водных бассейнов предприятиями области и взыскивает ущерб причиненный водоемам.

УДК 628.1.033 (571.17)

**РЕСУРСНАЯ БАЗА ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ИХ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ КЕМЕРОВСКОЙ  
ОБЛАСТИ**

Ю.Л. Сколубович, Т.А. Краснова\*

*Новосибирский государственный архитектурно-  
строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск;*

*\*Кемеровский технологический институт пищевой  
промышленности (университет), г. Кемерово, Россия*

Анализ источников водоснабжения Кемеровской области показал, что поверхностные источники, вследствие сильного антропогенного загрязнения, могут быть использованы для питьевого водоснабжения населенных пунктов только при очистке воды с использованием методов озонирования и сорбции на активных углях [1]. Кроме того, залповые аварийные сбросы сточных вод предприятий химической и угольной промышленности в открытые водоемы создают угрозу загрязнения органическими и другими соединениями всей системы водоснабжения, что может привести к ее остановке. Все это является дестабилизирующим социальным фактором, особенно для экологически неблагоприятного Кузбасса. Решением этой проблемы может быть использование для питьевого водоснабжения населенных пунктов Кемеровской области подземных источников. Следует отметить, что подземные воды обладают большей защищенностью и стабильностью качества воды.

Отсутствие значительного антропогенного влияния на подземные источники диктует необходимость более широкого их использования.

По своим физико-географическим и геолого-гидрологическим характеристикам территория Кемеровской области благоприятна для формирования и сохранения значительных запасов подземных вод.

Подземные воды в пределах региона связаны с четвертичными, пермскими и юрскими отложениями, к которым приурочены все объекты водоснабжения.

Подземные воды сосредоточены, главным образом в зоне активного водоснабжения, мощность которой изменяется от 120-150 до 250-300 м. Прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод – 7,5549 млн м<sup>3</sup>/сут, разведанные эксплуатационные запасы подземных вод – 1704,7 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Количество месторождений подземных вод – 291, из них находится в эксплуатации 94. На территории области работают 42 водозабора, эксплуатирующих месторождения подземных вод, при общем количестве пользователей подземными водами – 456.

Подземные воды широко используются для хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов области. В пределах территории разведано запасов подземных вод в количестве достаточном для организации водоснабжения за счет подземных вод, с потребностью от 20-100 м<sup>3</sup>/сут до 1000-1500 м<sup>3</sup>/сут. Для крупных потребителей на отдельных площадях разведаны месторождения с запасами от 50 до 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Крупные города обеспечены разведанными запасами от 19,7 % (г. Прокопьевск и г. Киселевск) до 81,4% (г. Белово). Такие города как Междуреченск и Ленинск-Кузнецкий полностью обеспечены запасами подземных вод.

Сезонно подземные воды используются для полива сельскохозяйственных угодий на Кемеровской, Ленинск-Кузнецкой и Новокузнецкой оросительных системах.

Химический состав подземных вод в регионе определяется совокупностью природных факторов, техногенными процессами, а также совокупным их влиянием. Практически все водоносные горизонты, комплексы и зоны, имеющие распространение на территории области, в естественном состоянии содержат железо, марганец и фенолы в концентрациях, превышающих ПДК. В пределах Кузнецкого бассейна подземные воды четвертичных отложений на локальных площадях содержат в высоких концентрациях кадмий, кремнекислоту, аммонийную группу.

Высокую техногенную нагрузку испытывают подземные воды, связанные с пермскими отложениями. В естественном состоянии подземные воды пресные гидрокарбонатные кальциевые, реже натриевые, с сухим остатком от 0,27 до 1,99 г/дм<sup>3</sup>, умеренно-жесткие (жесткость 2,1-6,7 ммоль/дм<sup>3</sup>), с содержанием железа до 0,45 мг/дм<sup>3</sup> (1,5 ПДК), марганца до 0,52 мг/дм<sup>3</sup> (5,2 ПДК) бария до 0,77 мг/дм<sup>3</sup> (7,7 ПДК), лития до 0,12 мг/дм<sup>3</sup>.

Техногенное загрязнение подземных вод возникает при работе горнодобывающих предприятий и при их ликвидации.



В 2016 г. обнаружено загрязнение ПВ пермских отложений магнием (1,88 ПДК), натрием (1,40 ПДК), литием (2,00-5,67 ПДК), железом (16,67 ПДК), барием (4,67 ПДК), фенолами (3,00-4,00 ПДК), аммонием (5,40 ПДК), нитратами (2,48 ПДК), нитритами (5,15 ПДК). Минеральный остаток ПВ достигает 1,65 г/дм<sup>3</sup>. В некоторых источниках отмечено повышенное содержание солей жесткости, сероводорода и уголекислоты.

Загрязнение нефтепродуктами носит эпизодический характер. Выявляется оно на разных объектах весьма периодически. Скорее всего присутствие их определяется привнесением извне.

Следует отметить, что большая часть водопроводов, эксплуатируемых в Кузбассе на базе подземных вод не имеет необходимого комплекса водоподготовительных сооружений по подготовке питьевой воды.

Качественные показатели характерных подземных источников Кемеровской области, а также многолетний опыт строительства водоподготовительных сооружений из подземных источников Кузбасса [3], позволили разработать наиболее рациональные технологии очистки воды: при повышенном содержании железа, марганца, сероводорода, уголекислого газа и фенолов – (дегазация – аэрация) – фильтрование на скорых фильтрах, загруженных инертным материалом, с предварительной обработкой едким натром и перманганатом калия – фильтрование на сорбционных фильтрах – обеззараживание гипохлоритом натрия; при повышенном содержании солей жесткости, сероводорода, железа, марганца, уголекислого газа и фенолов – (дегазация-

аэрация) – освещение в слое контактной загрузки реакторов или осветлителей с предварительной обработкой едким натром и перманганатом калия – фильтрование на скорых фильтрах – загруженных инертным материалом – фильтрование на сорбционных фильтрах; обеззараживание гипохлоритом натрия.

Таким образом, перспективным и рациональным направлением обеспечения населения Кузбасса качественной питьевой водой следует считать широкое освоение подземных источников. Рекомендуемые технологические схемы водоподготовки из подземных источников разработаны, внедрены и успешно работают в р.п. Яшкино, р.п. Зеленогорский, р.п. Промышленная, п.ш. Ягуновская Кемеровской области.

#### Список литературы:

1. Кирсанов, М.П. Повышение качества питьевой воды промышленных регионов на примере Кузбасса /М.П. Кирсанов, Т.А. Краснова.–Кемерово: КемТИПП, 2009.–204 с.
2. Доклад Государственного комитета охраны природных ресурсов Кемеровской области по итогам 2016 г. – Кемерово, 2017 г.
3. Сколубович, Ю.Л. Использование подземных источников Кузбасса для питьевого водоснабжения / Ю.Л. Сколубович, Т.А. Краснова – М.: Изд-во "Спутник+", 2001. – 104 с.

УДК 628.1.036 (282.257.5)

**СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В  
ВОДАХ МАЛЫХ РЕК – ЛЕВОБЕРЕЖНЫХ  
ПРИТОКОВ АМУРА**

А.П. Пакушина, Т.П. Платонова\*, О.В. Тарасенко,  
С.А. Лобарев

*Дальневосточный государственный аграрный  
университет, Амурский областной институт развития  
образования, г. Благовещенск, Россия*

Бассейн реки Амур находится на территории субъектов Российской Федерации: Забайкальского края, Амурской области, Еврейской автономной области, Хабаровского края и Приморского края. Поскольку река пересекается государственной границей Российской Федерации и включает приграничные территории четырёх стран, Амур является международной трансграничной территорией. [3].

Малые реки являются основой водосбора реки Амур. Снижение качества воды в малых реках может отрицательно влиять на реку Амур. Отметим, что в работе [4] выявлена роль крупных притоков Зея, Бурея и Сунгари в формировании локальных зон загрязнения воды и донных отложений реки Амур токсичными металлами. Влияние малых рек на качество воды в реке Амур изучено недостаточно. Актуальность исследований обусловлена необходимостью оценки воздействия малых рек на уровень загрязнения реки Амур с целью принятия мер по улучшению экологической обстановки, сохранению биоразнообразия, созданию благоприятных условий для устойчивого развития Дальневосточного региона.

Цель исследований: определить содержание микроэлементов в водах малых рек – левобережных

притоков Амура - Гильчин, Симоновка, Хомутина, Тунсура.

Отбор проб и определение показателей проводили в первой декаде июля и третьей декаде сентября 2015 года. Пробы воды для исследования отбирали в двенадцати пунктах реки Гильчин, в двух пунктах рек Симоновка, Хомутина, Тунсура. На момент отбора проб в июле уровень воды в анализируемых реках повышался. Дождевые паводки, характерные для рек данной территории, в августе 2015 года приобрели характер наводнения. Во время наводнения в августе 2015 года было подтоплено село Муравьёвка и размыва дорога между сёлами Жариково и Гильчин из-за увеличения водности малой реки Гильчин. Имело место подтопление домов в селе Марково и теплиц ввиду паводка малой реки Хомутина, домов в селе Игнатьево из-за повышения уровня воды в реке Симоновка.

Малые реки – левобережные притоки Амура – продуктивно изучаются по широкому спектру химических элементов [1;5;7;8].

Важным показателем воды является рН, её значение в реках Гильчин, Симоновка, Хомутина и Тунсура составляет 6,1-7,6. Активная реакция воды в реке Амур в районе Благовещенска имеет значение 6,45.

Массовую концентрацию микроэлементов в воде (растворенную форму) определяли на спектрометре «Квант-Z.ЭТА» методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб.

Тяжелые металлы относят к числу наиболее опасных для природной среды химических загрязняющих веществ. Известно, что медь, свинец, кадмий, цинк, хром и ртуть являются опасными токсичными металлами [2]. В июле 2015 года отмечается превышение содержания меди в водах реки Симоновка – 1,6 ПДК<sub>в</sub>, рек Тунсура и

Гильчин – 1,5 ПДК<sub>В</sub>. В реке Амур в районе Благовещенска содержание меди составляет  $644,037 \pm 122,567$  мкг/дм<sup>3</sup>, что меньше ПДК хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения (ПДК<sub>В</sub>=1000 мкг/дм<sup>3</sup>), но больше ПДК рыбохозяйственного назначения (ПДК<sub>ВР</sub>= 1 мкг/дм<sup>3</sup>). Содержание меди в водах реки Хомутина не превышает ПДК<sub>В</sub>. В сентябре 2013 г. содержание меди в водах исследуемых малых рек не превышало ПДК<sub>В</sub>.

Содержание свинца в водах малых рек Симоновка, Хомутина, Тунсура, в реке Амур в районе Благовещенска в июле 2015 г. не превышало ПДК<sub>ВР</sub> (6 мкг/дм<sup>3</sup>). В реке Гильчин содержание свинца выше ПДК<sub>В</sub> (10 мкг/дм<sup>3</sup>) и составило  $91,973 \pm 12,03$  мкг/дм<sup>3</sup> в реке выше водохранилища Жариковское. Источником загрязнения являются неочищенные сточные воды с. Тамбовка, машинно-тракторная станция по ремонту сельскохозяйственной техники. В сентябре 2015 г. после наводнения содержание свинца в воде реки Гильчин составило 2-19 ПДК<sub>В</sub>, в Хомутине -10 ПДК<sub>В</sub>, в Тунсуре - 2,6 ПДК<sub>В</sub>.

Содержание кадмия в водах Симоновка, Хомутина, Тунсура, Гильчин не превышает ПДК<sub>В</sub> (1 мкг/дм<sup>3</sup>). В водах реки Амур в районе Благовещенска содержание кадмия составляет 0,0755 мкг/дм<sup>3</sup>.

Содержание цинка в сентябре 2015 г. в водах реки Гильчин составило 3,2 – 4,8 ПДК<sub>В</sub>, в водах рек Симоновка и Хомутина - 4,5 ПДК<sub>В</sub>, реки Тунсура – 1,1 ПДК<sub>В</sub>. В водах реки Амур содержание цинка превышает ПДК хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения (1000 мкг/дм<sup>3</sup>) и составляет  $5370,20 \pm 913,93$  мкг/дм<sup>3</sup>.

Кобальт является важнейшим биогенным элементом. В июльских пробах воды рек Тунсура и Симоновка, на двух станциях из двенадцати реки Гильчин был обнаружен кобальт, его содержание не превышало

1 мкг/дм<sup>3</sup>. В пробах воды рек Хомутина и Амур кобальт обнаружен не был.

Селен является биогенным элементом и выполняет важную физиологическую роль в процессе жизнедеятельности живых организмов. Содержание селена в июле 2015 г. в водах реки Гильчин составляет 0,6841-1,4957 мкг/дм<sup>3</sup>, в водах рек Симоновка, Хомутина и Тунсура 0,5185 мкг/дм<sup>3</sup>, 0,1456 мкг/дм<sup>3</sup>, 0,0565 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. В Амуре селен обнаружен не был. Воды исследуемых рек являются селенодефицитными. Содержание селена в сентябре 2015 г. в водах исследуемых рек увеличилось: в реке Гильчин составило 2,4523 мкг/дм<sup>3</sup>, Симоновка, Хомутина и Тунсура - 2,4088 мкг/дм<sup>3</sup>, 2,8775 мкг/дм<sup>3</sup>, 1,9913 мкг/дм<sup>3</sup>. В Амуре в районе г. Благовещенск 2,5403 мкг/дм<sup>3</sup>. Полагаем, что селен привнесён в водоёмы с осадками и из почвы. Известна положительная корреляция между концентрацией селена в поверхностных водах и дождевых осадках [6].

Содержание хрома в июле 2015 г. в водах малых рек Гильчин, Симоновка, Хомутина и Тунсура не превышало 0,5 мкг/дм<sup>3</sup>, в реке Амур составило 1,7756±0,79 мкг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, в осенний период 2015 г. в малых реках Гильчин, Хомутина и Тунсура содержание свинца превышает ПДК. Во всех проанализированных пробах присутствует повышенная концентрация цинка. Уровень содержания кадмия, хрома в июльских и сентябрьских пробах воды не превышает ПДК. Отмечается дефицит селена в воде июльских проб. Увеличение содержания селена в сентябрьских пробах свидетельствует о привнесении его в водоёмы с дождевыми осадками и из почвы.

Список литературы:

1. Белая С.А., Химико-экологическая характеристика водотоков и водоёмов Сихотэ-Алинского биосферного заповедника. /С.А Белая, Н.К. Христофорова, А.Д. Кобзарь // Проблемы региональной экологии. – 2012. - № 4 – С. 47-54
2. Бингам, Ф. Т. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. / Ф.Т. Бингам, Э. Коста, Э. Эйхенбергер // М.: Мир. – 1993. – 368 с.
3. Бассейн реки Амур в Забайкалье в вопросах и ответах / Под ред. Н.В. Помазковой – Чита: Экспресс-издательство. – 2011.- 208 с.
4. Кондратьева, Л.М. Влияние крупных притоков на содержание тяжелых металлов в воде и донных отложениях реки Амур. / Л.М. Кондратьева, В.С. Канцыбер, В.Е. Зазулина, Л.С. Боковенко// Тихоокеанская геология. – 2006.- Т. 25, № 6.- с. 103-114.
5. Пакулина, А.П. Содержание органического вещества в водных экосистемах как показатель их экологического состояния. / А.П. Пакулина, Т.П. Платонова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. - 2012. - № 9. – С. 86-90.
6. Перепёлкина, Л.И. Биохимические аспекты содержания селена в агрофлоре Приамурья и его влияние на обменные процессы в организме животных и птицы./ Л.И. Перепёлкина, Т.А. Краснощёкова // Монография.- Благовещенск: изд. ДальГАУ.- 2012.- 150 с.
7. Платонова, Т.П. Оценка экологического состояния малых рек Амурской-Зейской равнины. / Т.П. Платонова, А.П. Пакулина, А.В. Бондалет // Естественные и технические науки. - 2012. - № 2 - С. 113-118.
8. Шулькин, В.М. Пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод юга Дальнего Востока РФ. / В.М. Шулькин, Н.Н. Богданова, Л.В. Перепелятников // Водные ресурсы. - 2009. – Т. 36, № 4 - С. 128-439.

УДК 628.1.032 (282.256.341.5)  
**К ВОПРОСУ СОВМЕСТНОГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ  
РЕСУРСОВ ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ СЕЛЕНГА**

Е.Ж. Гармаев, Ж.Л. Мункуев  
*Бурятский государственный университет,  
г. Улан-Удэ, Россия*

Проблема экологически безопасного и экономически эффективного (рационального) использования водных ресурсов трансграничной реки Селенга представляется исключительно важной по целому ряду причин. От успешности ее решения в значительной степени зависят перспективы экономического и социального развития весьма крупных регионов в составах Российской Федерации и Республики Монголия. Эта проблема занимает важное место в рамках широкого круга задач, связанных с охраной озера Байкал как объекта мирового природного наследия ЮНЕСКО. Имеющие многолетнюю историю добрососедские отношения между нашими странами дают все основания рассчитывать на успешное решение проблемы совместного использования и охраны водных ресурсов р. Селенга. Это, в свою очередь, позволило бы существенно обогатить международный опыт решения подобных проблем, стоящих весьма остро в ряде регионов мира.

По мнению автора, решение рассматриваемой проблемы может включать следующие элементы.

Развернутая формулировка требований гидроэкологической безопасности (ГЭБ), т.е. определение совокупности допустимых значений параметров



гидрологического режима оз. Байкал и его притоков, при которых надежно обеспечиваются условия для сохранения природных экосистем и для устойчивого экономического и социального развития всей территории водосбора.

Создания единой системы гидрологического мониторинга бассейна оз. Байкал, позволяющей оценивать текущее состояние всех основных водных объектов и прогнозировать на достаточно длительный период возможные изменения параметров их гидрологического режима под влиянием различных природных и антропогенных факторов.

Разработка рекомендаций по охране и рациональному использованию водных ресурсов бассейна оз. Байкал и научного обоснования разрешения конфликтных ситуаций между водопользователями при различных сценариях вероятного изменения климата и ожидаемых вариантах и масштабах экономического развития.

Как известно, р. Селенга является главным притоком оз. Байкал, сток которой практически в равных долях формируется на территории Монголии и России. Требования гидроэкологической безопасности оз. Байкал для каждого сезона года определяют допустимый диапазон значений расходов воды, концентраций различных растворенных веществ, мутности и температуры в замыкающем створе р. Селенга при ее впадении в озеро. Обеспечение условий для сохранения природных экосистем и устойчивого развития бассейна самой Селенги требует введения ограничений для допустимых изменений водного, твердого, теплового и важнейших компонентов ионного стока для целой системы речных створов, расположенных на Селенге и ее основных притоках.

Причем эти ограничения должны быть увязаны между собой таким образом, чтобы не было противоречий между требованиями к показателям речного стока в различных створах. Уже на этом этапе необходимо учитывать интересы действующих и потенциальных водопользователей. В частности, если в результате сброса загрязняющих веществ в верховьях некоторого участка реки концентрация какого-либо компонента ионного стока уже достигла предельно допустимого значения, то при отсутствии значительной боковой приточности на этом участке расположенные ниже по течению хозяйствующие субъекты уже лишены возможности сбрасывать свои сточные воды даже в минимальном количестве. Для каждого из основных компонентов ионного стока помимо ПДК в замыкающем створе необходимо ввести систему более низких дополнительных ПДК для расположенных выше по течению участков основной реки и ее притоков. Ужесточение требований к качеству воды снизу вверх должно обеспечить право всех водопользователей на реализацию своей квоты на экологически безопасный сброс загрязняющих веществ. Аналогичный принцип должен быть учтен при назначении других ограничений на характеристики речного стока. Совокупность таких ограничений и является количественным выражением требований ГЭБ бассейна р. Селенга.

При создании единой системы мониторинга бассейна Селенги наиболее трудной является оценка возможных изменений гидрологического режима под влиянием различных природных процессов и проявлений хозяйственной деятельности. Для достаточно надежной оценки возможных последствий изменения климата и косвенного воздействия антропогенных факторов

необходима достаточно детальная модель формирования речного стока. Современный уровень гидрометеорологической изученности бассейна Селенги не позволяет рассчитывать на разработку такой модели в ближайшем будущем. С другой стороны, при современном уровне развития теории гидрологических процессов действующая система гидрологических и гидрохимических наблюдений при условии ее дальнейшего развития и использования данных специальных экспедиционных исследований позволяет получить оценку возможных последствий прямого антропогенного воздействия на гидрологический режим Селенги и ее притоков. Количественная оценка изменений водного, химического, твердого и теплового стока результате забора и сброса воды, сброса загрязняющих веществ и регулирования речного стока возможна на основе модели реакции речной системы на любое внешнее воздействие (МРРС) Селенги. Структура такой системы определяется русловой сетью. Свойства системы определяются водностью реки и ее отдельных притоков, скоростями течения, особенностями трансформации водного, гонного, твердого и теплового стока на отдельных участках. Задача модели давать количественное описание реакции системы водосбора на какое-либо природное или антропогенное возмущение (волна паводка, ледовый затор, значительный водозабор, плановый или аварийный сброс загрязняющих веществ, попуск из водохранилища), имевшее место в одном из ее звеньев, т.е. на участке главной реки или ее притока. В практике гидрологических прогнозов подобная задача решается достаточно надежно при описании формирования дождевого и талого стока в различных частях водосбора, перемещения и трансформации паводков

в руслах притоков и основной реки и формирования волны паводка в замыкающем створе. В этом случае реакция речной системы на снеговое половодье или дождевой паводок описывается на основе известных законов движения воды в руслах. При этом учитываются строение русловой сети водосбора, скорости течения и время добегания на отдельных участках. Сходным образом может решаться задача прогноза распространения по русловой сети выброса загрязняющих веществ, имевшего место на одном из ее участков. При этом дополнительно должны учитываться такие явления, как разбавление, оседание и самоочищение. Многолетние исследования, выполненные на кафедре гидрологии суши МГУ, дают достаточную теоретическую базу для решения поставленной задачи. Выброс загрязняющих веществ в реку Сунгари на территории Китая зимой 2005 г. продемонстрировал необходимость создания средств достаточно надежного решения подобных задач, особенно для трансграничных рек, для которых подобные ситуации выходят на уровень межгосударственных отношений. С учетом перспектив экономического развития российской и монгольской частей бассейна Селенги и наличия ниже ее замыкающего створа такого водного объекта огромного мирового значения, как Байкал, совместная разработка и использование модели типа МРРС представляется, несомненно, актуальной и важной.

После того, как для бассейна реки Селенга сформулированы требования ГЭБ и разработана МРРС, позволяющая прогнозировать реакцию системы водосбора на какое-либо природное или антропогенное возмущение, появляется возможность существенно повысить научную обоснованность рекомендаций по совместной охране и рациональному использованию водных ресурсов этой

трансграничной реки. Для разрешения конфликтов между интересами различных водопользователей можно использовать принципы и методы, содержащиеся в модели оптимального распределения водных ресурсов трансграничных рек Центральной Азии. Модель разработана А.В. Христофоровым для бассейнов Аральского моря.

Модель оптимизирует стратегию поведения участников водного рынка. Для бассейна Селенги на межгосударственном уровне такими участниками являются Россия и Монголия. Однако водный рынок должен функционировать и на уровне субъектов и районов, как России, так и аймаков и сомонов Монголии, а в идеале, и на уровне отдельных хозяйствующих субъектов-водопользователей. В виду своего огромного значения для всего человечества оз. Байкал должно рассматриваться в качестве самостоятельного участника со своими требованиями и интересами. По аналогии с принципами Киотского Протокола для всех участников рынка вводятся юридически закрепленные договорные квоты на использование водных ресурсов, включая водопотребление и сброс загрязняющих веществ. Эти квоты должны быть согласованы со всеми участниками рынка и экологически и экономически обоснованы с учетом изменяющихся природных условий. Не выходя за рамки своих квот, каждый из участников может осуществлять любую стратегию их использования, руководствуясь принципами экономической эффективности и экологической безопасности. При этом возможна купля и продажа части квот, обеспечивающая функционирование водного рынка. Цены на квоты формируются в соответствии с общими принципами рынка и определяются экономически оправданными затратами на развитие систем

использования и очистки воды в сельском хозяйстве, промышленности и в быту. Они должны меняться в зависимости от состояния водных ресурсов, экономической, демографической, экологической и климатической ситуации. Объектом оптимизации модели является суммарный экономический эффект, который каждая из сторон получает в результате использования своей квоты на воду и ее загрязнение, продажи ее части или приобретения части квот у других участников рынка. Обоснованность тех или иных решений зависит от полноты и надежности информации о текущем и ожидаемом режиме трансграничной реки. Для каждой из сторон дефицит такой информации может привести к экономическому ущербу. Исходя из этого, для каждой из сторон модель позволяет оценить оправданные затраты на развитие системы гидрологического и Экологического мониторинга. Определение квот на воду и ее загрязнение выходит за рамки гидрологии и экологии и лежит в плоскости политических и экономических решений. Однако модель оптимизации водного рынка позволяет правильно оценить смысл этих квот, экономические и экологические последствия от их принятия и их роль во взаимоотношении сторон.

В заключение авторы выражают надежду, что практическая реализация изложенных идей может оказаться полезной при решении неизбежно возникающих проблем совместного использования и охраны водных ресурсов главного притока оз. Байкал - трансграничной р. Селенга.

УДК 504.06 (571.51)

## **СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА**

Г.В. Сакаш, К.Г. Сакаш

*Сибирский федеральный университет,  
г. Красноярск, Россия.*

Актуальность экологических проблем в Красноярске не вызывает сомнений. Это одна из острейших проблем города [1] и она волнует не только специалистов, но и всех горожан, не зависимо от их социального статуса, вероисповедания и политических пристрастий.

Какие предприятия вносят наибольший вред в загрязнение окружающей среды города? Какие среды (вода, воздух, почвы) наиболее загрязнены и находятся в критическом состоянии? Какие виды загрязнений наиболее опасны и отрицательно влияют на здоровье человека? Что необходимо сделать в краткосрочной и долгосрочной перспективе, чтобы оперативно смягчить сложившуюся ситуацию и обеспечить долгосрочное устойчивое развитие региона в будущем? Это непростые вопросы, но с учетом сложившейся экологической ситуации их необходимо решать безотлагательно.

Оценивая вред окружающей среде г. Красноярска, приносимый расположенными в нем и рядом с ним предприятиями прежде всего необходимо отметить Красноярский алюминиевый завод (КраАЗ), Красноярская ГЭС, Красноярские ТЭЦ и котельные, работающие на буром угле.

К наиболее загрязненным средам относятся природные воды, окружающий воздух и почвы.

Красноярский алюминиевый завод является самым мощным источником вредного воздействия на атмосферу г. Красноярска. Этот завод отличается, тем, что: 1. Это самый мощный в мире завод по производству алюминия; 2. Технология выплавки алюминия (технология Содерберга), применяемая на заводе, самая древняя, дешевая и самая экологически грязная (нигде в мире, кроме РФ, не применяется) [1]; 3. Предприятие такой мощности и с такими технологиями КрАЗ располагается в черте города с миллионным населением.

Такое предприятие не должно вообще работать в городе. Даже если провести коренное техническое перевооружение завода (смены технологии выплавки металла, установки более эффективного оборудования по газоочистке и т.п.) это не меняет кардинально вопрос об отсрочке закрытия КрАЗа – при ежегодном 5-ти процентном приросте онкологических заболеваний в Красноярске[1] продолжение работы КрАЗа - это геноцид населения города. Все улучшения надо было делать раньше. А сегодня остается только закрыть этот завод и дать надежду горожанам на выживание.

Красноярская ГЭС оказывает значительную техногенную нагрузку на реку Енисей, являющегося источником хозяйственно-питьевого водоснабжения Красноярска и находящихся в нем предприятий.

Как показывают результаты мониторинга, качество воды в реке Енисей постоянно деградирует. Как известно, не качественная вода является причиной 80% заболеваний человека. Учитывая качество атмосферного воздуха



Красноярска шансов оставаться здоровым у горожан практически нет.

Вода зимой в реке Енисей (после строительства Красноярской ГЭС) в районе г. Красноярска не замерзает и ледостав отсутствует в течение всего зимнего времени. Согласно материалам проекта Красноярской ГЭС по прогнозу проектировщиков кромка ледостава должна была находиться в нижнем бьефе ГЭС в районе села Овсянка. Это расстояние от ГЭС составляет около 15 км. Фактически в настоящее время кромка ледостава в зависимости от суровости зимы располагается ниже плотины Красноярской ГЭС на расстоянии около 300 км. Это послужило причиной значительного увеличения влажности воздуха над Красноярском.

После создания водохранилища вода в нем отличается высокой окисляемостью, что объясняется наличием в ней большого количества органических веществ. Это следствие плохо подготовленного в свое время дна водохранилища и плохая его проточность. В созданном водохранилище Красноярской ГЭС появились условия для интенсивного развития водной растительности, которая поступает в большом количестве и в нижний бьеф. Кроме этого, повышенная температура сбрасываемой из водохранилища воды явилась причиной отсутствия ледостава, который покрывал реку в течение полугода, отрицательно сказавшись на качестве воды из-за отсутствия весеннего ледохода, основательно очищающего русло реки и подстилающие грунты. В настоящее время верхние слои гравийно-галечникового грунта в русле реки покрыты сплошной темно-зеленой коркой водорослей. Чего раньше (до ГЭС) не отмечалось. Биообрастаниями покрыты даже внутренние поверхности водозаборного

комплекса на островах (скважины, сифонные водоводы и трубопроводы, подающие воду от погружных насосов в резервуары чистой воды, водоприемные отделения шахтных колодцев). Это говорит о том, что этими водорослями уже загрязнены водоносные пласты, через которые русловая вода фильтруется перед попаданием в водоприемные устройства. А всякая органика подвержена гниению, что вызывает серьезные опасения по дальнейшей деградации качества воды для хозяйственно-бытовых нужд населения Красноярска.

Бурный рост водной растительности связан с тем, что до зарегулирования реки ледостав исключал естественное освещение речной воды прямыми солнечными лучами в течение полугода, а мощный ледоход прочищал и переформировывал русловые отложения в период весеннего паводка. В настоящее время оба этих условия отсутствуют.

Возвращение к естественному для реки режиму длительного зимнего ледостава в нижнем бьефе Красноярской ГЭС в районе Красноярска возможно – предложено устройство экрана перед плотиной с целью забора зимой более холодной воды из верхних ее слоев, но всерьез это никем не рассматривается.

Это очень актуальные вопросы для жителей региона и г. Красноярска в связи с устойчивым и резким ростом заболеваемости красноярцев онкологическими заболеваниями с 2011 г. на 26,6%. В настоящее время Красноярск является лидером в РФ по заболеваниям органов пищеварения и входит в перечень городов, лидирующих по уровню онкологических заболеваний.

Для выяснения динамики сброса загрязнений и показателей качества воды в природных водоемах

Красноярского края были проведены исследования по получению информации по сбросам вредных веществ в природные водоемы и качестве в них воды за 21 год наблюдений (1994-2014 г.г.). В том числе, с учетом специфики региона по мощной теплоэнергетической отрасли. Источником информации для сбора данных являлись ежегодные Государственные доклады о состоянии окружающей среды в Красноярском крае, выходящие под эгидой Министерства природопользования и экологии Красноярского края и другие документы, включая [2-4] и прочие материалы. В результате проведенных исследований приходится констатировать наличие устойчивого тренда по ухудшению качества воды по санитарно-химическим показателям в природных водоемах региона. Если % проб воды из природных водоемов Красноярского края, не отвечающим санитарно-химическим показателям в 1994 г. составлял 6,3%, то в 2014 г. он достигнул величины 32,3% (увеличение более, чем в 5 раз).

Красноярские ТЭЦ и котельные города являются источником загрязнения как воздушного бассейна, так и природных вод и почв. Актуально стоит вопрос и об острой необходимости замены низко-калорийного и экологически вредного топлива, на котором работают все ТЭС региона (бурого угля на газ). ТЭС, работающие на буром угле, имеют в своем составе мазутные хозяйства, служащие для розжига котлов. Кроме этого, для работы в самые холодные зимние дни для обеспечения пиковых нагрузок включают в работу котлы, работающие на мазуте. Для обеспечения подачи угля на сжигание в котлы ТЭС существует сложный комплекс вспомогательных машин и механизмов, включающий парк мощных бульдозеров на

складе топлива, мельниц для размола угля, конвейерных галерей топливоподачи, систем аспирации и гидроуборки трактов топливоподачи (сухая угольная пыль взрывоопасна). Для розжига котлов мазутом также необходим вспомогательный комплекс оборудования: подъездные железнодорожные пути, станция разгрузки мазута, емкости для хранения, средства транспорта – мазутонасосные станции для перекачки мазута в котлы. Производственные сточные воды ТЭС неминуемо попадают в природные водоемы, отравляя их нефтепродуктами, солями, тяжелыми металлами и другими вредными веществами.

Река Енисей относится к рыбохозяйственным водоемам I категории (нерест ценных пород рыб), к качеству воды которой предъявляются самые высокие требования. К негативным последствиям работы ТЭС, работающих на бурых углях, относятся не только вредные сбросы в природные водоемы большого количества щелочных стоков из переполняющихся систем гидрозолоудаления и нефтесодержащих стоков ТЭС, но и газовые выбросы, загрязняющие атмосферный воздух и являющиеся причиной участвовавшего в последние годы объявления в г. Красноярске режима «черного неба», длящегося нередко месяцами. Количество углерода, поступающего в атмосферу от ТЭС с углекислым газом после сжигания бурого угля превышает все допустимые пределы.

Степень загрязнения окружающей среды в Красноярске достигла такого уровня, что наметился устойчивый тренд на снижение капитализации жилого фонда красноярцев (снижения стоимости квартир) и начался интенсивный отток населения за пределы города и

региона. Уезжают не все, а только самые активные и экономически обеспеченные, но желающих гораздо больше, чем покинувших родные места. У основной части населения нет финансовых возможностей, да и никто и нигде их не ждет. В этой связи необходимо решать вопрос о компенсациях гражданам за нарушение их конституционных прав на проживание в нормальных экологических условиях.

Перечисленные экологические проблемы необходимо решать. Решать последовательно и системно. Решать для обеспечения возможности устойчивого и долговременного развития региона.

Пока реальных практических шагов в этом направлении не предпринимается.

#### Список литературы:

1. Тарасов Алексей. ВОЗДУХ РОДИНЫ. Чулок на городе. // Новая газета. № 22, 03.03.2017, с. 20-21.

2. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 году. Красноярск, Министерство природопользования и экологии Красноярского края, 2015, 294 с.

3. Сакаш Г.В. Уровень техногенной нагрузки ТЭС на природные водоемы Красноярского края // Промышленная энергетика, 2007, №5, с. 49-53.

4. Сакаш Г.В. Виды и расходы сточных вод ТЭС, работающих на бурых углях // Электрические станции, 2007, №7, с. 45-49.

УДК 351.778.31

**ДУПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
– ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВЫХ  
ВОД И ЭКОНОМИИ ИХ РЕСУРСОВ**

В.В. Шепелев, С.В. Федорова

*Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО  
РАН, г. Якутск, Россия*

Вода – основной наш жизненный продукт, без которого невозможно существование. Прежде всего, питьевая вода должна быть безопасной в санитарном, эпидемиологическом и радиационном отношении, иметь благоприятный цвет, вкус и запах, быть безвредной по химическому составу и минерализации.

Однако питьевая вода должна быть не только чистой и безвредной, но и полезной для человека, то есть иметь оптимальный микроэлементный, минеральный, газовый и т.д. состав. Связано это с тем, что вода, которую мы пьем, определяет деятельность всех важнейших органов человеческого организма, его солевой и газовый обмен, свойства и возобновляемость крови, состояние кожи, мышечной и костной тканей, характер процессов окисления пищи, ее усвояемость и т.д. В этом огромном качественном воздействии питьевой воды на жизнедеятельность человеческого организма ведущая роль принадлежит не только общему химическому ее составу, но и микрокомпонентному, микробиологическому и т.д. Доказано, что отсутствие в питьевой воде таких микроэлементов, как медь, кобальт, марганец и молибден, отрицательно сказывается на кроветворении и

функционировании ферментных систем. Отсутствие в воде йода понижает деятельность щитовидной железы. Малое содержание фтора ухудшает общее состояние здоровья людей. Такой микрокомпонент, как бром, регулирует деятельность высшей нервной системы. В целом, микрокомпоненты, содержащиеся в воде, повышают интенсивность биоэнергетических процессов и защитные реакции организма, предупреждая развитие различных инфекционных и наследственных заболеваний, способствуя тем самым продлению жизни человека.

К сожалению, этой второй, не менее важной стороне качества питьевой воды, то есть ее полезности, не уделяется должного внимания. В подавляющем числе населенных пунктов для питьевого водоснабжения используются в основном поверхностные источники, вода которых не только обеднена полезными микроэлементами (фтором, йодом, бромом, марганцем и т.д.), но и существенно загрязняется в результате техногенной деятельности человека. В Республике Саха (Якутия), например, на более чем 60% действующих водозаборах, базирующихся на использовании поверхностных вод, питьевая вода не отвечает санитарным требованиям. Низкое качество питьевой воды является основной причиной заболеваний людей кишечными инфекциями, вирусным гепатитом, брюшным тифом, гастритом и т.д. Применяемая система обеззараживания воды хлором является не только устаревшей, но и опасной для здоровья людей. Хлорирование вызывает образование в воде галогеносодержащих соединений, которые обладают токсическими свойствами. Стремясь освободить водопроводную воду от соединений хлора, железа и придать

ей соответствующие органолептические свойства, люди вынуждены применять различные бытовые фильтры. Однако подобная «водоподготовка» ведет к удалению из питьевой воды и полезных компонентов, то есть к получению по существу дистиллированной воды. Употребление такой воды не менее опасно, поскольку вызывает вымывание из организма солей и минеральных веществ. Для предупреждения возникновения различных кишечных заболеваний санитарно-эпидемиологическая и медицинские службы рекомендуют пить водопроводную воду только после обязательного ее кипячения. Однако известно, что систематическое употребление мягкой кипяченой воды ведет к поражению сердечной мышцы, сужению сосудов головного мозга, снижению массы костей и многим другим неблагоприятным последствиям для организма человека.

Одним из путей решения проблемы обеспечения населения высококачественной и полезной для организма человека питьевой водой является использование пресных подземных вод и прежде всего артезианских. Циркулируя в горных породах в течение сотен и тысяч лет, эти воды обогащаются широким спектром микроэлементов и минеральных веществ. Кроме того, они отличаются от поверхностных вод исключительной стерильностью и меньшей подверженностью различным техногенным загрязнениям и изменениям климата.

Однако пресные подземные воды имеют ограниченные запасы по сравнению с огромными ресурсами поверхностных вод. При интенсивной эксплуатации подземных водоносных горизонтов формируются глубокие депрессионные воронки, что не



только затрудняет и удорожает их эксплуатацию, но и приводит к ухудшению качества подземных вод. Это связано с тем, что в зонах влияния глубоких депрессий уровня усиливается вертикальная фильтрация подземных вод, что вызывает поступление в продуктивные водоносные горизонты различных загрязняющих веществ с поверхности, а также подтягивание некондиционных вод из ниже залегающих водоносных комплексов.

Для рационального использования пресных подземных вод правомерно применение дуплексной системы водоснабжения, суть которой сводится к следующему. Известно, что при централизованном водоснабжении средняя потребность одного человека в воде определяется из расчета около 200 литров в сутки. Из этого количества лишь 8-10 литров воды, то есть менее 5%, используется для удовлетворения физиологических потребностей человека (питье, приготовление пищи). Основной же объем воды, поставляемой населению службами коммунального водоснабжения, применяется для хозяйственно-бытовых нужд (ванна, душ, уборка помещения, стирка белья и т.д.). Использовать для этих целей ценнейшие пресные подземные воды, прошедшие к тому же определенную водоподготовку, безусловно, нерационально и расточительно. Дуплексная система предусматривает разделение воды, поставляемой населению, отдельно для питьевых целей и хозяйственно-бытовых нужд. Важность ее применения уже отмечалась в печати.

Основными преимуществами внедрения подобной системы являются:

- 1) уменьшение заболеваемости и увеличение продолжительности жизни людей в связи с употреблением

для питьевых целей полезной для здоровья человека питьевой воды;

2) существенное сокращение затрат на высококачественную подготовку воды для питьевых целей в связи с разделением водоснабжения по целям использования;

3) стабильность качества воды при ее транспортировке от станций водоподготовки к потребителям в связи с применением современных износостойких материалов в водопроводных сетях;

4) обеспечение безопасности населения в случаях возникновения чрезвычайных ситуаций и терактов;

5) рациональное использование ресурсов пресных подземных вод и предотвращение их истощения;

6) соответствие ресурсосберегающей стратегии развития страны.

Институтом мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН предложено в рамках республиканской программы «Чистая вода» Республики Саха (Якутия) осуществить экспериментальную разработку подобной системы для одного из микрорайонов г. Якутска. Главной целью данного эксперимента является изучение возможности и эффективности применения дуплексной системы водоснабжения в климатических, мерзлотно-гидрогеологических и социально-экономических условиях республики для обеспечения населения высококачественной и полезной для здоровья питьевой водой. Предусматривается использование для этой цели пресных подмерзлотных вод Якутского артезианского бассейна после их соответствующей водоподготовки. Система подачи питьевой воды потребителям будет организована как дополнение к уже

существующим водопроводным сетям. Это сократит затраты на сооружение подобной системы, а использование современных износостойких материалов значительно повысит срок ее эксплуатации.

Предлагаемый эксплуатационный участок водозаборной скважины расположен на территории Центрально-Якутского месторождения подземных подмерзлотных вод, запасы по которому утверждены по категории  $C_1$  в объеме 7878 м<sup>3</sup>/сут. Вода из скважины пресная хлоридно-гидрокарбонатная натриевая с минерализацией 0,9 г/л, обладающая комплексом полезных для организма человека компонентов. В воде наблюдается превышение предельно допустимых концентраций лишь по содержанию натрия - 277 мг/л (ПДК 200 мг/л), фтора 3,7 мг/л (ПДК 1,5 мг/л) и лития 0,18 мг/л (ПДК 0,03 мг/л). В процессе водоподготовки содержание этих элементов будет снижено до нормированных требований.

В санитарном отношении участок водозаборной скважины находится в благоприятных условиях, поскольку расположен в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород мощностью более 300 м, которые надежно защищают подмерзлотные воды от поверхностного загрязнения. В рамках эксперимента предусматривается обеспечение качественной подземной подмерзлотной питьевой водой населения микрорайона г. Якутска в количестве 1400 человек.

В случае успешного проведения данного эксперимента могут быть приняты решения о масштабном внедрении дуплексной системы водоснабжения как на территории Республики Саха (Якутия), так и в других регионах России.

УДК 351.778.31 (567)

## **ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ГОРОДОВ ИРАКА И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ**

Тами Аль-Харами

*г. Багдад, Ирак*

В основе создания надлежащих жизненных условий населения стран с сухим жарким климатом является обеспечение экологически безопасного водоснабжения, широкой доступности воды питьевого качества и средств канализации, а также рационального использования воды потребителями. Безопасность и доступность питьевого водоснабжения является одной из главных составляющих экологии человека в условиях ограниченности водных ресурсов.

Ирак имеет относительно высокую обеспеченность водными ресурсами по сравнению с другими странами Ближнего Востока – около 6 тыс. м. куб. в год на одного человека. Основными поверхностными источниками водоснабжения являются реки Тигр и Евфрат, пересекающие практически всю территорию страны. В то же время из-за неудовлетворительного технического состояния систем хозяйственно-питьевого водоснабжения значительная часть населения не имеет достаточного доступа к питьевой воды. Это особенно актуально в сухой сезон года, когда системы водоснабжения не обеспечивают потребности населения в достаточном количестве.

Несмотря на значительные работы по модернизации насосных станций, сооружений водоподготовки, распределительных трубопроводных сетей, благодаря которым питьевая вода и средства канализации стали более доступны для населения, в аспекте инфраструктуры жизнеобеспечения Ирак находится на уровне экономически отсталых стран мира. Низкий уровень надежности обеспечения населения водопроводной водой и средствами водоотведения определяют повышенное антропогенное загрязнение источников водоснабжения, значительный износ сетей и оборудования, недостаточная мощность существующих систем водоснабжения и канализации.

Особенно негативное влияние на системы водоснабжения и водоотведения оказали вооруженные конфликты и международные экономические санкции. Например, в ряде городов Ирака системы водоотведения в настоящее время почти не работают, что создает весьма напряженную экологическую ситуацию. Значительный износ водопроводных сетей и многих станций водоподготовки приводят к существенным нехваткам питьевой воды. В ряде городов мощность существующих систем водоснабжения не обеспечивает потребности населения в питьевой воде.

Указанная проблема обострилась в период военной оккупации страны с 2003 г. по настоящее время, когда существенно сократились инвестиции в инфраструктуру жизнеобеспечения населения.

Для выхода из сложившейся тяжелой ситуации представляется целесообразным разработать на

государственном уровне концепцию водоснабжения и канализации городов и населенных пунктов Ирака. Эта концепция должна предусматривать решение следующих задач:

- создание проектных организаций для разработки необходимой документации по модернизации систем водоснабжения и водоотведения в городах Ирака;
- прекратить стихийную застройку территорий городов без общего градостроительного плана;
- совершенствование систем жизнеобеспечения населения Ирака необходимо осуществлять под контролем соответствующих организаций ООН;
- разработать оптимальную стратегию, восстановления трубопроводов водоснабжения и канализации городов Ирака;
- разработать стратегию восстановления, модернизации существующих и строительства новых очистных сооружений водоснабжения и канализации;
- создание системы подготовки специалистов высшего и среднего звена для управления, строительства и эксплуатации систем водоснабжения и канализации.

Решение представленных первоочередных задач позволит приступить к преодолению проблем обеспечения населения Ирака питьевой водой и средствами канализации. Кроме того, решение указанных задач позволит снизить заболеваемость населения, обусловленную низким качеством питьевой воды и плохой работой систем канализации.

УДК 641 (470.23)  
**ВОДА - ЗДОРОВЬЕ СОХРАНЯЮЩИЙ  
ФАКТОР ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА (НА  
ПРИМЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

С.А. Лопатин\*, В.И. Терентьев\*\*

*\*Санкт-Петербургский государственный  
экономический университет*

*\*\*АО «Водоканал-инжиниринг»,  
Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: info@vodokanaleng.ru*

Несмотря на то, что проблема обеспечения населения Ленинградской области доброкачественной питьевой водой постоянно находится в зоне внимания Правительства Ленинградской области, надзорных органов, на сегодня она остается нерешенной. В водохозяйственном комплексе региона имеют место неурегулированные вопросы, в т. ч. связанные с неудовлетворительным состоянием водных объектов, используемых в качестве источников централизованного и нецентрализованного водоснабжения.

В Материалах к государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2015 году», отмечается, что за период 2013-2015 гг. наблюдалось увеличение до 8 % доли источников централизованного водоснабжения, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям к качеству воды. По результатам лабораторных исследований доли проб воды источников централизованного водоснабжения, не удовлетворяющих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим и микробиологическим

показателям, в 2015 г. увеличились в сравнении с 2014 г. до 39,9 % и 16,4 %, соответственно.

Вода в основном забирается из защищенных водоносных комплексов, за исключением территорий, где водоупорный горизонт не имеет сплошного распространения. К ним относятся территории Ижорского плато (Волосовского, Гатчинского, южная часть Ломоносовского, восточная Кингисеппского, северо-западная часть Сланцевского района) и значительной части Карбонового плато (Бокситогорский район). Имеющиеся многочисленные источники загрязнения при слабой защищенности водоносного горизонта приводят к изменению качества подземных вод, в водах регистрируются техногенные загрязнения неорганического, органического и микробиологического характера. Поэтому на указанных территориях проблема использования и качества подземных вод стоит особенно остро.

По показателям качества питьевой воды Ленинградская область находится на 80 месте в списке регионов России и питьевая вода является одним из ведущих факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье населения. Неудовлетворительное ее состояние в ряде населенных пунктах создает постоянную угрозу возникновения вспышек инфекционных заболеваний среди потребителей. Качество питьевой воды системы централизованного питьевого водоснабжения, присутствие в ней различных химических веществ может вызвать дополнительные случаи смерти и заболеваний. Повышенное содержание в питьевой воде хрома, бария, ртути, аммиака и аммоний-иона, нитратов, нитритов, хлороформа, тетрахлорметана, железа, марганца, фтора, мышьяка, бериллия, бора, кадмия, молибдена, стронция, никеля и других соединений может привести к развитию



неблагоприятных эффектов со стороны кожных покровов, органов пищеварения, мочевыделительной, костно-мышечной, сердечно-сосудистой, эндокринной, репродуктивной систем, системы крови и иммунной системы, центральной и периферической нервных систем, процессов развития.

Основными причинами низкого качества питьевой воды, подаваемой населению области, являются: продолжающееся антропогенное загрязнение поверхностных и подземных вод, факторы природного характера, отсутствие или ненадлежащее состояние зон санитарной охраны (ЗСО) водоисточников, использование старых технологических решений водоподготовки в условиях ухудшения качества воды и снижения класса источника водоснабжения, рассчитанного на использование традиционных схем очистки воды, низкое санитарно-техническое состояние существующих водопроводных сетей и сооружений, а также использование населением источников, не стоящих на учете и не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям.

Одна из причин неудовлетворительного состояния водоисточников связана с недостатками в правовом обеспечении их охраны. Проблемы в нормативно-правовом обеспечении защиты источников питьевого водоснабжения как на федеральном, так и на региональном уровне обуславливают ряд недостатков в организации ЗСО водоисточников. К проблемам на федеральном уровне относятся: объявление требований по организации ЗСО в отдельных статьях различных документов, ряд из которых не имеет необходимого правового статуса; медленное совершенствование водного законодательства; нахождение ЗСО водоисточника, особенно второго и третьего поясов, вне управленческого влияния владельца водопровода;

преимущественно административная, а не уголовная ответственность за нарушения экологического и санитарного законодательства и др. На региональном уровне также существует несколько проблем: нереализованные возможности федерального законодательства; низкая законодательная активность; противоречия информационного характера; формальный характер принятия проектов ЗСО водоисточников; отсутствие разработанных и утвержденных механизмов продвижения проектов ЗСО водоисточников и др.

Подзаконным актом, подробно раскрывающим требования установочных статей, является СанПиН 2.1.4.1110-2 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения». Однако правовой статус этого документа существенно ниже статуса федеральных законов, составляющих правовую основу водного и санитарного законодательства страны. При этом Водный Кодекс РФ и Федеральный закон № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» определяют самые общие положения санитарной охраны источников питьевого водоснабжения. Поэтому регулярно отмечается неправомерное поведение юридических и физических лиц в границах ЗСО источников водоснабжения и на водосборных территориях. Учитывая вышеизложенное, предлагается повысить статус ЗСО источников водоснабжения и, в первую очередь, путем расширения перечня региональных (местных) особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и включения в него ЗСО, в границах которых необходимо ограничивать хозяйственную и иную деятельность. Такой подход не является вновь предлагаемым, т.к. он существует, имеет определенную правовую основу, при этом по разным причинам оставаясь нереализованным.

В статье 1 Градостроительного кодекса РФ (ГрК), содержащей понятийный аппарат, зоны охраны источников питьевого водоснабжения отнесены к зонам с особыми условиями использования (ЗОУИТ). В статье 14 ГрК указывается, что на картах, содержащихся в схеме территориального планирования субъекта РФ, отображаются границы ООПТ и границы ЗОУИТ. В статье 27 Земельного кодекса РФ (ЗК) приведен перечень ограничиваемых в обороте земельных участков, включая первый и второй пояса ЗСО водных объектов, используемых для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Близость статуса ЗСО к ООПТ подчеркнута и в ч. 3 статьи 96 ЗК, согласно которой использование земельных участков в границах второй и третьей зон санитарной охраны ограничивается в соответствии с законодательством об ООПТ. В статье 44 Федерального закона от 13.07.2015 г. № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» (вступил в силу с 02.01.2017 г.) объявлено о государственном кадастровом учете части земельного участка, образованной в связи с установлением ЗОУИТ, путем внесения в Единый государственный реестр недвижимости.

Для водных отношений первостепенную важность приобретает их целенаправленное государственное регулирование, реализуя полномочия субъекта РФ, а именно — разработка, утверждение и реализация программ субъектов РФ по использованию и охране водных объектов, используемых для питьевого водоснабжения. Программами может быть предусмотрена разработка за счет бюджетных средств проектов ЗСО для эксплуатируемых централизованных источников водоснабжения.

Рассмотрим финансовую сторону реализации предложения о повышении статуса ЗСО водоисточников

Ленинградской области до уровня региональных (местных) ООПТ. По данным Управления Роспотребнадзора по Ленинградской области, в области в 2016 г. использовался 1421 водоисточник, в т.ч. 71 — поверхностные водоёмы, 1350 — подземные водоносные горизонты. Почти 50 % водоисточников не имеют охранную территорию, т. е. около 675 водозаборов подземных вод. Государственная программа «Охрана окружающей среды Ленинградской области» в 2014 г. включала подпрограмму «Особо охраняемые природные территории», которая имеет в своём составе основное мероприятие: «Обеспечение деятельности государственных казённых учреждений» с объёмом финансирования 25 537,1 тыс. рублей. Дирекцией ООПТ на проведение природоохранных рейдов, разъяснений для населения, составление сообщений о состоянии ООПТ в 2014 г. в расчёте на 1 га было потрачено около 50 рублей. Если принять, что площадь территории ЗСО (2-го и 3-го поясов) 1350 подземных водоисточников в среднем составляет 1 кв. км (100 га), то ежегодно на проведение природоохранных мероприятий в объёме, предусмотренном для региональных (местных) ООПТ, потребуется около 6,7 млн. рублей.

Для реализации направленного на достижение здоровья сохраняющего эффекта предложения о повышении статуса территории и акватории ЗСО водоисточников до уровня региональных (местных) ООПТ, а также бюджетного финансирования проектов ЗСО водоисточников предлагается определить Ленинградскую область в качестве субъекта РФ, где может быть осуществлена подобная апробация, результаты которой будут полезны для совершенствования экологической безопасности других промышленных регионов России.

УДК 556.334

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕБИТА АРТЕЗИАНСКИХ СКВАЖИН**

А. И. Кармалов, С. В. Филимонова

*МП «Северский водоканал», г. Северск, Россия*

Снижение дебита водозаборных скважин в процессе эксплуатации - явление достаточно широко распространенное и в зависимости от структуры водоносных пород, химического состава подземных вод, типа фильтра, интенсивности водосбора, осуществляемого на данной территории, времени эксплуатации имеет различные причины и характер.

На практике же, как правило, при грамотном расположении артезианских скважин, исключающих влияние депрессионных воронок, с хорошо изученной гидрологической обстановкой и правильной эксплуатацией водозаборных сооружений (скважин) основной причиной снижения дебита является кольтатация фильтров, гравийной обсыпки и прифильтровых водоносных слоев. Структура колматирующих отложений разнообразна и зависит от химического состава воды, водоносной породы, способа бурения и т.д. В любом случае для определения возможности восстановления дебита необходимо изучение паспортных данных скважины, изучение эксплуатационных журналов и проведение ряда диагностических действий.

На протяжении 60 лет эксплуатации подземного водозабора г. Северска (ранее Томск-7) после ряда

экспериментов был однозначно принят единственный по настоящему эффективный метод, дающий долгосрочный результат с доведением дебита до первоначального - это химический с его различными вариантами.

Применение химического метода распространено ограниченно по нескольким причинам.

1. Требуется наработка персоналом достаточного опыта на различных типах скважин, а это возможно только на давно работающих подземных водозаборах (более 30 лет). Поскольку кольматация скважины ощутимо начинает влиять на дебит после 15-20 лет эксплуатации и более.

2. Наличие спецоборудования, которым не всегда обладают эксплуатирующие организации.

3. Организации, занимающиеся бурением скважин, хотя и имеют опытный персонал, и часть необходимого оборудования не заинтересованы в освоении и распространении методов регенерации и восстановления скважин. Причины понятны. Нормальный срок службы скважины 20-25 лет, после чего они считаются амортизированными и могут быть списаны, а значит, есть основания бурить новые.

Благодаря постоянно проводимой работе по регенерации и восстановлению артезианских скважин Северский водоканал эксплуатирует скважины возрастом до 50 лет и более без значительного уменьшения дебита по сравнению с первоначальным и прибегает к бурению новых очень редко. Выгода эксплуатирующих организаций и организаций заказчиков очевидна:

1. Отпадает необходимость получать или дополнять лицензию на эксплуатацию недр.

2. Нет затрат на:

- строительство павильона;
- прокладку контрольных и электросиловых кабелей
- прокладку наружных сетей водопровода;
- обустройство санитарной зоны.

Кроме того, регенерация и восстановление скважин позволяет в более короткий срок решить проблему дефицита воды в населенных пунктах, чем новое бурение.

В качестве реагента для регенерации применяется ингибированная соляная кислота, но не любая, а определенных марок. Ингибитор необходим, чтобы защитить от коррозии и разъедания материал фильтровых труб.

Кроме соляной кислоты могут применяться и другие реагенты, в частности порошкообразные, которые менее опасны в обращении, но не менее эффективны.

Главная задача декольматации скважины не столько очистить от зарастания ствол самой скважины, сколько регенерировать прифильтровую зону. Это достигается с помощью мощного компрессора и специального оголовка на устье скважины.

Если скважина закольматирована плотно и структура кольматанта имеет прочно сцементированный характер эффективно и целесообразно производить нагрев реагента в стволе фильтра с помощью скважинного нагревателя. Такой способ, который именуется

термореагентным, более трудоемко, но позволяет значительно эффективней восстановить давно и плотно закольматированные скважины. Он применялся на скважинах, которые были выведены из эксплуатации по 10-15 лет, и обычная регенерация соляной кислотой не давала значительного эффекта.

При описании преимуществ регенерации стоит обратить внимание на очень большую проблему, возникающую при интенсивной обработке старых скважин имеющих водоносную породу в виде песков различной крупности или конструкцию с сальниками (применялась широко в 50-60-е годы).

Кислота или другие реагенты разъедают сильно изношенные от времени стенки фильтровых труб и сальниковую набивку. И часто после обработки скважину приходилось тампонировать, так и не возродив по причине интенсивного пескования или завала забоя песком.

Выход из этой ситуации был найден после разработки конструкции полимерных скважинных фильтров с напылением и освоения их монтажа ООО НВП "Родник" даже в обваленных скважинах. Дебит при этом отличался от первоначального незначительно, так как конструкция фильтров позволяет избегать больших сопротивлений. Таким методом возрождено уж более 25 артезианских скважин.



УДК 641.1

## **ВЛИЯНИЕ ПОЛИАКРИЛАМИДНОГО ФЛОКУЛЯНТА НА ВЕЛИЧИНУ ЦВЕТНОСТИ МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Е.Ю. Шачнева

*Астраханский государственный университет,*

*г. Астрахань, Россия,*

*e-mail: evgshachneva@yandex.ru*

Цветность – один из органолептических показателей, является естественным свойством природной воды, обусловленным присутствием комплексных соединений железа и гуминовых веществ. Величина данного показателя зависит от структуры дна водоема, характера, прилегающих почв, и т.д. Удовлетворительная цветность воды устраняет необходимость определения тех загрязнителей, ПДК которых установлены по цветности [1-3]. К подобным загрязнителям можно отнести красители и соединения, образующие интенсивно окрашенные растворы с высоким коэффициентом светопоглощения.

Данный показатель определяется двумя способами: фотометрическим путем и визуально, но если окраска воды не соответствует природному тону, а также при интенсивной естественной окраске, определяют высоту столба жидкости. Для воды поверхностных водоемов величина данного показателя допускается не более 20 градусов по шкале цветности. Цвет вод, содержащих взвешенные вещества, определяют путем отстаивания и фильтрации. Взвешенную муть удаляют путем фильтрования через мембранный фильтр диаметром пор

0,45 мкм [ИСО 7887]. Объективно определить цвет проб достаточно трудно, а когда же определение цвета провести нельзя, то оттенок и интенсивность его описывают словесно. Цветность воды чаще всего определяют фотометрически – путем сравнения проб испытуемой жидкости с растворами, имитирующими цвет природной воды. В соответствии с ГОСТ 3351-74 цветность воды измеряют в градусах цветности [4].

**Реагенты и аппаратура.**  $K_2Cr_2O_7$ ,  $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $H_2SO_4$  (х.ч.), хром-кобальтовая шкала цветности в виде модельных эталонных растворов, модельные растворы флокулянта серии АК-631 (А-930) (ТУ 6-02-00209912-41-94, изготовитель – ФГУП «Саратовский НИИ Полимеров «ООО «Гель-Сервис» г. Саратов); кварцевый песок; фотоколориметр ПЭ-5400в; оборудование лабораторное – нагреватели, встряхиватели, посуда мерная и керамическая, мешалки, секундомер.

Изучение флокуляции предварительно проводится на модельных системах на основе кварцевого песка ( $\rho=2,7$  г/см<sup>3</sup>). Довольно часто с точки зрения предварительной оценки воздействия определяется и размер осаждаемых частиц, чаще всего с использованием метода Геллера. В рамках исследования были определены размеры частиц кварцевого песка, которые равны соответственно 96,45 нм.

**Исследование влияния природы и концентрации (поли) электролита на величину цветности модельного раствора.** В качестве модельной дисперсной системы готовят 0,8%-ную суспензию кварцевого песка ( $\rho=2,7$  г/см<sup>3</sup>) [5, 6]. Для этого в цилиндр вносят необходимые количества вещества, взвешенного на технических весах, и дистиллированной водой доводят до 100 см<sup>3</sup>. Суспензию

разливают в цилиндры на  $250 \text{ см}^3$ , в каждый из которых пипеткой вводят необходимое количество раствора флокулянта  $V_{\phi}$ , рассчитываемого по формуле:

$$V_{\phi} = \frac{C_{\phi} \cdot 250}{0,1 \cdot 100} \text{ (мл)} \quad (1)$$

Затем систему перемешивают в течение 1-1,5 мин осторожно, для равномерного распределения макромолекул флокулянта по всему объему суспензии. После перемешивания система суспензия и флокулянт отстаивается 30 минут для равномерного распределения частиц дисперсной фазы. Через 30 минут производят измерение оптической плотности надосадочной жидкости. В кювету сравнения заливают дистиллированную воду. Измерение оптической плотности проводится на спектрофотометре. Рассчитывают величину цветности раствора. Результаты измерений представлены на рис. 1.

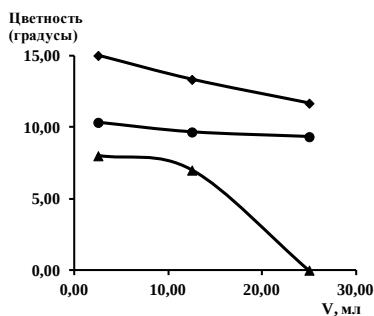


Рис. 1. Графическая зависимость величины цветности раствора в присутствии частиц кварцевого песка от объема введенного флокулянта А-930 (■- 0,1%, ●- 0,5%, ▲-1,0% раствор реагента)

Основываясь на полученных в ходе исследований данных, можно сделать следующий вывод: с увеличением

объема реагента уменьшаются величины цветности, которые прямо пропорциональны величине оптической плотности рассматриваемых растворов. Большое значение играет и размер частиц дисперсной фазы. Это влияет на величину скорости осаждения частиц: с ростом размера частиц дисперсной среды, скорость осаждения численно увеличивается.

Список литературы:

1. Шиян Л.Н. Свойства и химия воды. Водоподготовка / Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2004. – 72 с.
2. Шиян Л.Н. Анализ природных и питьевых вод / Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2008. – 65 с.
3. Стойкова Е.Е., Медянцева Э.П., Евтюгин Г.А. Гидрохимический анализ // Казань. – Казанский (Приволжский) федеральный университет. – 2010. – 49 с.
4. Шачнева Е.Ю. Водоподготовка и химия воды: учебно-методическое пособие. – Спб.: Издательство «Лань», 2016. – 104 с.
5. Проскурина, В. Е. Кинетика седиментации суспензии охры в режиме свободного оседания в присутствии полиакриламидных флокулянтов: методические указания к лабораторной работе / В. Е. Проскурина, В. А. Мягченков. – Казань: Казан гос. технол. ун-т, 2004. – 24 с.
6. Мягченков, В. А. Сополимеры акриламида с функцией флокулянтов: монография / В. А. Мягченков, В. Е. Проскурина. – Казань: КГТУ, 2011. – 296 с.

УДК 631.615 (476)

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ БЕЛАРУСИ**

Н.И. Тановицкая, О.Н. Ратникова

*Институт природопользования НАН Беларуси, г.  
Минск, Республика Беларусь*

Согласно Стратегии сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников и Схеме распределения торфяников по направлениям использования [1] в Республике Беларусь находится 8533 торфяников площадью более 10 га, территория которых составляет 2382 тыс. га. Анализ проведенной инвентаризации показал наличие в Беларуси 284,8 тыс. га торфяных месторождений, выбывших из промышленной эксплуатации, из них 143,3 тыс. га подлежат экологической реабилитации, более 83,8 тыс. га частично или полностью обводнены и находятся в процессе восстановления, остальные 58,5 тыс. га эффективно используются для сельского и лесного хозяйств. Кроме этого выявлено 89,8 тыс. га болот с нарушенным гидрологический режимом, рекомендуемых для экологической реабилитации.

Приоритетной целью реализации Стратегии [1], в разработке которой участвовали авторы, является экологическая реабилитация нарушенных торфяников, дальнейшее эффективное использование которых невозможно. Ожидаемые результаты данной стратегии – сохранение в естественном состоянии 684 тыс. га болот, а

также восстановление не менее 15 % площади (75 тыс. га) нарушенных торфяников.

Существующая до 2000 г. в Республике Беларусь практика предусматривала рекультивацию выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений в основном под сельскохозяйственные земли, для строительства водоёмов и под посадку леса. Однако многие торфяные месторождения по своим природно-генетическим особенностям не пригодны для создания на них сельскохозяйственных и лесных угодий и подлежат повторному заболачиванию. Недостаток нормативной правовой базы до 2009 года сдерживал проведение работ по экологической реабилитации. В связи с этим в рамках проектов международной технической помощи разработаны ТКП 17.12-01-2008 (02120), ТКП 17.12-02-2008 (02120) и ТКП 17.12-08-2015 (33140), а также [2].

*Опыт реализации данных нормативных правовых документов показал, что при планировании мероприятий по экологической реабилитации необходимо соблюдать следующие общие требования:*

- необходимо поднять УГВ равномерно по всей площади восстанавливаемого участка, при этом среднегодовые значения УГВ должны составлять 0–20 см ниже поверхности земли и амплитуда колебаний УГВ – не более 50 см;

- в связи со значительными объёмами воды, проходящими в период весенних паводков, для устойчивости работы земляных обтекаемых плотин рекомендуется строительство управляемого обтекания;

- при строительстве плотин на каналах перепад уровней воды между соседними перемычками должен

составлять около 0,2–0,4 м, что позволит предотвратить размыв плотины (перемычки).

Проведенные исследования в 2014–2017 гг. нарушенных торфяников показали повышение среднегодовых значений УГВ в диапазоне 10–34 см в результате мероприятий по экологической реабилитации.

К настоящему времени восстановлено 26 нарушенных торфяных месторождений и болот с общей площадью свыше 51 тыс. га. Работы по экологической реабилитации выполнялись в рамках проектов ПРООН-ГЭФ, KfW, ПМГ-ГЭФ и других с участием институтов НАН Беларуси (НПЦ по биоресурсам, Института природопользования) ОО АПБ, проектных и районных строительных организаций [3].

#### Список литературы:

1. Стратегия сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников, Схема распределения торфяников по направлениям использования, утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.12.2015 № 1111.

2. Методические рекомендации по экологической реабилитации нарушенных болот и по предотвращению нарушений гидрологического режима болотных экосистем при осушительных работах / А.В. Козулин, Н.И. Тановицкая, И. Н. Вершицкая. – Мн., 2010. – 40 с.

3. Козулин, А.В. Болота Беларуси / А.В. Козулин, Н.И. Тановицкая, Н.Н. Бамбалов. – Минск, 2017. –105 с.

УДК 631.615 (476)

**АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТОКОФЕРОЛОВ В  
ТОРФЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И  
ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ БОЛОТНЫХ  
ЭКОСИСТЕМ БЕЛАРУСИ**

Н.В. Козел\*, В.А. Ракович\*, О.В.

Серебренникова\*\*, Е.Б. Стрельникова\*\*, Н.Г. Аверина\*\*\*

*Институт биофизики и клеточной инженерии НАН  
Беларуси\*,*

*Институт природопользования НАН Беларуси\*\*, .  
Минск, Беларусь; Институт химии нефти СО РАН\*\*\*, г.  
Томск, Россия*

Процессы связывания углерода и регенерации кислорода существенным образом зависят от состояния болотных экосистем. Болота играют также важную роль в сохранении биоразнообразия и обеспечении водного баланса. Однако активное использование болот в традиционном природопользовании влечет за собой истощение ресурсов болотных экосистем. В Беларуси в последнее время отмечена тенденция на восстановление нарушенных болотных экосистем. Мероприятия, проводимые в этом направлении, поддерживаются как на государственном уровне, так и некоторыми негосударственными европейскими экологическими организациями. В этой связи актуальным является поиск новых информативных индикаторов восстановления болотных экосистем. Целью нашего исследования стало выявление особенностей количественного и качественного



состава метилированных фенолов растительного происхождения – токоферолов, в торфе естественных и восстанавливаемых болотных экосистем Беларуси с целью возможного использования этих соединений в качестве химических индикаторов интенсивности процессов торфообразования и степени восстановления исследуемых экосистем.

Был проведен анализ содержания метилированных фенолов – токоферолов ( $\delta$ -токоферола,  $\beta$ -токоферола,  $\gamma$ -токоферола,  $\alpha$ -токоферола и ацетата  $\alpha$ -токоферола) в верховом и низинном торфе естественной и восстанавливаемой экосистем. Анализ показал, что в верховом торфе как травяной, так и моховой групп содержание всех типов токоферолов в образцах месторождений восстанавливаемой экосистемы оказывалось более высоким по сравнению с их содержанием в образцах торфа естественной экосистемы. Так, содержание  $\beta$ -токоферола,  $\gamma$ -токоферола и  $\delta$ -токоферола в образцах торфа восстанавливаемой экосистемы травяной группы в 1,5; 1,5 и в 1,3 раза превышало их количества, обнаруженные в образцах из естественных месторождений. Аналогичная картина наблюдалась и в образцах торфа моховой группы. Содержание  $\alpha$ -токоферола,  $\beta$ -токоферола,  $\gamma$ -токоферола и  $\delta$ -токоферола в образцах торфа восстанавливаемой экосистемы моховой группы (торф фускум) в 4,5; 4,5; 3,5 и в 2,8 раза превышало их количества, обнаруженные в образцах из естественных месторождений.

Анализ содержания токоферолов в образцах торфа низинного типа естественной и восстанавливаемой части

болотных экосистем древесной и травяной групп показал, что для древесной группы характерно снижение количества всех токоферолов, за исключением  $\beta$ -токоферола, при восстановлении экосистемы, а для травяной группы выявлено разнонаправленное изменение в количественном составе токоферолов в зависимости от состояния экосистемы – количество  $\delta$ - и  $\alpha$ -токоферолов снижалось в ходе восстановительных процессов в 1,3 и 1,2 раза соответственно, а количество  $\gamma$ -токоферола и ацетата  $\alpha$ -токоферола, напротив, было в 2 и 1,8 раза больше в образцах торфа восстановленной экосистемы по сравнению с естественной.

Таким образом, установлена зависимость количества токоферолов в образцах торфа верхового типа от состояния экосистемы – выявлено увеличение содержания всех идентифицированных нами токоферолов в образцах торфа восстанавливаемых болотных экосистем по сравнению с естественными, что указывает на возможность использования этих соединений в качестве индикатора наличия и интенсивности процессов торфообразования при повторном заболачивании соответствующих экосистем. Для торфа низинного типа определенной зависимости содержания токоферолов от состояния экосистемы не выявлено. Возможно, она будет найдена в ходе дальнейших исследований.

УДК 546.6:579.222.2

## **ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ЗОЛЫ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ**

А.И. Фоменко, Л.И. Соколов

*Череповецкий государственный университет,  
г. Череповец, Россия*

Одной из глобальных проблем современной цивилизации является образование и накопление на свалках и накопителях отходов, в объемах значительно превышающих их переработку, обезвреживание и утилизацию. К наиболее негативным последствиям для окружающей природной среды является утилизация складированием твердых коммунальных отходов (ТКО). В настоящее время перспективными с точки зрения экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения являются технологии термической переработки и обезвреживания ТКО. Однако, обезвреживание ТКО сжиганием на мусоросжигательных заводах (МСЗ) сопровождается образованием неперерабатываемых остатков в виде зол и шлаков, подлежащих захоронению. В отечественной научной и специальной литературе приоритетным направлением является использование золошлаковых отходов МСЗ в составе сырьевой шихты для получения строительных изделий или материалов. Тем не менее, по данным анализа химического состава летучей золы МСЗ установлено высокое содержание растворимых в воде примесей соединений тяжелых металлов, что ограничивает ее использование в таком качестве в производстве строительного материала.

Предметом настоящего исследования являлось экспериментальное обоснование возможности

использования золы термической переработки ТКО в качестве сырьевого ресурса для извлечения редкоземельных элементов. В эксперименте использованы пробы золы термической переработки ТКО МСЗ г. Череповца. Отбор проб золы был проведен с тканевых фильтров системы газоочистки мусоросжигательной установки фирмы Bandi Environmental Technology. Очистка дымовых газов основана на сухом методе с использованием вдувания твердых химреагентов и адсорбентов, в качестве которых используется смесь извести и активированных углей. Собираемая в системе газоочистки зола представляет собой смесь продуктов взаимодействия компонентов дымовых газов с впрыскиваемыми в поток химреагентами и остаточные сорбенты (известь и активированный уголь). Образующаяся смесь зольных остатков улавливается в тканевом фильтре и периодически сбрасывается с его поверхности сжатым воздухом в накопитель, из которого извлекается и удаляется.

Исследования состава взятых в эксперимент образцов золы проведены по нормативным методикам и в соответствии с методическими рекомендациями, утвержденными для определения компонентного состава такого вида сырья по ГОСТ 54229-2010. Перед проведением анализов пробы золы подверглись сушке в сушильном шкафу при температуре  $100 \pm 5$  °С до воздушно-сухого состояния и последующему квартованию с получением средней пробы методом усреднения.

В составе исследованных образцов золы преобладают частицы класса крупности  $< 0,25$  мм: размером 0,08-0,25 мм (39,30 мас.%) и  $< 0,08$  мм (30,27 мас.%). Содержание крупнозернистых включений размером более 0,5 мм (23,20 мас.%), доля частиц размером 0,25-0,5 мм определялась в пределах 7,23 мас.%.

Химический состав исследованных образцов золы представлен, в основном, оксидами кальция (32,57 мас.%), кремния (11,82 мас.%), железа (3,95 мас.%), магния (3,75 мас.%) и алюминия (3,60 мас.%). Содержание щелочных оксидов  $R_2O$  ( $K_2O + Na_2O$ ) в сумме составляет 3,66 мас.%. Потери при прокаливании составили 23,49 мас.%. Кроме основных золообразующих оксидов, в минеральном остатке от сжигания ТБО содержатся оксиды редкоземельных элементов (РЗЭ) в количестве ( $\Sigma$ РЗЭ 0,05 мас.%), соизмеримом с их содержанием в образцах природного редкоземельного сырья для их извлечения, что представляет потенциальную ценность.

В этой связи вовлечение в переработку золных остатков МСЗ становится весьма актуальной задачей с точки зрения рационального использования редкометального сырья, поскольку они не имеют собственных месторождений. Значительным резервом расширения их минерально-сырьевой базы является вовлечение в переработку техногенного сырья.

Публикаций, отражающих возможность извлечения и концентрирования РЗЭ из золы МСЗ, по данным анализа патентной и научной литературы не выявлено. С учетом этого положения проведена экспериментальная проверка рекомендуемых технологий извлечения редкоземельных металлов из различных отходов, которые используются в качестве сырьевых ресурсов для извлечения РЗЭ в промышленных масштабах. Наиболее близкими по составу к золе МСЗ из используемых в промышленном масштабе сырьевых материалов для извлечения РЗМ являются золы от сжигания твердого топлива, в частности золы теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Для извлечения РЗЭ из золошлаковых отходов ТЭЦ используют экстракционные технологии с применением в качестве экстрагента серной, хлороводородной, азотной кислоты, а также гидроксида

натрия. Все данные методики были апробированы в лабораторных условиях применительно к исследуемым образцам золы МСЗ.

Кислотное выщелачивание с использованием в качестве эксрагента хлороводородной кислоты проводили в температурном режиме 40-50 °С и при кипении раствора. Исходную концентрацию раствора HCl принимали равной 3М и 6М, соотношение фаз Т:Ж исследовано в пределах 1:5 - 1:50, продолжительность процесса в диапазоне 30-60 мин. При обработке золы серной кислотой процесс извлечения проводили 2М раствором кислоты при температуре 85 °С, соотношении фаз Т:Ж в диапазоне 1:5 - 1:50, в течение 120 мин. При испытаниях экстракции азотной кислотой использовали раствор 3М концентрации, температуру поддерживали в пределах 80-90 °С, соотношении фаз Т:Ж в диапазоне 1:5 - 1:50, продолжительность процесса 60 мин.

Щелочное извлечение РЗЭ осуществляли растворами гидроксидов натрия и калия. Обработка проводилась 2М растворами при соотношении фаз Т:Ж 1:50 продолжительности обработки в течение 60 мин и 180 мин.

Оптимальные условия опыта и результаты эксперимента по извлечению РЗЭ из зольных остатков МСЗ обобщены в таблице 1. Степень концентрирования РЗЭ  $\alpha$ , отн. ед., рассчитана по формуле

$$\alpha = \frac{m_{\text{РЗЭэк}} / m}{m_{\Sigma \text{РЗЭисх}}},$$

где  $m_{\text{РЗЭэк}}$  – масса РЗЭ в пробе, подвергшейся концентрированию, г;  $m$  – масса навески, подвергшейся концентрированию, г;  $m_{\Sigma \text{РЗЭисх}}$  – масса РЗЭ в 1 г исходной пробы, г.

Таблица 1

Условия опыта и результаты эксперимента по извлечению РЗЭ из золы МСЗ

| Условия опыта                  |                                                      |                 |                 |                      | Определяемый показатель           |                                                  |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|
| наименование реагента          | молярная концентрация реагента, моль/дм <sup>3</sup> | соотношение Т:Ж | температура, °С | время обработки, мин | содержание РЗЭ в растворе, мас. % | степень концентрирования РЗЭ $\alpha$ , отн. ед. |
| HCl                            | 6                                                    | 1:50            | 100             | 30                   | 0,071                             | 1,52                                             |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 2                                                    | 1:50            | 85              | 120                  | 0,007                             | 0,16                                             |
| HNO <sub>3</sub>               | 3                                                    | 1:50            | 45              | 60                   | 0,017                             | 0,37                                             |
| NaOH                           | 2                                                    | 1:50            | 85              | 60                   | 0,490                             | 10,43                                            |
| NaOH                           | 2                                                    | 1:50            | 85              | 180                  | 0,485                             | 10,33                                            |
| KOH                            | 2                                                    | 1:50            | 85              | 60                   | 0,479                             | 10,27                                            |
| KOH                            | 2                                                    | 1:50            | 85              | 180                  | 0,514                             | 10,94                                            |

В эксперименте установлено, что для извлечения РЗМ из золы МСЗ эффективной является гидрощелочная технология. В этих условиях показано более чем десятикратное увеличение концентрации РЗЭ, что определяет данный процесс как перспективный в промышленных масштабах. Кислотная обработка немагнитной фракции зольного остатка в исследованном режиме не позволяет получить высокие показатели. Однако, как гидрощелочной способ переработки золы, так и кислотный приводят к образованию неразложившегося остатка золы, который рекомендуется использовать после соответствующей подготовки в производстве строительных материалов, обеспечивая тем самым комплексное использование золы установки термической переработки ТБО. Полученный в условиях эксперимента неразложившийся остаток золы был испытан в качестве минеральной добавки в составе сырьевой шихты при изготовлении керамического черепка и керамического гравия. Изготовленные с использованием такого вида сырья образцы керамических изделий соответствовали требованиям стандарта по физико-механическим характеристикам. Выщелачивания подвижных форм тяжелых металлов в водных вытяжках в условиях эксперимента не установлено.

*Результаты исследования получены в рамках выполнения государственного задания (Задание № 11.9503.2017/8.9).*



УДК: 502.12 (574)

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВЫ НА МЕСТАХ ПАДЕНИЯ  
ФРАГМЕНТОВ ОТРАБОТАВШИХ ЧАСТЕЙ МБР РС-  
18 В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ (РП 213)**

Ж. Жубатов, Е.Ю. Степанова  
РГП «НИЦ «Ғарьш-Экология»,  
г. Алматы, Казахстан  
*infracos-kaz@mail.ru; s.ell@mail.ru*

С целью выявления признаков негативного техногенного воздействия в районе падения первой ступени МБР РС-18 в Северном Казахстане (Павлодарская область), на основе экосистемной методологии выполнена оценка экологической устойчивости почвенного покрова, по критериям его химической, механической и биологической трансформации. Детальный анализ химического состава почв, физических свойств, состава почвенной микрофлоры, интенсивности дыхания почвы, - не обнаружил техногенных аномалий. Тем не менее, при оценке экологического риска в районах падения рекомендовано учитывать выявленную чувствительность чернозёмов и солонцов к внешним воздействиям, обусловленную их физико-химическими и морфологическими свойствами.

Ключевые слова: космическая деятельность, экологическая устойчивость, почва, ракета-носитель, район падения, гептил, риск.

*Введение.* На участках казахстанской территории, подвергаемых многолетней эксплуатации космодромом

«Байконур» в качестве районов падения отделяющихся частей ракет-носителей (РП ОЧ РН), почва принимает основную долю техногенной нагрузки в виде проливов токсичных компонентов ракетного топлива (КРТ), в том числе гептила (несимметричный диметилгидразин (НДМГ), вещество 1-го класса опасности); а также механической и пирогенной деформации почвенных горизонтов, нарушения сбалансированного развития почвенных биоценозов. Существующий риск негативных последствий от падений отработавших деталей РН вызывает необходимость регулярных комплексных исследований экологического состояния РП, с учетом региональной специфики природных условий и антропогенной нагрузки [1, 2].

*Объекты и методы исследования.* В рамках республиканской бюджетной программы «Прикладные научные исследования в области космической деятельности», в 2016 г. выполнена оценка экологической устойчивости района падения первых ступеней межконтинентальной баллистической ракеты космического назначения МБР РС-18 (РП 213 в Павлодарской области, в Северном Казахстане). По официальным данным на территории РП площадью 443 км<sup>2</sup> за 9 лет эксплуатации (с 2003 по 2011 гг.) произошло четыре падения первых ступеней, в двигательных установках которых используется гептил, и одно падение головного обтекателя МБР РС-18 (без КРТ).

В качестве инструмента суммарной балльной оценки, складывающейся из частных оценок отдельных факторов и базирующейся на экосистемной методологии, используется созданная в РГП «НИЦ «Гарыш-Экология» Система

критериев экологической устойчивости (СКЭУ, 2008), отражающая в комплексе факторы, способные нарушить равновесное состояние природных и природно-технических систем – антропогенные (в том числе РКД) и абиотические (в том числе морфогенетические и физико-химические свойства почвенного покрова). Для оценки по 4-х балльной шкале привлекаются экспертные заключения, представленные в официальных научных источниках, а также нормативная документация в области охраны окружающей среды, действующая на территории РК [3, 4].

*Результаты исследования.* Геохимическая устойчивость лугово-черноземных солончаковатых почв и черноземов южных солонцевато-солончаковатых в РП 213 с переменным окислительно-восстановительным режимом и щелочной средой (рН 6,8), в которой НДМГ длительно сохраняется в гумусовом и глеевом горизонтах, - отнесена к среднему уровню устойчивости (2 балла).

В почвенном покрове РП 213 не выявлены НДМГ и продукты его химической трансформации (нитрозодиметиламин, тетраметилтетразен, диметилформамид, метилтриазол), а также нитрит-ионы. Содержание нитрат-иона в солонцах степных солончаковатых с лугово - черноземными солонцеватыми почвами на местах падения ОЧ РН (в среднем 45 мг/кг) вполнину ниже среднего показателя для почв на соленых озерах РП 213 (82 мг/кг). Таким образом, химическое загрязнение КРТ исследованной территории РП оценивается в 4 балла (высокая устойчивость).

На местах падения ОЧ РН в РП не отмечены различия в почвенной структуре, не установлена нарушенность

целостности почвенного профиля, выраженная в сокращении плодородного слоя почвы – 4 балла (высокая устойчивость).

Микрофлора почвы практически не нарушена. Тем не менее, с учетом тяжелого суглинистого и глинистого механического состава почв, затрудняющих жизнедеятельность азотфиксирующих микробов, критерий «биологическая трансформация почв» оценивается на умеренном уровне устойчивости (3 балла).

*Обсуждение результатов.* При отсутствии химического загрязнения почвы КРТ, ненарушенности физических и химических свойств, но с учетом природных свойств почв, затрудняющих химическую трансформацию КРТ и процессы естественного гумусообразования, суммарная оценка устойчивости почвенного покрова РП 213, сделанная по критериям химической, физической и биологической трансформации почв, включая 17 показателей, соответствует переходному уровню от умеренной к высокой экологической устойчивости (3,3 балла).

Установлена высокая вариабельность показателей состояния почв РП 213 (концентрации нитрат-ионов, металлов, рН-среда, емкость поглощения, обменный натрий, содержание подвижных элементов питания и гумуса), почвенной микрофлоры (число азотфиксирующих микробов, актиномицетов, споровых бактерий, интенсивность дыхания почвы). Это указывает на гибкость экосистемы РП 213, ее относительную (резистентную, или инерционную) и потенциальную устойчивость к негативным внешним воздействиям, в том числе и к РКД.

С другой стороны, повышенная изменчивость характеристик состояния почвы в РП 213 является признаком

потенциальной восприимчивости к падениям первой ступени МБР РС-18 с гептильным ракетным горючим. Этот вывод рекомендуется учитывать в дальнейшем, при планировании техногенных нагрузок на исследованную территорию РП.

*Выводы.* Результаты научного исследования, проведенного на казахстанской территории РП 213, дает основание для планирования аналогичных исследований РП в Центральном Казахстане, на местах падения с наиболее выраженными техногенными последствиями. Материал о текущем состоянии почв в РП 213 предназначен для оформления в дальнейшем экологического паспорта РП 213.

#### Список литературы:

1 Экологическая безопасность деятельности космодрома «Байконур» / под ред. д.т.н., академика МАНЭБ Ж. Жубатова. – Алматы, 2011. – 430 с.

2 Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую природную среду: справочное пособие / под ред. В.В. Адушкина, С.И. Козлова, А.В. Петрова. – М: Анкил, 2000. – 640 с.

3 Система критериев экологической устойчивости территории Республики Казахстан к воздействию ракетно-космической деятельности / под ред. Ж. Жубатова. – Алматы, 2008. – 143 с.

4 Жубатов Ж., Кенесов Б.Н., Товасаров А.Д., Козловский В.А., Батырбекова С.Е. Система экологического нормирования ракетно-космической деятельности космодрома Байконур / под ред. д.т.н., академика НАН РК, проф. М.К. Наурызбаева. – Алматы, 2017. – 146 с.

УДК 631.615 (476)

## **НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФА И БУРОГО УГЛЯ**

И.И. Лиштван

*Институт природопользования НАН Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь*

В Республике Беларусь - Национальной академии наук и других организациях имеются большие научные и прикладные разработки по глубокой комплексной переработке торфа с получением большого количества продуктов и материалов с высокой добавленной стоимостью для промышленного, сельскохозяйственного и природоохранного использования.

В качестве базового варианта такой переработки торфа предлагается схема, включающая следующие основные блоки по видам выпускаемой продукции:

- активированные углеродные адсорбенты (активные угли) из торфа;
- гуминовые препараты широкого спектра действия;
- комплексные гранулированные удобрения;
- кипованный верховой торф, торфяные грунты и субстраты;
- сорбционные материалы на основе торфа.

Разработана Схема глубокой комплексной переработки торфа на горно-химическом комбинате. Сырьевой базой является торфяное месторождение "Туршовка-Чертово" Крупского района. Разведанные здесь балансовые запасы торфа на площади около 200 га

составляют около 3,5 млн. т, что достаточно на период выхода нового комбината на проектную мощность в течение 4-6 лет.

Для расширения сырьевой базы перспективна северная часть этого месторождения. Площадь промышленной залежи на перспективном северном участке составляет 1506,0 га, а балансовые запасы торфа 8,2 млн. т.

Для обеспечения комбината торфяным сырьем на ближайшие 15-20 лет выбран первоочередной участок площадью 303 га. На основании материалов прежних изысканий прогнозные запасы торфа оцениваются в 2,1 млн. т (при средней мощности около 6 м), в том числе запасы для производства активных углей 0,5 млн. т.

Для расширения сырьевой базы на дальнюю перспективу предусматривается разработка торфяного месторождения "Славное", которое расположено на расстоянии 25 км от места расположения предполагаемого комбината. Запасы торфяного сырья на данном месторождении составляют более 10 млн. т, что достаточно для работы комбината на протяжении 90 лет.

С целью научно-технического обоснования целесообразности строительства горно-химического комбината по глубокой комплексной переработке торфа в 2015 г. выполнен проект "Провести научно-исследовательские работы по определению возможности получения в опытно-промышленных масштабах продуктов глубокой переработки торфа из торфяного сырья месторождения "Туршовка-Чертово" с разработкой научно-технического обоснования целесообразности строительства горно- химического комбината по глубокой комплексной переработке торфа".

Следует отметить, что на основе торфа могут производиться все типы активированных углей: газовые и рекуперационные, предназначенные для очистки жидких и газовых сред (питьевые и сточные воды, соки, алкогольные и безалкогольные напитки, медицинские и фармацевтические препараты). Здесь же приведены ориентировочные потребности отраслей народного хозяйства Республики Беларусь в активированных углях.

Учитывая характеристики активных углей из торфа, основными их потребителями будут предприятия жилищно-коммунального хозяйства (очистка питьевых и сточных вод), пищевая промышленность, энергетика

Важной областью применения активных углей должна стать система очистки выбросов атомной станции.

Применение регуляторов роста растений на основе торфа для обработки семенного и посадочного материала, полива и опрыскивания вегетирующих растений в количестве 2-3 кг на га обеспечивает повышение урожайности на 10-30%, улучшения качества получаемой продукции по содержанию белка, витаминов, Сахаров. Препараты также способствуют повышению устойчивости растений к болезням и неблагоприятным условиям среды.

Гуминовые препараты применяются также как биологически активные добавки к минеральным удобрениям, позволяющие повысить эффективность их использования и снизить дозу внесения на 20-25%. Для снижения дефицита отечественных жидких гуминовых удобрений с микроэлементами для некорневой подкормки сельскохозяйственных растений, инкрустации семян и добавки в минеральные макроудобрения планируется организация производства хелатных форм меди, цинка, бора и марганца таких удобрений. При условии



удовлетворения даже 30%-ой потребности сельскохозяйственных предприятий Беларуси в микроудобрениях необходимо ежегодно поставлять им свыше 1,6 млн. литров жидких гуминовых удобрений с микроэлементами. Большой интерес к гуминовым продуктам проявляется в Арабских странах.

Созданием производства по выпуску комплексных гранулированных удобрений с прологнированным эффектом действия на основе торфа предполагается удовлетворить часть потребности в них (около 250 тыс. тонн) для агротехнологий, включая возделывание овощных культур и картофеля на легких почвах. Удобрения медленнее растворяются, практически не вымываются из почвы, обеспечивают растения питательными элементами в течение всего вегетационного периода с коэффициентом усвоения полезных веществ на 30% и более стандартных видов.

Одним из направлений использования верхней части залежи малоразложившегося торфа планируется направить его на переработку с целью получения грунтов и высокоэффективных сорбционных материалов для ликвидации аварийных разливов нефти на воде и почве, которые по своим эксплуатационным характеристикам не уступают западным аналогам (стоимость подобного рода препаратов на мировом рынке по разным оценкам колеблется в пределах от 1500 до 3000 долл. США/т). Предполагается, что по себестоимости отечественной нефтепоглощающий материал будет значительно дешевле (ориентировочно 470-600 долл. США/т) импортных и синтетических сорбентов и будет лишен проблем, связанных с утилизацией отработанного материала.

Потребность подобного класса сорбционных материалов на местном рынке может составлять от 1500 до 2000 т/год.

Разработаны и прошли производственные испытания высокоэффективные композиционные препараты на основе гранулированного торфа с антисептическими свойствами, предназначенные для создания и поддержания необходимого микроклимата в помещениях для содержания сельскохозяйственных животных и птицы. Применение разработанных материалов, благодаря нормализации микроклимата в птичнике, обеспечивает повышение сохранности поголовья, снижение заболеваемости животных, увеличение их продуктивности, что приводит к увеличению среднесуточных привесов на 2,2%; сохранность поголовья на 0,4%, снижение затрат кормов на 1 кг прироста живой массы на 1 23% получение чистой прибыли в среднем 3500 долл. США в расчете на 25000 голов.

Таким образом, комплексные исследования торфа т/м «Туршовка- Чертово» показали, что он является полноценным сырьем для термической и химической переработки с получением активированных углей различного назначения, гранулированных органо-минеральных удобрений, регуляторов роста растений, консервантов кормов и других востребованных новых продуктов.

С использованием сформированной базы экспериментальных данных с помощью разработанной программы получены пространственные распределения общетехнических показателей торфа перспективного участка торфяного месторождения «Туршовка-Чертово», такие как, степень разложения, зольность, влажность,

теплота сгорания и выход коксозольного остатка, а также распределение отдельных органических компонентов торфа - битумов, гуминовых веществ и гидролизующихся веществ (полисахаридов).

В дальнейшем, используя сформированную базу данных по общетехническим и технологическим показателям, с помощью разработанной программы Geotechbaza можно будет давать дифференцированную оценку объемов торфяного сырья в определенных диапазонах общетехнических и технологических показателей, а также оптимизировать технологические карты добычи торфа участка торфяного месторождения «Туршовка-Чертово».

Выполнены работы по маркетинговой и экономической оценке целесообразности строительства комбината по переработке торфа из торфяного сырья м/р «Туршовка-Чертово». Материалы выполнены и представлены в форме бизнес-плана инвестиционного проекта. Бизнес-план отражает планируемый ассортимент выпускаемой продукции на основе торфа: активированный уголь, адсорбенты, комплексные гранулированные органоминеральные удобрения, гуминовые препараты и консерванты силосуемых кормов. В нем приведены материалы по строительным решениям промышленной зоны и полям добычи торфа, по обустройству железнодорожных и подъездных коммуникаций, а также инженерных сетей.

Приводится анализ рынка по Беларуси, России, Польше, Латвии, Литве, а также по мировым потребителям намечаемой к выпуску на комбинате целевой продукции. Изучена насыщенность рынка конкурентами и приводятся

цены на аналогичные продукты у импортеров различных стран.

В бизнес-плане рассчитаны необходимые объемы инвестиционных затрат на реализацию проекта по строительству горно-химического комбината, которые составляют 596,5 млрд. руб. Рассчитаны и приведены сводные финансовые показатели результатов реализации проекта. Имеется также инвестиционный план, который свидетельствует, что проект финансово вполне реализуем с окупаемостью затрат за 6,9 года.

Мощность комбината (годовой объем производства) по видам продукции и объемы необходимого торфяного сырья составляет по активированным углям 1000 т, комплексным гранулированным удобрениям 50 тыс. т, гуминовым препаратам - 1000 т, сорбентам порошкообразным на основе торфа также 1000 т, сорбентам гранулированным - 5000 т, торфа кипованного - 10000 т. Для выпуска этого объема новой продукции ежегодно потребуется 12000 т кускового торфа и 46550 т фрезерного торфа.

Таким образом, согласно бизнес-плану, инвестиционные затраты на его реализацию (с НДС) составят 596,5 млрд. рублей (31,1 млн. евро). В том числе капитальные затраты составят 437,8 млрд. рублей, а прирост чистого оборотного капитала - 71,0 млрд. рублей, чистый доход (прибыль + амортизация) будет составлять 205,1 млрд. рублей, окупаемость проекта составит 4,5 года, что соответствует критериям эффективности.

УДК 543.544-414 (476)

**ГУМИНОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ ТОРФА КАК  
СОРБЕНТЫ ИОНОВ ПОЛИВАЛЕНТНЫХ  
МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Ю.Г. Янута, А.М. Абрамец

*Институт природопользования НАН Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Склонность к ассоциации и, наоборот, к растворению зависит от функционального состава и молекулярной структуры ГВ. В составе ГВ преобладают кислородсодержащие функциональные группы, прежде всего, карбоксильные. Чем больше содержание данных функциональных групп в структуре соединения, тем выше его сродство к полярному растворителю, а следовательно, и растворимость. Наличие неполярных фрагментов повышает гидрофобность соединения, тем самым уменьшает его растворимость. В результате соединения гидрофильной природы при растворении образуют истинный раствор, а гидрофобные – образуют в воде полукolloидно-высокомолекулярные системы. Налицо молекулярно-дисперсное равновесие: истинный раствор ↔ золь ↔ гель ↔ коллоидно-ассоциатное состояние. Именно, исходя из этих свойств, фракции ГВ имеют разную молекулярно-ассоциатную структуру. Поэтому фракционирование ГВ торфа выполнено по их растворимости в воде в зависимости от pH среды, т. е. по способности растворения ГВ в определенном диапазоне pH.

Колебание состава элементов в структуре молекул ГВ, выделенных из различных видов гуминового сырья, весьма существенны, даже с учетом фактора полифункциональности ГВ в их составе.

Методом дифференциального потенциометрического титрования определено содержание функциональных групп, способных участвовать в обменном процессе. Ионную силу раствора поддерживали 0,2 н раствором NaCl. По кривым потенциометрического титрования для исследуемого раствора ГВ и раствора сравнения определяли степень диссоциации соединений. На основании данных потенциометрического титрования, по уравнению Гендерсона-Гессельбаха рассчитаны константы диссоциации функциональных групп фракций ГВ.

Установлено, что фракции ГВ, растворимые при более высоких рН среды, содержат больше С, Н, N, а ГВ, выделенные при низких значениях рН, содержат больше О. Рост степени диссоциации фракций ГВ с увеличением рН раствора обусловлено переходом ГВ из коллоидно-ассоциатного состояния в истинный раствор, что увеличивает способность функциональных групп ГВ к процессу ионообмена и повышает реакционную способность фрагментов ГВ. Показано, что содержание диссоциированных функциональных групп во фракциях коррелирует с содержанием кислорода в составе ГВ.

Значение емкости обмена максимально для фракции выделенной в кислой среде и минимально для фракции выделенной в диапазоне рН 10-12, которая содержит минимальное количество кислорода (кислородсодержащих функциональных групп).

Показано, что статическая обменная емкость (COE) для фракций ГВ по отношению к ионам  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Ni}^{2+}$  при рН среды  $\leq 4$  находится в прямой зависимости от содержания карбоксильных групп в ГВ при отсутствии условий образования гидроокисей ионов данных поливалентных металлов. При этих условиях значения COE для ионов  $\text{Cu}^{2+}$

и  $\text{Ni}^{2+}$  практически идентичны, как катионов, имеющих примерно равные значения ионного потенциала.

Таким образом, представленные результаты исследований физико-химических и коллоидно-химических свойств ГВ свидетельствуют об уникальных свойствах данного класса природных соединений и, прежде всего, в области применения их для решения задач охраны окружающей среды, сельского хозяйства. Высокая емкость обмена ГВ открывает широкие возможности для производства на их основе ионообменных сорбционных материалов предназначенных для очистки сточных и технологических вод от ионов тяжелых металлов.

Экспериментально показано, что прочность связи комплексов Ме-ГВ определяется преимущественно механизмом взаимодействия иона ТМ с функциональными группами ГВ. Термическая устойчивость МГВ находится в прямой зависимости от содержания в них свободных центров сорбции (прежде всего  $\text{COOH}$ -групп), которые располагаются в ряд  $\text{H-ГВ} > \text{Co-ГВ} > \text{Ni-ГВ} > \text{Cr-ГВ} > \text{Cu-ГВ}$ .

В прикладном аспекте, полученные данные позволяют направленно подходить к обоснованию регламента технологических процессов, как для производства сорбционных материалов на основе ГВ, так и для очистки сточных вод промпредприятий от ионов ТМ с использованием ГВ и сорбентов на их основе, а также новых приемов их применения в качестве геохимических барьеров, блокирующих миграционный перенос ТМ с грунтовыми водами в сопредельные среды, например, вокруг мест складирования промышленных и бытовых отходов, содержащих ТМ.

УДК 504.06 (517)

## **ПЕРЕРАБОТКА НЕКОНДИЦИОННЫХ УГЛЕЙ МОНГОЛИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РЕГИОНА**

С.А. Семенова\*, Б. Авид\*\*

*\*Институт угля Федерального исследовательского  
центра угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия*

*\*\*Институт химии и химической технологии МАН,  
Улан-Батор, Монголия*

Интенсивное развитие горнодобывающей промышленности Монголии способствовало не только увеличению экспорта полезных ископаемых и зарубежных инвестиций в экономику страны, резкому росту населения городов и образованию новых поселений, но и существенному обострению экологических проблем [1]. Основные из них касаются, во-первых, ухудшения качества питьевой воды, снижения уровня поверхностных вод (обмеления русел рек и колодцев) и в целом истощения водных ресурсов. В значительной мере это связано с огромными объемами разработки угольных месторождений при практически полном отсутствии рекультивации земель. Поэтому к стимулированию роста добычи, переработки и потребления угля необходимо подходить с учетом требований экологической, производственной безопасности и рационального природопользования. Последний фактор предполагает, что добываемые природные ресурсы должны использоваться достаточно полно и многократно, а отходы перерабатываться и повторно вовлекаться в производство.



Одним из решений снижения экологических проблем региона может быть внедрение сорбционных технологий очистки сточных вод промышленных, энергетических предприятий и коммунального сектора. При этом получение эффективных сорбентов возможно на основе местного некондиционного или низкосортного бурогоугольного или каменноугольного сырья. В первую очередь, интерес представляют естественно окисленные угли вскрышных пластов. В Монголии они практически не перерабатываются, складываются в отвалы и являются источником пыли-, газообразования, а также возгорания породных масс.

В данной работе показана возможность получения пористых углеродных материалов (ПУМ) методом щелочной активации на основе естественноокисленного угля месторождения Западной Монголии и исследованы их характеристики.

ПУМ получали методом щелочной активации угольной пробы, описанном в работе [2]. ИК-спектры регистрировали на спектрометре *IR Prestige-21* фирмы «*Shimadzu*». Характеристики удельной поверхности и пористой структуры ПУМ получали из анализа изотерм адсорбции-десорбции азота при  $-195,97^{\circ}\text{C}$  ( $77,4\text{ K}$ ), измеренных на объёмной вакуумной статической установке *ASAP-2020*, *Micromeritics*. Структурно-морфологические измерения с локальным химическим микроанализом проводили на просвечивающем электронном микроскопе *JEM-2100*, фирмы «*JEOL*» с энергодисперсионным рентгеновским спектрометром *INCA-250*, «*Oxford Instruments*».

Образец угля отобран в Убсунурском аймаке в западной части Монголии, которая относится к Хархирайскому угольному бассейну. Месторождение представлено низкометаморфизованными каменными углями, сосредоточенными в одном пласте мощностью 80-85 м слоями толщиной 0,5-1,5 м. Разведанные запасы месторождения составляют около 20 млн. т. [1].

Образец угля монгольского месторождения - прекурсор для получения ПУМ, является среднезольным (23,8 %), малосернистым (1,6 %) горючим ископаемым I-II стадии метаморфизма; технологическая марка по ГОСТ 25543-88 – Г, 1ГВ (газовый витринитовый). По содержанию углерода (75,4 %) и водорода (4,0 %), атомным отношениям Н/С (0,64) и О/С (0,20), выходу летучих веществ  $V^{daf}$  (31,6 %) и качеству королька (порошкообразный) можно судить, что анализируемая угольная проба относится к низкометаморфизованному гумусовому углю окисленного типа I стадии [3].

Химический состав углеродного материала, полученного на основе монгольского угля, приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав ПУМ из угля месторождения  
Западной Монголии

| Элементный состав,<br>% на $daf$ |     |       | Функциональный<br>состав, мг-экв/г |      |      | Кислород в<br>группах, % |                    | Сорбция<br>по йоду,<br>% |
|----------------------------------|-----|-------|------------------------------------|------|------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| С                                | Н   | O+N+S | COO<br>H                           | ОН   | СО   | O <sub>акт</sub>         | O <sub>неакт</sub> |                          |
| 90.5                             | 1.2 | 8.3   | -                                  | 0.72 | 5.25 | 5.35                     | 2.95               | 112                      |

Согласно результатам элементного и химического функционального анализов, исследуемый ПУМ характеризуется высоким содержанием углерода (90.5 %) и низкими содержаниями водорода (1.2 %) и гетероатомов кислорода, азота и серы (8.3 %). Около 65 % кислорода в структуре ПУМ находится в карбонильной форме, остальная его часть, вероятно, приходится на «неактивные» гетероциклические и эфирные формы.

В ИК-спектре полученного ПУМ регистрируются полосы поглощения (п.п.) в области  $1000-1200\text{ см}^{-1}$ , соответствующие валентным колебаниям связи С-О в эфирных и фенольных структурах. В области  $3000-3600\text{ см}^{-1}$  проявляется широкая п.п., относящаяся к валентным колебаниям групп -ОН, связанных водородными связями. В структуре ПУМ также присутствуют алкильные -CH<sub>2</sub>-группы, валентные колебания связей С-Н которых регистрируются в характерной области  $2800-3000\text{ см}^{-1}$ . В области  $1540-1590\text{ см}^{-1}$  регистрируется п.п., которая соответствует валентным колебаниям С=С-связей полиароматических систем, типичных для углеродных материалов.

Текстурные характеристики исследуемого ПУМ, полученные на основании интерпретации экспериментальных изотерм адсорбции-десорбции азота, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика текстуры ПУМ из угля  
месторождения Западной Монголии\*

| $S_{ВЕТ}^1$ ,<br>м <sup>2</sup> /г | $V_{адс.}^2$ ,<br>см <sup>3</sup> /г | $V_{мезо}^3$ ,<br>см <sup>3</sup> /г | $V_{микро}$<br>/ $V_{адс.}$ | $V_{микро}$<br>( $\alpha$ -<br>метод) <sup>4</sup> ,<br>см <sup>3</sup> /г | $V_{микро}$<br>(ТОЗМ)<br><sup>5</sup> , см <sup>3</sup> /г | $D_{ср}^6$ ,<br>нм |
|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1123                               | 0.621                                | 0.233                                | 0.62                        | 0.388                                                                      | 0.429                                                      | 2.2                |

\*где <sup>1</sup> - выбранный интервал применимости уравнения БЭТ: 0.009-0.1; <sup>2</sup> - адсорбционный объем пор при  $P/P_s=0.990$ ; <sup>3</sup> - мезопоры определены из материального баланса величин адсорбции  $V_{мезо} = V_{адс.} - V_{микро-\alpha}$ ; <sup>4</sup> - микропоры определены сравнительным  $\alpha_s$ -методом [4]; <sup>5</sup> - микропоры определены методом ТОЗМ по уравнению Дубинина-Радушкевича [5]; <sup>6</sup> - средний диаметр пор оценен по формуле  $D=4V_{адс.}/S_{ВЕТ}$ .

Из приведенных данных следует, что полученные углеродные материалы характеризуются высокой удельной поверхностью ( $S_{ВЕТ}$ ) и адсорбционным объемом - более 1000 м<sup>2</sup>/г и 0,6 см<sup>3</sup>/г, соответственно. По строению пористой структуры углеродные материалы из окисленного угля монгольского месторождения можно классифицировать как однородно-пористые с преобладанием микропор по адсорбционному объему (до 70 %). Средний диаметр пор составляет около 2 нм.

На рисунке 1 приведены микрофотографии образца ПУМ, которые отражают структурно-морфологические особенности твердого скелета, а также особенности пористого пространства, окружающего наблюдаемые частицы и слои. Как видно, ПУМ, полученный методом

щелочной активации окисленного угля, характеризуется однородной морфологической картиной углеродных частиц, которые преимущественно мелкодисперсны, аморфны и турбоэстратно разупорядочены.

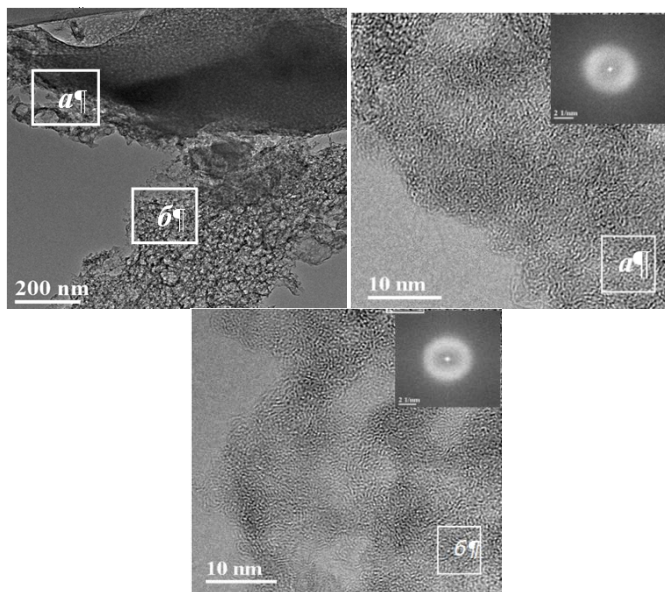


Рис. 1. ПЭМ-микроизображения образца ПУМ из угля месторождения Западной Монголии. Для фрагментов а и б приведены снимки с большим коэффициентом увеличения. На рентгеновских спектрах локальных участков а и б обнаружены элементы: С, О, F, Al, Si (а); С, О, Al, Si (б).

Таким образом, установлено, что на основе углей окисленных вскрышных пластов месторождений Монголии могут быть получены высокопористые углеродные сорбенты. По строению пористой структуры исследуемые ПУМ можно классифицировать как

однородно-пористые, главным образом, микропористые (до 70 % микропор по адсорбционному объему) .

Полученные ПУМ по своим структурно-морфологическим признакам и характеристикам формируемой пористой структуры близки к углеродным аморфным адсорбентам на основе активированных углей марок КАД, АГ, СКТ, ФАС и др. для адсорбции из жидкой и газовой фазы и могут быть использованы для очистки промышленных и коммунальных сточных вод.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ИППУ СО РАН и ИУХМ СО РАН за помощь в выполнении и интерпретации результатов анализов: к.х.н. Т.И. Гуляевой, к.х.н. В.А. Дроздову, Н.А. Король, Т.Г. Вычиковой.

#### Список литературы:

1. Bat-Orshikh Erdenetsogt, Insung Lee, Delegiin Bat-Erdene, Luvsanchultem Jargal // Int. J. Coal Geology. 2009. V. 80. P. 87.
2. Манина Т.С., Федорова Н.И., Семенова С.А., Исмагилов З.Р. // Кокс и химия. 2012. № 3. С. 43.
3. Тайц Е.М., Андреева И.А. Методы анализа и испытания углей. – М.: Недра, 1983. – 301 с.
4. Карнаухов А.П. Адсорбция. Текстура пористых и дисперсных материалов. - Новосибирск: Наука, 1999. - 137 с.
5. Дубинин М.М. Микропористые структуры углеродных адсорбентов. // Адсорбция в микропорах. Труды пятой конференции по теоретическим вопросам адсорбции. - М.: Наука, 1983. С. 186-192.

УДК 543.544-414 (574)

## **СОРБЕНТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАЗАХСТАНА ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

З.Г. Аккулова, А.Х. Жакина, А.К. Амирханова, Е.П. Василец, Г.К.Кудайберген, О.В. Арнт, А.Р. Рапиков.

*Институт органического синтеза и углехимии РК,  
Караганда, Казахстан*

В последние годы перед Республикой с особой остротой встали проблемы охраны водных ресурсов, очистки сточных вод промышленных предприятий от неорганических и органических экотоксикантов. Одним из эффективных способов очистки сточных вод является сорбционный. Особый интерес для получения дешевых и эффективных сорбентов для решения ряда экологических проблем страны представляют окисленные в пластах угли, содержащие до 35-80% гуминовых кислот. Общеизвестно, что гуминовые кислоты (ГК) являются продуктами многоцелевого назначения и могут способствовать решению многих экологических проблем страны.

В настоящей работе представлены результаты испытаний новых видов гуминовых сорбентов на основе окисленных углей Шубаркольского месторождения для очистки сточных вод от тяжелых металлов предприятий цветной (ТОО «Казцинк») и черной металлургии («Аксууский завод ферросплавов»).

Разработанные полимерные сорбенты ПГУ и АПГУ представляют нерастворимые, водоустойчивые гуминовые поликонденсаты, элементарные звенья которых содержат

сорбционно-активные центры (карбоксильные, фенольные, хиноидные, амидные, аминные, иминные, гидроксильные).

Содержание металлов в сточных и обработанных сорбентами водах двух предприятий определено методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС ИСП). Отмечена более высокая насыщенность сточных вод ферросплавного завода ионами металлов в пределах 0,0071-14,482 мг/дм<sup>3</sup> по сравнению со сточными водами ТОО «Казцинк» (0,0012 – 2,090 мг/дм<sup>3</sup>), а также значительное превышение уровня ПДК по ионам кадмия, мышьяка и цинка: 7-96ПДК, 1,2-2,3 ПДК и 2 ПДК, соответственно.

Влияние природы сорбента и иона металла в сточных водах двух производств на величину сорбции отражено на рисунках 1 и 2.

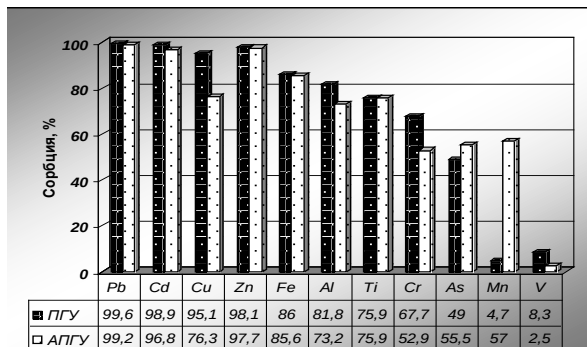


Рис. 1 Сорбционные характеристики полимергуминовых сорбентов при очистке сточных вод ТОО «Казцинк»



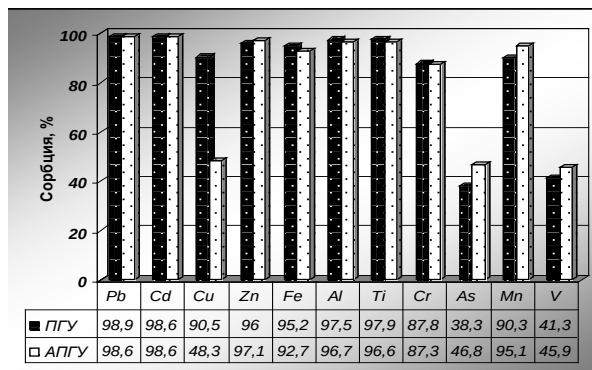


Рис. 2 Сорбционные характеристики полимергуминовых сорбентов при очистке сточных вод Аксусского завода ферросплавов

По данным АЭС ИСП обработка сточной воды гуминовыми сорбентами приводит к значительному снижению концентрации всех ионов металлов в воде ниже уровня ПДК. Так, в сточной воде Казцинка концентрация ионов снизилась до 0,001 - 0,112 мг/дм<sup>3</sup>; для Аксусского завода - до 0,0001 - 1,399 мг/дм<sup>3</sup>

Новые гуминовые сорбенты способны сорбировать избыточное количество ионов металлов из водных растворов, в основном, в пределах 50-90%, что подтверждают их высокий сорбционный потенциал.

Полученные данные испытаний сорбентов по очистке реальных растворов свидетельствуют об эффективности и возможности применения новых видов гуминовых сорбентов для очистки сточных вод умеренной загрязненности.

УДК 628.161.3

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНТОВ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ВОДООЧИСТКИ**

О.М.Горелова, И.В.Сатинова

*Алтайский государственный технический  
университет им. И.И.Ползунова,  
г. Барнаул, Россия*

В настоящее время адсорбенты используются во многих процессах химической промышленности, для очистки отходящих газов и сточных вод, в сельском хозяйстве и медицинской отрасли.

Высокой эффективностью характеризуются активированные угли, которые с успехом применяются для извлечения из воды как органических, так и минеральных примесей.

Хорошей альтернативой углям могут являться композитные угольно-минеральные сорбенты, при этом повышается огнестойкость углеродного материала, что имеет значение, например, при сорбции нефтепродуктов.

В Сибирском регионе перспективным сырьем для производства угольной части сорбента являются скорлупа кедровых орехов [1], щепа и опилки лиственных пород древесины, таких как осина, береза. Выбор данного вида сырья обуславливается тем, что оно является отходом деревообрабатывающих производств и практически не используется, исходя из чего обладает невысокой стоимостью и доступностью [2].

В качестве минеральной составляющей композитного сорбента нами рассматривался асбест хризотилитовый. Это объясняется его свойствами: негорючесть, стойкость к кислотам и щелочам, малый удельный вес, высокая прочность волокна. Произвольное переплетение асбестовых волокон создает воздушные полости и каналы в сорбционной загрузке, при этом дает возможность регенерировать сорбент обратной промывкой без взрыхления, так как в пространстве между волокнами достигаются высокие скорости движения воды.

При пиролизе древесины в присутствии асбестовых волокон происходит поглощение последними продуктов разложения органики и формирование на них углеродного слоя. В процессе сорбции будут работать и карбонизированная щепка, и асбест, и активный слой на асбесте.

Для органоминеральных сорбентов нами было принято оценивать некоторые показатели, по которым определяют качество активированных углей. Для определения свойств активных углей (механической прочности, насыпной плотности, активности по йоду) они подвергались различным испытаниям согласно методикам, изложенным в ГОСТ 6217 – 74. Кроме того, изучалась способность материала адсорбировать ионы меди.

В ходе исследований изучалась зависимость сорбционной активности по йоду и сорбционной емкости по меди от количества асбеста, добавляемого в исходную сырьевую массу (0, 10, 30, 50, 70, 90, 100 %% масс.).

Было установлено, что наибольшей активностью по йоду обладает материал, полученный из сырья щепка

осины:асбест - 30:70. Это говорит о микропористой структуре материала.

При изучении влияния доли минеральной добавки на сорбционную емкость по ионам меди, наилучшие сорбционные свойства продемонстрировал также вышеуказанный материал, статическая адсорбционная емкость составила 56 мг/г, тогда как без добавки асбеста угольный сорбент имел емкость 40 мг/г, а сорбент из 100% асбеста, прокаленного в пиролизере, имел емкость всего 18 мг/г.

По результатам исследований был сделан вывод о том, что при совместном пиролизе древесного материала и асбеста заметно увеличивается сорбционная емкость получаемого материала.

При производстве адсорбентов из отходов переработки растительного сырья решается проблема рационального использования ресурсов и защиты гидросферы от техногенного воздействия.

#### Список литературы:

1. Богаев, А.В. Изучение закономерностей процесса пиролиза скорлупы кедрового ореха и получение на ее основе активированного угля с заданными свойствами / А.В. Богаев, О.М. Горелова, Э.С. Курочкин // Водоочистка. - 2016. - № 4. - С. 17-21.

2. Горелова, О.М. Получение органоминерального сорбента на основе скорлупы кедрового ореха / О.М. Горелова, А.В. Богаев, Н.Н. Телегина // Ползуновский вестник. – 2014. - №3. - С. 214-216.

УДК 551.444

**УМЯГЧЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД  
СОРБЦИОННО-ИОНООБМЕННЫМИ  
МАТЕРИАЛАМИ ИЗ ОТХОДОВ  
РАСТЕНИЕВОДСТВА**

В.А. Сомин, А.В. Куталова

*Алтайский государственный технический  
университет им. И.И.Ползунова,  
г. Барнаул, Россия*

Повышенное содержание жесткости во многом определяет пригодность воды для использования ее как в промышленных, так и в бытовых целях. В настоящее время для умягчения воды применяют различные методы, которые используются самостоятельно или в сочетании с другими: термическим, ионообменным, мембранным, а также различные их комбинации. Каждый из них позволяет подготовить воду для технических нужд или как питьевую. Выбор метода обусловлен параметрами исходной воды, требованиями к очищенной, а также ее расходом.

Вместе с тем наиболее распространенным методом умягчения воды в настоящее время является ионный обмен. Однако применяемые при этом катиониты имеют высокую стоимость и очень требовательны к качеству поступающей на очистку воды. Поэтому представляет большой интерес получение недорогих и требующих минимальной предварительной подготовки воды материалов. Такие сорбционно-ионообменные материалы могут быть изготовлены из растительного сырья, в большом количестве образующимся в Алтайском крае в виде отходов – лузги гречихи и подсолнечника. Известно, что сорбенты на их основе могут эффективно извлекать

соединения тяжелых металлов [1,2], в то время как способность к умягчению воды до настоящего времени не изучена.

Для разработанных на кафедре химической техники и инженерной экологии АлтГТУ им. И.И. Ползунова сорбционно-ионообменные материалов на основе лузги подсолнечника и гречихи были получены кинетические закономерности сорбции жесткости (модельных растворов), представленные на рисунке 1. Отмечено, что для обоих материалов равновесие в системе сорбат-сорбент устанавливается в течение 5 минут от начала сорбции.

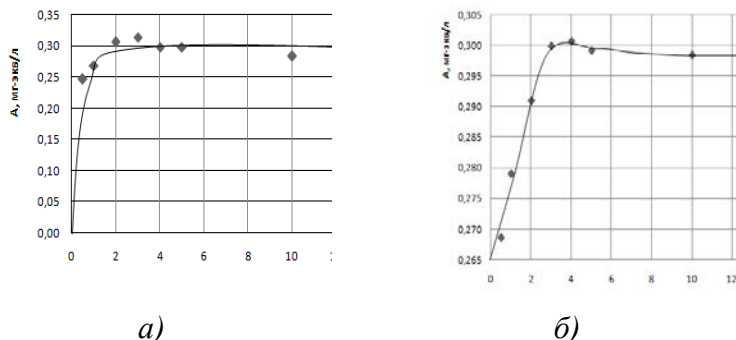


Рис. 1 – Кинетические кривые сорбции жесткости на нативной лузге гречихи (а) и подсолнечника (б)

Статическая сорбционная емкость лузги изучалась при постоянной температуре 22 °С. Для этого были наведены модельные растворы с содержанием жесткости от 4 до 40 мг-экв/л. С целью увеличения сорбционной способности лузга обоих типов была химически модифицирована растворами ортофосфорной и соляной кислот (0,5 н), а также гидроксидом натрия (500 мг/л).

Результаты исследования статических характеристик сорбции для лузги подсолнечника представлены на рисунке 2.

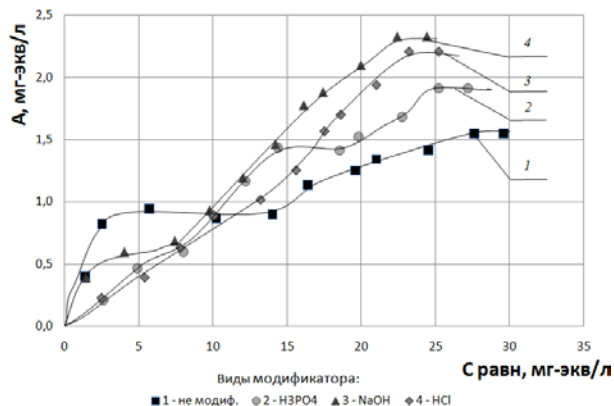


Рис. 2 – Зависимость сорбционной емкости ( $A$ ) лузги подсолнечника от равновесной концентрации ( $C_{\text{равн}}$ ) жесткости в растворе

Как видно, изотермы на рисунке соответствуют типу S4 по классификации Гильса, что предполагает наряду с микропорами наличие мезопор. Максимальная емкость составляет 2,3 мг-экв/л для лузги подсолнечника, модифицированной гидроксидом натрия, что больше на 35% по сравнению с нативным материалом.

Для лузги гречихи полученные изотермы, представленные на рисунке 3, можно отнести также к типу S4, при этом зависимости имеют очень схожий характер и расположены практически в одном интервале. Однако лучшие результаты показала лузга, обработанная гидроксидом натрия, сорбционная емкость которой составила 2,4 мг-экв/г, что на 15 % выше максимальной емкости нативной лузги.

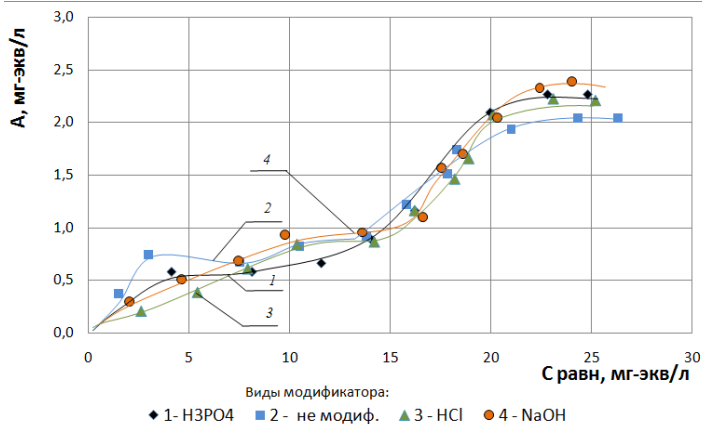


Рис. 3 – Зависимость сорбционной емкости (А) лузги гречихи от равновесной концентрации (С<sub>равн</sub>) жесткости в растворе

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что лузга гречихи и подсолнечника может быть использована для умягчения воды, однако требуется подбор более эффективного способа ее активации.

#### Список литературы:

1. Сомин, В.А. Сорбенты на основе лузги подсолнечника для очистки воды от соединений меди /В.А. Сомин, В.М. Осокин, Л.Ф. Комарова // Ползуновский вестник. – 2014. – № 3. С. 257-258
2. Сомин, В.А. Очистка воды от ионов Cu<sup>2+</sup> и Ni<sup>2+</sup> с использованием сорбента на основе древесных отходов / В.А. Сомин, В.М. Осокин, Л.Ф. Комарова // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление.– 2015.– № 1.– С. 86-97.

*Работа выполнена в рамках гранта Российского фонда фундаментальных исследований (№ 17-45-220090\17).*



UDC 622.332

## **OXIDATION OF BAGANUUR BROWN COAL BY HOT AIR AND MECHANIC ACTIVATION**

Ulziidelger<sup>1</sup>, J. Dugarjav<sup>1</sup>, B. Purevsuren<sup>1</sup>, B. Shirchin<sup>1</sup>,  
B.Avid<sup>1</sup>, Patrakov Y.F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Chemistry and Chemical Technology,  
Mongolian Academy of Sciences, Mongolia,* <sup>2</sup> *Institute of Coal  
and Coal Chemistry, SB Russian Academy of Sciences, Russia*

### **Introduction**

In Mongolia about seventy agents and companies work on exploration of coal from 40 deposits. We are living in period that technique and technology is developing fast. Recent years Mongolia is getting dependent from natural resources such as petroleum and other solid fuels. Thus it is very important to fully utilization of mining. There is a lot of resources of coal waste and coal with poor quality. Producing of humic acid from those could be considered solution. However properties of raw coal stock are not homogenous and processing technology works not properly. Therefore we put goal to increase yield of humic acid using oxidation and mechanic activation for brown coal.

### **Experimental**

The proximate analysis of the selected sample was shown in Table 1 and it was mixed preliminarily with NaOH in order to oxidize. Ratios of the coal to NaOH were 8:2, 9:1, 10:2, 12:2, 14:2 and 18:2. Oxidation was done by hot air flow in 100<sup>0</sup>C and water sprayed with frequency of 40 min.

Oxidation was performed in following reactor shown in Figure 1.

Table 1

Proximate analysis of Baganuur coal deposit

| Sample                         | Moisture<br>$W^a$ , % | Ash<br>$A^a$ , % | Volatility<br>matter<br>$V^a$ , % | $S^t$ ,<br>% | Heating<br>value,<br>kcal/kg | Humic<br>acid, % |
|--------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------------|--------------|------------------------------|------------------|
| Coal of<br>Baganuur<br>deposit | 9,5                   | 6,5              | 46,6                              | 0.30         | 5875                         | 18,5             |

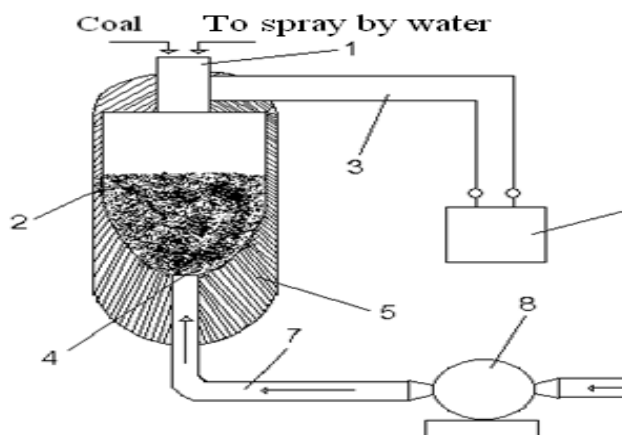


Fig. 1. Equipment for oxidation by flow of hot air: 1. Feed of sample, 2. Retort, 3. Electric conductor,  
4. Grid, 5. Main body, 6. Ammeter, 7. Tube for transferring air,  
8. Compressor, 9. Tube for air sucking.

## Results and discussion

Results of the oxidation treatment was shown in Table 2.

Table 2.

Oxidation of hot air to influence to yield of humic acid

| Coal/NaOH ratio | Oxidized time | Yield of humic acid, % |
|-----------------|---------------|------------------------|
| 9:1             | 4 hour        | 24,09                  |
| 9:1             | 8 hour        | 29,6                   |

Table 2 shows that effect of the oxidation on the yield of humic acid was not high with used ratio of 9:1. Thus, re-oxidation was performed with coal to NaOH ratio of 8:2. The conditions were same as before, except the ratio. Results of the oxidation treatment were viewed in Table 3.

Table 3 shows that oxidation was processed intensively when ratio of coal to NaOH was 8:2. Yield of humic acid did not increase much when oxidation was continued after 40 hours. Also we have tried to know influence of mechanochemical activation prior to oxidation. After activation of coal by mechanochemical treatment, it was oxidized and yields of humic acid were determined. Mechanochemical activation was performed in vibration mill with the ratio of ball to coal of 11,5 : 1. Activation was performed for 40 minutes and before the activation, coal was mixed with NaOH in ratio of 9:1 (Table 4) and 8:2 (Table 5) respectively.

Table 3

Oxidation of heat air to influence to yield of humic acid

| Coal/NaOH ratio | Oxidized time | Yield of humic acid, % |
|-----------------|---------------|------------------------|
| 8:2             | 8 hour        | 35,03                  |
| 8:2             | 16 hour       | 40,78                  |
| 8:2             | 24 hour       | 43,78                  |
| 8:2             | 32 hour       | 44,11                  |
| 8:2             | 40 hour       | 46,32                  |

Table 4

Influence of the oxidation and mechanochemical activation on humic acid

| Coal/NaOH ratio | Activated time | Oxidized time | Yield of humic acid, % |
|-----------------|----------------|---------------|------------------------|
| 9:1             | 40 min         | 0 hour        | 25,13                  |
| 9:1             | 40 min         | 10 hour       | 25,15                  |
| 9:1             | 40 min         | 15 hour       | 25,36                  |
| 9:1             | 40 min         | 20 hour       | 25,44                  |
| 9:1             | 40 min         | 25 hour       | 25,63                  |

Table 5

Influence of the oxidation and mechanochemical activation on humic acid

| Coal/NaOH ratio | Activated time | Oxidized time | Yield of humic acid, % |
|-----------------|----------------|---------------|------------------------|
| 8:2             | 40 min         | 0 hour        | 48,10                  |
| 8:2             | 40 min         | 8 hour        | 48,12                  |
| 8:2             | 40 min         | 16 hour       | 48,22                  |
| 8:2             | 40 min         | 24 hour       | 48,33                  |
| 8:2             | 40 min         | 32 hour       | 48,46                  |
| 8:2             | 40 min         | 40 hour       | 48,50                  |

Table 4 and 5 show that there is different behavior of effect on the yield of humic acid after treatment by mechanochemical activation. In case of coal to NaOH ratio 9:1, there is very little effect, while the ratio was 8:2, there is good effect. After 25 min of oxidation and 40 min activation, the yield of the humic acid was 25,6 %, which mean less than 8 hours (Table 2) oxidation without activation. However in case of using 8:2 ratio for coal to NaOH, effect of the mechanochemical treatment was very good and could achieved excellent results even without oxidation. Also we had tests for using mechanochemical activation for coal / NaOH with different mixing ratio of 8:2, 9:2, 10:2, 12:2, 14:2, 18:2. Activation was performed for 40 minutes and results were shown in Table 6.

Table 6

Influence of mechanic activation on humic acid yield

| Coal/NaOH ratio | Activated time | Yield of humic acid,% |
|-----------------|----------------|-----------------------|
| 8:2             | 40 min         | 48,2                  |
| 9:2             | 40 min         | 46,6                  |
| 10:2            | 40 min         | 41,3                  |
| 12:2            | 40 min         | 37,0                  |
| 14:2            | 40 min         | 31,1                  |
| 18:2            | 40 min         | 25,6                  |
| Without NaOH    | 40 min         | 18,6                  |
| Without NaOH    | 30 min         | 18,6                  |

The Table 6 show that NaOH increases yield of humic acid very well. When coal/NaOH ratio was 12:2, yield of humic acid increased twice than yield of humic acid of coal without activation. This ratio was viewed as efficient ratio to be introduced in the manufacture. When activation was processed without NaOH, yield of humic acid wasn't changed so much. Thus NaOH was considered as reaction catalyst for both mechanochemical activation and air oxidation treatment.

#### Conclusions:

1. Properties of coal of the second layer of Baganuur deposit was determined and experiments on conversion of humic acid of the coal was performed using oxidation of hot air and processing by mechanochemical activation.
2. Yield of humic acid increased from 18,5% to 46,3% during oxidation by flow of hot air with 40 hours time and coal / NaOH ratio of 8:2.
3. When coal / NaOH ratio is 12:2, yield of humic acid has increased twice so this ratio was considered as efficient ratio to be used in manufacture.
4. When activation was processed without NaOH, yield of humic acid wasn't changed so much, thus NaOH was considered as catalyst for both mechanochemical activation and air oxidation.

УДК 631.615 (476)

**СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ТОРФА,  
САПРОПЕЛЯ И ТРЕПЕЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ  
ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

С. И. Коврик, Н. Е. Сосновская, Г. А. Соколов,  
Н. Н. Бамбалов

*Государственное научное учреждение Институт  
природопользования Национальной академии наук  
Беларуси, Республика Беларусь*

Очистка почв от ионов тяжелых металлов (ТМ) представляет собой трудно решаемую практическую задачу, поскольку она предполагает сбор и удаление загрязняющих веществ с территории при сохранении почвенного плодородия. Значительно проще провести экологическую реабилитацию почвы путем перевода ТМ в недоступные для растений формы. Это может быть достигнуто путем сорбции ТМ другими минералами, вносимыми в почву, или искусственными сорбентами. В этих случаях ТМ остаются в почве, но они не поступают в растения.

Для понимания факторов, которые регулируют концентрацию ТМ в природных средах, их химическую реакционную способность, биологическую доступность и токсичность, необходимо знать не только валовое содержание, но и долю свободных и связанных форм.

Интенсивность загрязнений определяется формами связывания ТМ компонентами почв. Наибольшую способность к связыванию ТМ и образованию

металлгуминовых комплексов (МГК) проявляют гуминовые вещества (ГВ), поэтому для высокогумусированных почв, и особенно торфяных, характерна активная фиксация ТМ.

Установлено, что в зависимости от условий связывания (соотношения  $Me:ГВ$  и  $pH$  среды) ТМ гуминовыми веществами торфа могут образовываться осадки с различным содержанием МГК. Так, в кислых и нейтральных средах, как правило, образуются осадки с наибольшим содержанием МГК (до 80 %); при увеличении  $pH$  возрастает доля гидроксидов металлов. Таким образом, при использовании высокогумусированных и торфяных почв в условиях интенсивной антропогенной нагрузки аккумуляция и миграция ТМ (хром, медь, никель) может регулироваться за счет изменения реакции среды и количества гуминовых веществ в почве.

Недостатком этого способа являются неполное снижение поступления ТМ в растения из почв из-за обменных процессов и разрушения МГК в почве при минерализации органических компонентов, поэтому в растениеводческой продукции содержание ТМ может превышать предельно допустимые концентрации.

Повышение эффективности снижения поступления ТМ в растения из почв можно достигнуть, внося органические удобрения в смеси с минеральными сорбентами. Среди природных минеральных сорбентов, встречающихся в Беларуси, наиболее подходящим может быть трепел. Он обладает большой микропористостью, малой насыпной плотностью и высокими сорбционными свойствами, поэтому мы вводили его в состав мелиоранта



в качестве активного компонента, сорбирующего ТМ.

В качестве средств, снижающих поступление ТМ в растения из почвы, были испытаны: торф, торфосапропелевый компост (ТСК), трепел, смесь торфа с трепелом и смесь торфосапропелевого компоста с трепелом.

Вегетационные опыты по выращиванию кукурузы гибрида «Молдавский 330» проводили на песчаной почве, загрязненной свинцом, кадмием и их смесями. Уровни содержания каждого из металлов в почве составляли 100 и 500 мг/кг.

Установлено, что внесение сорбционных материалов в загрязненные свинцом и кадмием почвы с уровнями содержания этих металлов, многократно превышающими ориентировочно и предельно допустимые концентрации, способствует снижению доли водорастворимой фракции ТМ в почве, а также уменьшению их поступления в растениеводческую продукцию, что объясняется комплексообразующей способностью исследованных материалов. При этом самый большой эффект снижения поступления свинца и кадмия, а также их смесей в растения из почвы был получен при внесении в почву смеси органических удобрений с трепелом, а именно: торф+ТСК +трепел. Эти смеси по эффективности превосходили положительное действие каждого компонента по отдельности и максимально снижали поступление свинца в растения из почвы.

Установлена высокая эффективность применения ТСК с трепелом для получения экологически чистой продукции при возделывании кукурузы на почве, загрязненной ионами ТМ.

УДК 661.183.3

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ  
ВОДОПОДГОТОВКИ И ВОДООЧИСТКИ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕМБРАННЫХ И  
СОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Л.Ф. Комарова, В.А. Сомин, И.Г. Чигаев  
*Алтайский государственный технический  
университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия*

Экономически эффективное и экологически безопасное водопользование можно обеспечить путем снижения удельного водопотребления, разработки и внедрения на предприятиях ресурсосберегающих процессов, замкнутых водооборотных циклов, основанных на современных технологиях очистки воды.

Стремительно растущая потребность в воде и ограниченность ее запасов наряду с удорожанием процессов водоподготовки приводят к необходимости создания новых технологий обработки воды.

Снижение стоимости процессов очистки воды и водоподготовки возможно путем создания новых высокоэффективных сорбционно-ионообменных материалов, которые должны удовлетворять следующим требованиям: быть доступными, иметь высокую механическую прочность, способность к многократной регенерации, устойчивость к агрессивным средам. Такие сорбенты можно изготавливать из вторичного сырья, например, из отходов деревообрабатывающей промышленности, сельского хозяйства, что позволит решить одновременно две задачи: очистку воды и утилизацию отходов. Создание таких материалов является наиболее перспективным направлением

совершенствования систем водоподготовки и очистки стоков, содержащих разнообразные загрязнения.

В качестве основы для получения новых сорбционно-ионообменных материалов использованы базальтовые волокна, бентонитовые глины, отходы различных пород древесины и вторичные продукты сельскохозяйственной переработки. Указанные компоненты подвергаются различным видам модификации, что позволяет получить сорбционные материалы с совершенно новыми свойствами: повышенной сорбционной способностью, невысокой стоимостью, легкостью утилизации отработанного сорбента.

Для увеличения поглотительной способности опилок нами предложено использовать различные способы обработки – механические, физические, химические и физико-химические, включая термическую обработку.

Модификация опилок осуществлялась растворами ортофосфорной и соляной кислот, гидроксида натрия с последующей их отмывкой и сушкой при температуре 120°C. Полученные модифицированные материалы повышали свою сорбционную емкость по отношению к ионам тяжелых металлов примерно в 1,5 раза.

С целью еще большего увеличения сорбционной способности опилок на последние наносили бентонитовые глины – природные неорганические материалы, обладающие низкой стоимостью, доступностью, развитой микропористой структурой, и, следовательно, высокими сорбционными свойствами, обусловленными наличием в составе бентонита монтмориллонита – природного ионообменного комплекса.

Однако, в чистом виде бентонитовые глины не могут быть использованы как сорбенты, т.к. образуют с водой трудноразделимые суспензии. Исходные бентониты,

подвергались содовой активации, а затем смешивались с опилками различных модификаций. Максимальная степень извлечения ионов меди на полученном сорбенте возрастала с 24 мг/г до 40 мг/г.

Помимо древесных опилок в качестве каркаса было использовано минеральное базальтовое волокно, парафины. Полученные материалы способны очищать воду от соединений железа, марганца, солей жесткости, нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ. Они обладают сорбционно-ионообменными свойствами, однако, для извлечения определенного вида примесей из воды требуется индивидуальная подготовка, в частности, при удалении солей жесткости базальтовое волокно подвергали выщелачиванию раствором соляной кислоты. После этого на него наносили бентонит в различных соотношениях. Сорбционная емкость по ионам жесткости составила 1,5-2,0 мг-экв/г [1].

В последние годы все более широкое применение для удаления из воды различных загрязнений начинают находить баромембранные процессы и среди них нанофильтрация, сравнительно новый метод, занимающий место между классическими ультрафильтрацией и обратным осмосом.

Одним из возможных путей использования нанофильтрации является создание динамической мембраны. Для разработки технологии получения такой композитной осажденной мембраны использовались те же бентонитовые глины, что и при создании сорбентов, с добавкой органических связующих в различных соотношениях. В качестве подложек для таких мембран можно использовать полимеры или керамику [2].

Полученные осажденные мембраны использовались для удаления из воды соединений двухвалентного железа.

Основными достоинствами разработанных мембран является высокая проницаемость, нечувствительность к высоким концентрациям железа и взвешенных веществ. Но невысокая эффективность очистки и малая плотность упаковки мембран в мембранном модуле приводит к необходимости последовательного включения дополнительных мембранных модулей.

Предложенная технологическая схема включает систему аэрации очищенной воды, предварительное удаление взвешенных веществ на механическом фильтре с дальнейшим прохождением воды последовательно через два мембранных модуля: с осажденной мембранной и нанофильтрационным рулонным элементом. Таким образом технология позволяет использовать нанофильтрацию и ультрафильтрацию и получать из подземных источников воду питьевого качества. Осажденные мембраны в качестве первой ступени очистки позволяют исключить или значительно снизить сброс концентрата, увеличив производительность по фильтрату.

#### Список литературы:

1. Сомин В.А. Новые сорбционные материалы для очистки природных и сточных вод: монография / В.А. Сомин, Л.Ф. Комарова/ Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2014. – 212 с.
2. Патент на изобретение РФ №2613990 RU Способ получения осажденной мембраны / И.Г. Чигаев, Л.Ф. Комарова заявл. 21.12.2015, опубл. 24.01.2017

УДК 621.359.7:664

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В.А. Шапошник

*Воронежский государственный университет,  
г. Воронеж, Россия*

Для здоровой экосистемы удельное производство энтропии ( $\sigma$ ) должно соответствовать условию [1]

$$\sigma \leq 0. \quad (1)$$

Однако, протекающие как в производственных установках, так и в лабораторных аппаратах процессы являются необратимыми и подчиняются второму началу термодинамики, в соответствии с которым производство энтропии увеличивается

$$\sigma > 0. \quad (2)$$

Производство энтропии является билинейной функцией потоков ( $J_i$ ) и обобщенных термодинамических сил ( $X_i$ )

$$\sigma = \sum_{i=1}^f J_i X_i \quad (3)$$

В соответствие с вариационными принципами минимального рассеяния энергии Онзагера или минимального производства энтропии Пригожина удельное производство энтропии для стационарного состояния должно быть минимальным [2]. Стационарным состоянием называют состояние открытой системы, при

котором её термодинамические параметры за счет равенства потоков обмена массой и энергией между системой и окружающей средой должны быть постоянны. Непрерывный электродиализ с ионообменными мембранами или обратный осмос при постоянном давлении являются примерами стационарных процессов.

Основными составляющими удельного производства энтропии являются расходы тепловой и электрической энергий. Величина тепловых затрат следует из самого определения удельного производства энтропии

$$\sigma_h = \frac{T}{V} \cdot \frac{dS}{dt} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dQ}{dt} \quad (4)$$

( $T$  - абсолютная температура,  $V$  - объём,  $S$  - энтропия,  $t$  - время,  $Q$  - теплота). Зная расход тепловой энергии и время протекания процесса можно рассчитать вклад теплотрат в величину производства энтропии. Вклад затрат электрической энергии в удельное производство энтропии определяется законом Джоуля

$$\sigma_e = i (-\text{grad } \varphi) = i E \quad (5)$$

( $i$  - плотность тока,  $\varphi$  - электрический потенциал,  $E$  - напряженность электрического поля). Выбор удельного производства энтропии для экологической оценки удобен тем, что он строго с позиций неравновесной линейной термодинамики позволяет анализировать процессы в одних и тех же единицах посредством суммировать тепловых затрат и расхода электроэнергии.

В качестве примера приведем расчет экологической целесообразности некоторых технологий очистки воды (таблица 1). Наибольшее производство

энтропии имеет место в дистилляционных установках [3]. Парадокс очистки воды дистилляцией заключается в том, что высокая энергоёмкость приводит к загрязнению окружающей среды не в месте работы установок, а в районе электростанций. При получении 1 кВт ч в атмосферу выбрасывается 21 г серной кислоты, 5 г азотной кислоты, 1 кг диоксида углерода, шлаки, зола и другие компоненты, которые приводят к кислотным дождям, нарушению процесса фотосинтеза, астме, бронхиту и т.д. В развитых странах даже в лабораториях не используют дистиллированную воду. В связи с этим важно отметить, что при оценке экологичности нужно учитывать не только основные производства, но и технологии переработки сточных вод и выбросов вредных веществ в атмосферу.

Таблица 1

Удельное производство энтропии при очистке вод

| Технология                                            | $\rho$ , кОм см |        | $\sigma$ , кВт ч<br>м <sup>-3</sup> |
|-------------------------------------------------------|-----------------|--------|-------------------------------------|
|                                                       | Исход.          | Получ. |                                     |
| Дистилляция                                           | 2               | 100    | 628                                 |
| Обратный осмос                                        | 2               | 30     | 7.3                                 |
| Электродиализ с инертными сетками                     | 2               | 30     | 6.2.                                |
| Электродиализ с монополярными гранулами [4]           | 2               | 110    | 1.06                                |
| Электродиализ с ионообменными сетками и гранулами [5] | 100             | 3000   | 0.049                               |
| Электродеионизация                                    | 1000            | 20000  | 0.026                               |



Для очистки концентрированных растворов и морской воды эффективно используют метод обратного осмоса, а для опреснения солоноватых вод электродиализ с ионообменными мембранами. Главным недостатком электродиализа является образование осадков на мембранах, которое частично предотвращается сменой полярности постоянного электрического тока (реверсивный электродиализ) или использованием для засыпки гранулированных монополярных ионообменников [4] или ионообменных сеток и гранул [5]. Ультрочистая вода может быть получена электродеионизацией с заполнением межмембранного пространства смешанным слоем ионообменников. Электродеионизация особенно экологически целесообразна для финишной очистки вод в электронике при получении интегральных схем.

Список литературы:

1. Эбелинг В. Физика процессов эволюции / В. Эбелинг, А. Энгель, Р. Файстель. М.: Эдиториал УРСС, 2001 – 328 с.
2. Дьярмати И. Неравновесная термодинамика. М.: Мир, 1974. – 304 с.
3. Шапошник В.А. Экологические аспекты глубокой очистки воды / В.А.Шапошник, А.А. Мазо, П. Фрелих // Успехи химии. – 1991. – Т. 60, № 11.- С. 2469-2483.
4. Shaposhnik V.A. High demineralization of drinking water by electrodialysis without scaling / V.A. Shaposhnik, N.N. Zubets, I.P. Strygina, B.E. Mill // Demineralization. – 2002. – V. 145. – 329-332.
5. Kesore K. Highly effective electrodialysis for selective elimination of nitrates from drinking water / K. Kesore, F. Janowski, V. Shaposhnik // J. Membrane Science. – 1997. – V.133. – P. 122-128.

УДК 66.081.63 (470.54-25)

## **ЛОКАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ**

Е.В.Мигалатий, Г.Б.Браяловский, А.Ф. Никифоров,  
И.А. Насчетникова

*Уральский федеральный университет,  
г. Екатеринбург, Россия*

В Свердловской области весьма актуальной является проблема питьевого водоснабжения населения восточных районов. Целый ряд населённых пунктов этого региона много лет практически не имеют источников воды питьевого качества. Поверхностные воды загрязнены промышленными сбросами, а подземные воды имеют многократные превышения по показателям железа, марганец, кремний, бром, бор, хлориды, солесодержание. Были проанализированы показатели качества подземных источников восточных регионов Свердловской области в нескольких населённых пунктах: Туринск, Байкалово, Слобода Туринская.

В воде подземных источников отмечаются повышенные уровни минерализации и природного содержания железа, марганца, кремния, бора, брома, лития, натрия, хлоридов и сульфатов. Основные показатели качества приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Показатели качества подземной воды по различным регионам Восточного округа Свердловской области

| Наименование показателя                           | ПДК [1] | Диапазон    |
|---------------------------------------------------|---------|-------------|
| Кремний, мг/ дм <sup>3</sup>                      | 10      | 14,5 - 17,9 |
| Окисляемость, мг О <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup> | 5       | 4,8 – 7,3   |
| Марганец, 0,1 мг/ дм <sup>3</sup>                 | 0,1     | 1,2 – 2,5   |
| Жесткость, мг-экв/ дм <sup>3</sup>                | 7       | 9,3 - 20,0  |
| рН                                                | 6-9     | 4,8 - 7,6   |
| Бром, мг/ дм <sup>3</sup>                         | 0,2     | 0,3 – 4,8   |
| Бор, мг/ дм <sup>3</sup>                          | 0,5     | 3,7 – 4,7   |
| Железо, мг/ дм <sup>3</sup>                       | 0,3     | 2,3 - 8,5   |

Баромембранные методы позволяют получить воду питьевого качества практически их любого источника. Однако требования к воде, подаваемой на мембранную очистку довольно жесткие. Так повышенное содержание железа и высокая жесткость может вывести их строя мембраны за несколько суток эксплуатации [2]. Грамотное применение комбинированной баромембранной технологии с традиционными методами очистки позволяют создавать автономные станции водоподготовки с практически неограниченным сроком службы.

Специалистами малого инновационного предприятия Уральского федерального университета имени Б.Н.Ельцина (МИП УрФУ) – ООО «БМБ» разработана новая технология и введена в эксплуатацию пилотная станция очистки воды производительностью 0,8 куб.м./час в одном из отдаленных поселков Свердловской области. Станция находится в подсобном помещении водонапорной башни, полученная питьевая вода подается в тару потребителей через трубопровод, выведенный за

наружную стену, по сигналу клавиши. За год эксплуатации населением было разобрано свыше 500 тыс. литров воды, производительность станции не снизилась.

Также на кафедре Водного хозяйства и технологии воды УрФУ была разработана комбинированная технология очистки воды от бора. Проблема удаления бора из воды связана с тем, что бор в большинстве случаев в воде находится в виде ортоборной кислоты, которая в свою очередь слабо диссоциирует в водных растворах. Незаряженные формы ортоборной кислоты практически не задерживаются на обратноосмотических мембранах.

Разработанная технология позволяет получать питьевую воду при содержании бора свыше 5 мг/л. Предприятием ООО «БМБ» была введена в эксплуатацию станция удаления бора в г. Туринске. Полугодовые испытания подтвердили эффективность применяемого метода.

Таким образом, найдены пути решения актуальной проблемы подготовки питьевой воды из подземных вод сложного состава восточных районов Свердловской области с помощью локальных систем водоподготовки.

#### Список литературы:

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» – Введ. с 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002.
2. Мигалатий Е.В., Никифоров А.Ф. Получение питьевой воды на локальных установках//Вестник УрО РАН. 2004, № 3(9). С.122-128.

УДК 628.356:622.332

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Ю.Л. Сколубович, Е.Л. Войтов, А.Е. Крутков,  
А.А. Цыба

*Новосибирский государственный архитектурно-  
строительный университет (Сибстрин),  
г. Новосибирск, Россия*

Результатом деятельности предприятий угледобывающей промышленности является развитие экономики России. Вместе с тем горное производство оказывает пагубное влияние на окружающую среду. Наибольшее негативное воздействие на водные объекты происходит по причине неэффективной очистки карьерных и шахтных сточных вод.

Основная масса загрязняющих веществ в сточных водах угледобывающих предприятий состоит из частиц угля, поверхность которых инертна, поэтому создаются условия для сорбции на них молекул коагулянтов и флокулянтов. Такая особенность сточных вод создает условия для формирования структурированного осадка в порах фильтрующей загрузки, что обеспечивает высокий эффект очистки при фильтровании.

Сточные воды угледобывающих предприятий, как правило, высоко минерализованы. Суммарная концентрация катионов железа, кальция, магния, и других металлов, сульфатов, гидрокарбонатов и т.п. лежит в диапазоне от 500 до 30 000 мг/л [1]. Очистка от подобных загрязняющих веществ на многих предприятиях не производится. Причиной тому является отсутствие методов эффективной глубокой очистки углесодержащих

сточных вод. Наиболее доступным методом глубокой очистки является сорбционное осветление воды. Для повышения эффективности сорбционной очистки целесообразно окислять сточную воду озоном. За счет озонирования многие растворенные примеси в сточной воде переводятся в нерастворимые. Последние, в свою очередь, способны извлекаться из сточной воды при реагентном фильтровании, а затем дочищаться на сорбционных фильтрах. Поэтому, чтобы увеличить продолжительность действия сорбирующих загрузок, необходимо их минимально нагружать за счет максимального извлечения загрязняющих веществ при реагентом фильтровании на предварительных фильтрах с инертными загрузками.

Для очистки углесодержащих сточных вод наиболее эффективны фильтры с восходящим движением воды, так называемые контактные осветлители. Данные устройства для очистки воды позволяют фильтровать воду в направлении убывающей крупности загрузки зерен фильтра. Эта особенность контактных осветлителей позволяет подавать на них первично осветленную сточную воду с большим содержанием взвешенных веществ. Кроме того, в контактных осветлителях достигается высокий эффект осветления при меньших дозах химических реагентов, по сравнению со скорыми фильтрами с нисходящим потоком очищаемой воды. Однако контактные осветлители обладают недостатками. Во-первых, их скорость фильтрования в среднем на 35% меньше скорости фильтрования скорых фильтров. Во-вторых, при значительном содержании взвешенных веществ в исходной воде, требуется частая промывка контактных осветлителей, что приводит к заметному увеличению расходов воды на собственные нужды. В-третьих, в толще фильтрующей загрузки в течении

фильтроцикла возможно образование крупных конгломератов угольных частиц, дестабилизирующих процесс фильтрования.

В НГАСУ (Сибстрин) было разработано сооружение для очистки воды – реакторы-осветлители (РО) [2], позволяющее устранить недостатки контактных осветлителей. Принцип действия РО основан на восходящем фильтровании воды при повышенных скоростях, в результате чего образуется псевдооживленный (взвешенный) слой контактной массы, обладающей повышенной грязеемкостью. Скорость фильтрования в таких устройствах сопоставима со скоростью фильтрования воды в скорых фильтрах. При этом за счет восходящего фильтрования воды происходит процесс контактной коагуляции, благодаря которому достигается снижение дозы реагентов до 50% по сравнению со скорыми фильтрами. Помимо этого в новых фильтровальных аппаратах предусмотрена эжекционная промывка загрузки исходной водой, которая позволяет добиться эффективной промывки контактной массы, предотвращая тем самым образование крупных конгломератов угольных частиц. После эжекционной промывки производится завершающая промывка чистой водой. При этом расход чистой промывной воды сокращается более чем в 2 раза, по сравнению с промывкой контактных осветлителей. В НГАСУ (Сибстрин) была предложена технологическая схема очистки сточных вод угледобывающих предприятий, включающая РО для очистки воды (рис. 1) [3]. Технологией предусмотрено усреднение сточных вод в отстойнике-регуляторе. В нем происходит первая ступень очистки сточных вод, так как в отстойнике-регуляторе частично осаждаются взвешенные частицы. Для более интенсивного осаждения в исходную воду добавляют химические реагенты в зависимости от величины расхода

и мутности сточной воды. Далее из отстойника-регулятора сточная вода перекачивается в устройство для очистки воды (фильтр). Перед поступлением воды в фильтр сточная вода, аналогичным образом, обрабатывается химическими реагентами, а также производится окисление воды озоном, с последующим его удалением в смесителе-воздухоотделителе. В устройстве для очистки воды происходит процесс задержания большого множества загрязняющих веществ в псевдооживленном слое контактной массы. После фильтра очищенную сточную воду обеззараживают озоном и направляют в резервуар чистой воды (РЧВ). Но в случае превышения в очищенной воде значения общей минерализации или содержания каких-либо загрязнений свыше нормы ПДК, необходимо включение в технологическую схему сорбционного фильтра, перед озонатором и РЧВ. Очищенная вода в РЧВ может быть использована на производственные нужды предприятий угледобывающей промышленности, а избыток воды по переливу сбрасываться в водный объект. Устройство для очистки воды промывается двумя способами: эжекционной промывкой исходной водой и промывкой осветленной водой многократного повторного использования. Воды, образующиеся в процессе промывок двух фильтров, отстаиваются в двухсекционном непроточном отстойнике. Для улучшения отстаивания, в воду предварительно вводятся химические реагенты. После отстаивания промывной воды выделившийся осадок направлялся на обезвоживание, а осветленная вода многократно используется для промывки фильтра.



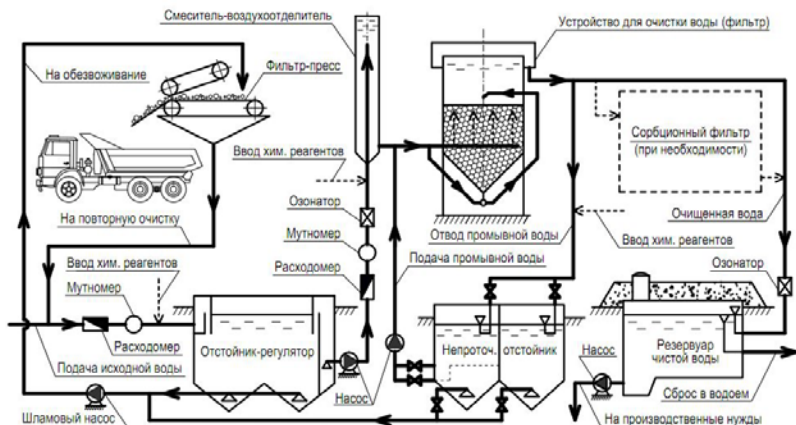


Рис. 1 Технологическая схема очистки сточных вод предприятий угледобывающей промышленности

В настоящий момент в НГАСУ (Сибстрин) ведутся исследования по моделированию процессов очистки углеродсодержащих сточных вод с целью выявления оптимальных параметров фильтрования, доз реагентов, скорости фильтрования, высоты загрузки и диаметра зерен контактной массы, необходимых для достижения надлежащего эффекта очистки при максимальной продолжительности фильтроцикла.

#### Список литературы:

1. Е.Л.Войтов, Ю.Л.Сколубович. Подготовка питьевой воды из подземных источников в экологически неблагоприятных регионах.- Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2010. - 220 с.
2. Патент 2183590, РФ, кл. C02F 1/52//C02F 103: Устройство для очистки воды / Е.Л.Войтов, Ю.Л.Сколубович. Опубл. 20.06.2002; Бюл. № 17.
3. Сколубович, Ю. Л. Повышение эффективности очистки сточных вод предприятий угледобывающей промышленности / Ю. Л. Сколубович, Е. Л. Войтов, А. Е. Крутков // Известия вузов. Строительство. - 2015. - № 4. - С. 81-85.

УДК 628.356

## **ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

Ю.Л.Сколубович, Е.Л.Войтов, А.А.Цыба  
*Новосибирский государственный архитектурно-  
строительный университет (Сибстрин),  
г. Новосибирск, Россия*

Одной из экологических проблем является загрязнение городских рек поверхностными сточными водами, формируемыми в период выпадения осадков и снеготаяния, дренажными водами, сбросами промышленных объектов, поливочными водами. На основании выполненного литературного анализа [1-5] состав поверхностных сточных вод все более зависит от результатов деятельности человека. До недавнего времени поверхностные сточные воды считались условно чистыми и не представляющими опасность для водных объектов, поэтому их очистке уделялось недостаточно внимания. Однако поверхностные сточные воды, отводимые с территорий городов и промышленных площадок, значительно загрязнены и не могут сбрасываться в водные объекты без предварительной очистки [4]. В результате, в водоемы поступают различные загрязнения, такие как: взвешенные вещества, нефтепродукты, частицы металла, пестициды и т.д. Поэтому устройство ливневой канализации с дальнейшей очисткой поверхностных вод на очистных сооружениях, является важной задачей для улучшения экологического состояния водных объектов.

Так же существенный вред водным объектам наносит избыточный объем образования поверхностных сточных вод, который приводит к избытку воды и дополнительным загрязнениям водоемов. При большом сбросе грубодисперсных примесей, которые наблюдаются в период выпадения интенсивных дождей, происходит частичное их осаждение, способствующее заиливанию водоемов. В толще наносов активно развиваются анаэробные процессы деструкции органических веществ: брожения, гниения, денитрификации, метаногенеза, сульфатредукции, неполного окисления. Данные процессы сопровождаются выделением дурно пахнущих и токсичных газов (сероводород, метан и т.д.). Эти явления подавляют аэробные микробиологические процессы, которые особенно ярко проявляются в летний период, когда повышенная температура и дефицит кислорода интенсифицируют анаэробные процессы (рост и отмирание фитопланктона, «цветение» воды, разложение органических веществ). В результате, в водоемах уменьшается содержание растворенного кислорода, ухудшается окраска, прозрачность, запах, увеличивается содержание микробиологических загрязнений, аммиака, марганца. В результате, все эти процессы приводят к нарушению самоочищающей способности водоемов [6].

Также, тенденция роста концентраций различных нефтепродуктов в поверхностных сточных водах, вследствие техногенной деятельности и автомобилизации, приводит к снижению концентраций кислорода в водоемах, и повышают их токсичность [7].

В настоящее время для очистки поверхностных сточных вод было разработано множество типовых схем

очистки. Работа большинства из них основано на механических и физических процессах очистки. Сооружения нуждаются в постоянном обслуживании и имеют высокую строительную и эксплуатационную стоимость. Отдельной проблемой является их содержание и эксплуатация в зимнее время года и переходные весенний и осенний периоды. Так как поступающие в это время поверхностные сточные воды характеризуются низкой температурой и щелочностью, что приводит к необходимости применения реагентной обработки. Требования, к качеству очистки поверхностных сточных вод для сброса в водоемы, предъявляемые водным законодательством РФ, вынуждают применять сорбционные технологии, что так же приводит к увеличению стоимости очистных сооружений. При этом глубокая очистка на локальном объекте без достаточной очистки остальной части поверхностного стока не способствует улучшению экологического состояния водных объектов в целом[3].

На основании теоретического анализа состава поверхностных сточных вод [1-2,7-8], можно сделать вывод, что поверхностные сточные воды имеют высокий уровень загрязненности, что ставит вопрос экологической безопасности этого вида техногенной нагрузки на окружающую среду особо остро. Однако, решение этой проблемы затрудняется множеством причин, связанных с высокой строительной и эксплуатационной стоимостью очистных сооружений поверхностных сточных вод.

Список литературы:

1. Исследование физико-химических характеристик поверхностного стока населенных пунктов/ В.И. Кичигин, П.Г. Быкова // Водоснабжение и санитарная техника.- 2002.- №11.
2. Гриднева М.А. Совершенствование отведения и очистки поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий: автореф. дис...канд.техн.наук/ СГАСУ.- Самара, 2004.
3. Применение биоинженерных сооружений для очистки ливневых и талых вод с урбанизированных территорий / А.Г. Мелехин, И.С. Щукин // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура:2012.- Вып.№1
4. Ливневый сток как источник загрязнения поверхностны сточных вод/ А.А. Волчек, И.В. Бульская// Вестник Брестского государственного технического университета: 2012.-Вып.№2
5. Алексеев М.И., Курганов А.М., Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. Учебное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2000.352с.
6. Влияние ливневых вод, формирующихся на городских территориях, на водные объекты/ О.А. Шестакова.
7. Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П., Алексеев М.И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. Учебное пособие. Л.: Стройиздат , 1990.224с.
8. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. - Москва: ОАО «НИИ ВОДГО», 2014-88с.

УДК 628.316.13 (470.54-25)  
**ПЕРЕРАБОТКА ПРОМЫВНЫХ ВОД  
СТАНЦИЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

Г.Б. Браяловский, Е.В. Мигалатий,  
О.Б. Насчетникова, В.В. Старухина  
*Уральский федеральный университет,  
г. Екатеринбург, Россия*

В настоящее время при эксплуатации сооружений очистки воды из поверхностного источника возникает проблема утилизации промывных вод фильтровальных станций, содержащих высокие концентрации взвешенных веществ, соединений алюминия, сульфатов и хлоридов.

В нашей стране предварительная обработка оборотной воды осуществляется лишь на немногих водопроводных станциях. На большинстве из них осуществляется возврат промывной воды на повторную обработку без предварительной очистки [1].

Основными источниками питьевого водоснабжения г. Екатеринбурга являются Волчихинское водохранилище на р. Чусовая и Верх-Исетский пруд на р. Исеть. В целом воду этих источников можно охарактеризовать как среднецветную, маломутную, низкоминерализованную. Высок уровень органического загрязнения источников: содержание общего органического углерода достигает 20, а иногда 50 мг/дм<sup>3</sup>.

Характерные сезонные колебания качества воды источников: широкий диапазон изменения температуры воды в течение года; резкое снижение щелочности и pH в паводок (май); увеличение цветности (до 70 град), окисляемости (до 15 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) и содержания железа (до 1 мг/дм<sup>3</sup>) в летне-осенний период.

Все водоочистные сооружения МУП «Водоканал» имеют общепринятую для России технологию очистки воды и включают первичное хлорирование, реагентную обработку коагулянтом и флокулянтom, вторичное хлорирование.

Известно, что в водоподготовке наиболее эффективным методом и широко применяемым способом агломерации тонкодисперсной взвеси является флокуляционный. Поэтому в данной работе была исследована эффективность применения высокомолекулярных флокулянтов для интенсификации осветления промывных вод скорых фильтров. Исследования проводились на промывной воде фильтров мутностью – 44,2 мг/дм<sup>3</sup>, цветностью – 23 град. Проба отбиралась в зимний период. Были испытаны флокулянты марки «Праестол» анионного и катионного типа. В качестве коагулянта принят оксихлорид алюминия (ОХА) «Бопак-Е».

Определена зависимость цветности и мутности осветленной воды, соответственно, от дозы введенного коагулянта «Бопак-Е». При небольших дозах коагуляция имела слововыраженный характер. Увеличении дозы реагента повлекло интенсификацию процесса. При введении дозы ОХА 5 мг/дм<sup>3</sup> по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> наблюдалось значительное укрупнение частиц, оптимальное снижение мутности и цветности. Данная доза была принята за основную при подборе флокулянтов.

Для интенсификации процесса осветления воды используются флокулянты. В данной работе были использованы флокулянты: анионный «Праестол-2540» и катионный «Праестол-650». Определено влияние дозы флокулянта на мутность и цветность осветленной воды, соответственно. Из результатов исследований можно сделать вывод, что применение анионного флокулянта

позволяет достигнуть более полной очистки по показателю мутности. Показатели цветности соответствует нормам для питьевого водоснабжения [2].

Показано влияние различных доз флокулянтов «Праестол-2540» и «Праестол-650» на эффективность осветления промывной воды: при увеличении дозы флокулянта улучшается качество осветленной воды.

По результатам проведенных исследований установлена оптимальная доза флокулянта «Праестол-2540» - 0,3 мг/л, т.к. при дальнейшем увеличении дозы происходит незначительное увеличение эффективности осветления промывной воды.

Для интенсификации осаждения взвешенных веществ в промывных водах фильтров на водопроводных очистных сооружениях г. Екатеринбурга необходимо применение коагулянта совместно с флокулянтom. Экспериментальные исследования показали, что наиболее эффективными являются флокулянты анионного типа.

#### Список литературы:

1. Киекбаев Р.И., Кантор Л.И., Кантор Е.А. Оценка влияния повторного использования промывных вод скорых фильтров на качество осветления воды реки Уфы // Башкирский химический журнал. 2006. Том 13. №5
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» – Введ. с 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002.



УДК 628.164

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ  
АЛЮМИНИЕВЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ КОАГУЛЯНТОВ В  
ТЕХНОЛОГИИ РЕАГЕНТНОГО УМЯГЧЕНИЯ  
ВОДЫ ДЛЯ НУЖД ПИТЬЕВОГО  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Н.И. Чепкасова, Р.В. Федотов\*, С.И. Игнатенко\*\*

*Южно - Российский государственный  
политехнический университет (Новочеркасский  
политехнический институт)\*, ООО НПП «ЭКОФЕС»\*\*  
г. Новочеркасск, Россия*

Ухудшение качества воды в водоисточниках и ужесточенный контроль со стороны Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, ставит перед персоналом водопроводных очистных станций (ВОС) вопрос о необходимости применения современных методов обработки и обеззараживания воды, внедрения нового оборудования и реагентов с целью улучшения качества обрабатываемой воды.

Нижнее течение р. Дон характеризуется увеличением жесткости воды в зимний период, достигающей 11–12 °Ж [1]. Существующие на ВОС технологии очистки воды не способны справиться с этой проблемой, так как разрабатывались и внедрялись в практику водоочистки в 60–80-е годы прошлого века.

Таблица 1.

Результаты едко-натрового умягчения воды с применением  
коагулянтов и флокулянта

| № проб | Дозы реагентов,<br>мг/дм <sup>3</sup> |                                                                            |              | pH<br>умягченной воды | Концентрации,<br>мг-экв/дм <sup>3</sup> |                  |                  |                               |                               |                 |                  |
|--------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|
|        | NaOH,                                 | Al <sub>2</sub> (OH) <sub>5</sub> Cl/F<br>e(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | Praestol 650 |                       | Ж <sub>общ</sub>                        | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | ОН <sup>-</sup> | Al <sup>3+</sup> |
| 1      | 340                                   | 0/20                                                                       | 2            | 11.17                 | 1.2                                     | 0.6              | 0.6              | 0                             | 5.0                           | 0.6             | 0                |
| 2      | 307.2                                 | 0/25                                                                       | 1            | 11.16                 | 2.0                                     | 1.0              | 1.0              | 0                             | 5.0                           | 0.7             | 0                |
| 3      | 332                                   | 30/0                                                                       | 2            | 10.81                 | 0.8                                     | 0.5              | 0.3              | 0                             | 4.2                           | 0.1             | 0.19             |
| 4      | 332                                   | 30/0                                                                       | 0            | 10.84                 | 0.6                                     | 0.5              | 0.1              | 0                             | 4.4                           | 0.1             | 0.17             |

Исследование метода едко-натрового умягчения воды проводили с применением распространенных коагулянтов оксихлорида алюминия (ОХА) марки «Аква-Аурат<sup>TM</sup>30», сернокислого железа(II) и флокулянта Praestol 650. Цель исследования заключалась в изучении применимости метода едко-натрового умягчения для донской воды и получении сравнительной характеристики эффективности рассматриваемых реагентов.

Качество сырой воды ВОС г. Новочеркасск по состоянию на март 2017 г характеризуется следующими показателями: жесткость общая - 7,8 °Ж, кальций ( $\text{Ca}^{2+}$ ) - 4,0 мг-экв./дм<sup>3</sup>, магний ( $\text{Mg}^{2+}$ ) – 3,3 мг-экв./дм<sup>3</sup>, гидрокарбонат-ион ( $\text{HCO}_3^-$ ) - 4,0 мг-экв./дм<sup>3</sup>, температура - 8,7°С, рН=8,08.

Результаты экспериментов показали более высокую эффективность применения ОХА по сравнению с  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  для осаждения осадков, образующихся при введении в воду щелочи (таблица 1). При низких температурах применение  $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$  показало лучший эффект умягчения по сравнению с  $\text{FeSO}_4$ : хлопья образуются достаточно быстро, хорошо оседают, не вызывая проблем с возможным выносом их из сооружения. Остаточная концентрация  $\text{Al}^{3+}$  в фильтрате не превышает ПДК – 0,5 мг/дм<sup>3</sup>. Оксихлорид алюминия отлично проявляет свои свойства при высоких значениях рН, что говорит о его большом диапазоне применения в нейтральных, щелочных и кислых водах, что немаловажно при условии добавления щелочных реагентов.

#### Список литературы:

1. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод: Науч. изд. М., 2005. 576 с.

2. Исследования эффективности коагулянта оксихлорида алюминия в технологии едко-натрового умягчения донской воды для хозяйственно-питьевых целей. / Л.Н. Фесенко, Р.В. Федотов, С.И. Игнатенко и др. // Техновод – 2016. – С.85–92.

3. Технологические и проектные решения реконструкции сооружений очистки воды нижнего течения р.Дон. / С.И. Игнатенко, А.Ю. Черкесов, Л.Н. Фесенко и др. // Техновод – 2016. – С.75–85.

УДК: 628.16

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ПРИРОДНЫХ ВОД**

Т.А.Краснова, Ю.С.Шульженко, И.В.Тимошук,  
Тарка Ривлан Олукунби\*

*Кемеровский технологический институт пищевой  
промышленности (Университет),  
г. Кемерово, Россия  
Нигерия\**

Фенолы содержатся в водах практически всех источников, образуясь в результате естественных процессов метаболизма водных организмов при биохимическом распаде и трансформации органических веществ, протекающих как в водной толще, так и в донных отложениях. Кроме того, фенолы являются одним из наиболее распространенных загрязняющих веществ, поступающих в поверхностные воды со стоками предприятий лесохимической, нефтеперерабатывающей, анилиноокрасочной промышленности и др.

Хлорфенолы находят применение в качестве пестицидов, консервантов древесины, сырья многих химических производств, содержатся в сточных водах производств органического синтеза, лаков и красок. Кроме того, в процессе водоподготовки на стадии обеззараживания воды хлорагентами происходит трансформация фенолов в хлорфенолы.

Наличие в воде таких соединений является серьезной проблемой, так как повышенное содержание этих веществ ухудшает органолептические показатели воды, обуславливая появление специфического «аптечного запаха». Одновременно, присутствие в воде фенолов и хлорфенолов в концентрациях превышающих ПДК, оказывает токсическое, мутагенное и канцерогенное действие на организм человека. В связи с этим возникает необходимость разработки технологии доочистки воды от органических соединений, в том числе фенола и хлорфенола. Для очистки вод от микропримесей органических соединений целесообразнее использовать адсорбционные методы. Эффективность адсорбционной очистки воды от органических соединений определяется по совокупности исследований равновесия, кинетики и динамики адсорбционного процесса. Работы в этом направлении практически не проводятся и требуют своего практического решения.

Исследование адсорбции органических веществ из водных растворов индивидуальных компонентов в интервале концентраций фенола и хлорфенола от 0,001 до 1000 мг/дм<sup>3</sup> и их смеси в соотношении 7:1 проводилось в статических условиях с использованием активного угля марки АГ-ОВ-1 (производитель ОАО «Сорбент», г. Пермь), полукоксов марок "Пуролат-стандарт" (производитель ОАО «Синтез», г. Ростов-на-Дону) и АБГ (производитель ПО «Карбоника-Ф», г. Красноярск), отличающихся природой, способом получения, пористой структурой и величиной удельной поверхности.

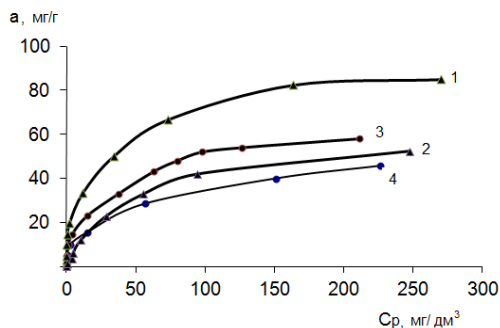


Рис. 1. Изотермы адсорбции хлорфенола (1,2) и фенола (3,4) на АУ АБГ: 1,3-индивидуальный компонент; 2,4-смесь компонентов

По полученным экспериментальным данным адсорбции фенола и хлорфенола из растворов индивидуальных компонентов и из их смеси углеродными сорбентами были построены изотермы адсорбции (рисунок 1) и рассчитаны значения параметров адсорбции фенола и хлорфенола из водных растворов для сорбентов (таблица 1) с использованием теорий мономолекулярной адсорбции (уравнения Фрейндлиха и Ленгмюра), теории объемного заполнения микропор (уравнение Дубинина-Радушкевича, модифицированное для случая адсорбции из водного раствора) и обобщенной теории полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эммета и Теллера (БЭТ) [1,2]. Все изотермы адсорбции проанализированы в соответствующих координатах линеаризации данных уравнений.

Сопоставление изотерм адсорбции фенола и хлорфенола из водных растворов их смеси с изотермами адсорбции из водных растворов индивидуальных компонентов показало, что из смеси каждый из компонентов адсорбируется слабее. Эта закономерность сохраняется для всех сорбентов. В присутствии фенола

адсорбция хлорфенола из смеси подавляется в большей степени, вероятно, из-за меньшей исходной концентрации последнего и большим по сравнению с фенолом ван-дер-ваальсовским размером молекулы (0,8 нм - хлорфенола, 0,67 нм – фенола). Кроме того адсорбция хлорфенола выше, чем адсорбция фенола, что связано с его меньшей растворимостью в воде ( $C_{s\text{фенола}}=925$  ммоль/дм<sup>3</sup>,  $C_{s\text{хлорфенола}}=210$  ммоль/дм<sup>3</sup>) и большим сродством к КФГ на поверхности АУ.

Таблица 1

Параметры адсорбции фенола и хлорфенола из водных растворов исследуемыми сорбентами в статических условиях

| Тип уравнения          |                            | фенол     |          |        |
|------------------------|----------------------------|-----------|----------|--------|
|                        |                            | АГ-ОВ-1   | Пурола т | АБГ    |
| Фрейндлиха             | 1/n                        | 0,4047    | 0,5214   | 0,3536 |
|                        | b, ммоль/г                 | 0,093     | 0,0168   | 0,069  |
| Ленгмюра               | a <sub>м</sub> , ммоль/г   | 0,744     | 0,364    | 0,524  |
| БЭТ                    | a <sub>м</sub> , ммоль/г   | 0,894     | 0,364    | 0,524  |
|                        | -Q, кДж/моль               | 14,677    | 12,212   | 14,734 |
| Дубинина - Радужкевича | a <sub>max</sub> , ммоль/г | 2,046     | 0,921    | 1,064  |
|                        | E <sub>0</sub> , кДж/ммоль | 14,493    | 15,311   | 13,445 |
|                        | W, дм <sup>3</sup> /кг     | 0,1797    | 0,0809   | 0,0935 |
| Тип уравнения          |                            | хлорфенол |          |        |
|                        |                            | АГ-ОВ-1   | Пурола т | АБГ    |
| Фрейндлиха             | 1/n                        | 0,6911    | 0,4153   | 0,6376 |
|                        | b, ммоль/г                 | 0,0317    | 0,0256   | 0,0167 |
| Ленгмюра               | a <sub>м</sub> , ммоль/г   | 0,727     | 0,234    | 0,460  |
| БЭТ                    | a <sub>м</sub> , ммоль/г   | 0,721     | 0,237    | 0,477  |
|                        | -Q, кДж/моль               | 12,240    | 13,269   | 10,554 |
| Дубинина - Радужкевича | a <sub>max</sub> , ммоль/г | 1,77      | 0,394    | 1,2    |
|                        | E <sub>0</sub> , кДж/ммоль | 11,819    | 15,100   | 11,280 |
|                        | W, дм <sup>3</sup> /кг     | 0,180     | 0,040    | 0,122  |

Величины предельного адсорбционного объема  $W$  для всех углеродных сорбентов находятся в пределах 0,086- 0,5034  $\text{дм}^3/\text{кг}$  и позволяют предположить, что адсорбция хлорфенола и фенола при совместном присутствии подчиняется объемному механизму заполнения пор. Значения характеристической энергии, находящиеся в пределах 11,280-15,311  $\text{кДж/моль}$  свидетельствуют о том, что сорбция хлорфенола и фенола при совместном присутствии идет в основном в микро- и мезопорах адсорбентов. Изотермы адсорбции фенола и хлорфенола АУ предполагают физическую природу адсорбции. Рассчитанные величины теплот адсорбции близки между собой и находятся в пределах 10,554- 14,734  $\text{кДж/моль}$ , что подтверждает заключение о физической природе взаимодействия органических веществ с поверхностью изученных углеродных сорбентов.

Сравнительный анализ экспериментальных и теоретических изотерм адсорбции в системе вода - фенол – хлорфенол - АУ показал, что все используемые уравнения хорошо описывают экспериментально полученные изотермы адсорбции.

Полученные экспериментальные данные и расчетные параметры позволяют сделать вывод, что адсорбция смеси фенола и хлорфенола является сложным процессом, носит конкурентный характер и определяется, в основном, физической природой, обусловленной неспецифическим и специфическим взаимодействием. Адсорбция фенола и хлорфенола при совместном присутствии протекает в микро- и мезопорах адсорбентов за счет неспецифического взаимодействия и на



поверхности углеродных сорбентов за счет образования водородной связи между  $\text{OH}^-$  - группами органических веществ и кислородсодержащими функциональными группами АУ.

Адсорбционная активность исследуемых марок активных углей в процессе извлечения хлорфенола и фенола при совместном присутствии уменьшается в ряду АГ-ОВ-1 > АБГ > Пуrolат, что связано с природой, структурой и химическим состоянием поверхности исследуемых активных углей. Сравнительный анализ экспериментальных изотерм адсорбции для сорбентов АГ-ОВ-1, АБГ и Пуrolат, а так же рассчитанные адсорбционные параметры позволяют сделать вывод о том, что наилучшими адсорбционными свойствами по отношению к фенолу и хлорфенолу в исследуемом интервале концентраций, обладает уголь марки АГ-ОВ-1.

#### Список литературы:

1. Когановский, А.М. Адсорбция органических веществ из воды / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко, И.Г. Рода. - Л.: Химия, 1990.- 256с.
2. Шишкин, В.В. Изучение равновесной адсорбции хлорфенола на углеродных сорбентах / В.В. Шишкин, В.В. Кугук, Т.А. Краснова, И.В. Тимошук. - Известия вузов. Строительство.- Новосибирск, 2006. - №8. - С.62-65.

УДК 544.77.052.22

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СУСПЕНЗИЙ МЕТОДОМ ФЛОКУЛЯЦИИ**

Т.В. Шевченко, Ю.В. Устинова

*Кемеровский технологический институт пищевой  
промышленности (университет), г. Кемерово, Россия*

Предлагаемое сообщение посвящено селективному разделению компонентов золо-шлаковых отходов, образующихся при сжигании угля на ТЭЦ и ГРЭС, с применением флокулянтов на основе полиакриламида, Актуальность этой проблемы объясняется огромными массами выбросов золы и малой долей ее целевой переработки. Использование таких техногенных отходов в различных отраслях промышленности ограничено сложностью их химического и гранулометрического состава. Зола, образующаяся во время сжигании каменного угля при температуре 1500-1600<sup>0</sup>С, имеет в своем составе традиционно несколько основных химических составляющих, % : SiO<sub>2</sub>-55, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- 20 , Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-7, CaO- 4,5, K<sub>2</sub>O-1,5, MgO-1,5, TiO<sub>2</sub>-0,75, недожег угля (уголь, кокс, полукокс) – до 15 [1].

Для рационального использования компонентов золошлаковых отходов необходимо их селективное разделение на составляющие компоненты, которые условно делятся на немагнитную и магнитную фракции. К немагнитным материалам относятся полые алюмосиликатные микросферы с малыми размерами частиц (10-500 мкм) и невысокой насыпной массой (350-500кг/м<sup>3</sup>), которые нашли частичное применение в качестве наполнителей бетонов, в производстве теплоизоляции и легких керамических изделий. К

магнитной фракции относятся интерметаллидные частицы, обогащенные оксидом железа. Наиболее сложными проблемами в использовании таких материалов является разработка технологий их качественного разделения на фракции, среди которых выделяются два основных способа - гравитационная и магнитная сепарация. В качестве альтернативного способа разделения золы предлагается флокуляционная технология. Эта технология в настоящее время широко используется в различных отраслях промышленности (водоподготовка, строительство, угледобыча, фармацевтика, химическая промышленность и др.). Флокулянты, как технические вспомогательные вещества, относящиеся к классу полиэлектролитов, находят применение не только в качестве осадителей суспензий, но и флотационных стабилизаторов коллоидных систем с малым размером частиц ( $10^{-7}$ - $10^{-5}$  см). Стратегия синтеза флокулянтов в общем виде может быть определена задачей их получения экономически оправданным способом из соответствующего мономера. Флокулянты относятся к водорастворимым высокомолекулярным соединениям (ВМС) с определенным химическим строением и заданной молекулярной массой. В настоящее время расширение ассортимента и увеличение объема производства флокулянтов обеспечивается в основном при дальнейшем проведении целенаправленной модификации макромолекул полиэлектролита за счет их обработки различными химическими реагентами [2,3,4].

Проверена возможность использования для этих целей исходных товарных и модифицированных флокулянтов на основе анионного полиакриламида «Магнофлок-345» с молекулярной массой 15 млн. Для проведения эксперимента были использованы золошлаковые отходы Северской ТЭЦ (Томская область),

работающей на Кузбасских каменных углях. Растворы флокулянтов добавлялись в суспензии зольных отходов, содержащих 10% твердой фазы, тщательно перемешивались и отстаивались в течение 5 минут. При флокуляции наблюдалось расслоение выпавшего осадка. На дно осела серая фракция алюмосиликатов, сверху на осадке находился темный слой магнитной фракции, на поверхности жидкости всплыл слой углеродного материала – недожог угля, кокс и полукокс. Эти фракции легко отделялись друг от друга. Использование флокулянтов, модифицированных эфирами гликолей, способствовало ускорению процесса разделения. Такой простой технологический прием позволяет сократить время разделения сложной разнородной порошковой системы на составляющие компоненты и способствует успешной утилизации техногенных отходов.

#### Список литературы:

1. Черепанов А.А., Кардаш В.Т. Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ / Геология и полезные ископаемые Мирового океана.-2009.-№2.-С 98-115.
2. Шевченко Т.В. Прикладная коллоидная химия. Флокулянты и флокуляция.- Кемерово,- КемТИПП.- 2004.- 146с.
3. Шевченко Т.В., Яковченко М.А., Ульрих Е.В. Изучение физико-химических свойств модифицированных полиэлектролитов на основе полиакриламида /Химическая промышленность сегодня.- 2004.- №10.- С.27-31.
4. Патент на изобретение № 2252233, 2005г. МКП С2 С08 L 33/26 /Композиция на основе полиакриламида //. Шевченко Т.В., Ульрих Е.В.

УДК 661.1  
**ДИФРАКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ  
В АЦЕТАТЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ  
УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАНАХ**

С.И. Лазарев, Ю.М. Головин, В.Н. Холодилин,  
И.В. Хорохорина, В.М. Поликарпов  
*Тамбовский государственный технический  
университет,  
г. Тамбов, Россия*

В процессах ультрафильтрационного разделения технологических растворов и очистке сточных вод для определения кинетических характеристик и расчета периода службы мембран необходимо иметь данные по структурным характеристикам мембран [1]. Исследуемые структурные превращения ультрафильтрационных мембран УАМ-50, УАМ-100 [2], при набухании в воде, представлены на рисунках 1 и 2 рентгенограммами по методу на «отражение», регистрируемыми на дифрактометре ДРОН -3.

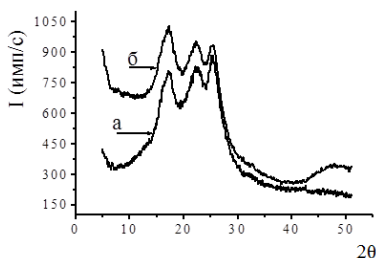


Рис.1.

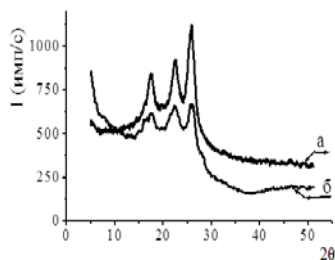


Рис.2.

Рентгеновские дифрактограммы  
ультрафильтрационных мембран: рис.1-УАМ-50; рис.2-  
УАМ-100: а- воздушносухого образца: б-  
водонасыщенного образца.

Характерной особенностью рентгеновских спектров для образцов УАМ-50 и УАМ-100, которые набухали в воде в течение 3 часов, не смотря на общую схожесть дифракционных кривых в области углов рассеяния  $2\theta$  от  $10^0$ - $30^0$ , является проявление диффузного гало в районе  $35^0$ - $50^0$ . Как видно из анализа дифракционных рефлексов для обоих образцов мембран при углах  $2\theta = 17,5^0$ ;  $22,3^0$ ;  $25,6^0$  и сравнения с литературными данными можно утверждать, что подложка композиционных мембран сформирована из арамидных волокон, а активный слой представляет собой аморфную фазу ацетатной целлюлозы. При этом, соотношение интенсивностей рефлексов существенно отличается в исходных образцах мембран. Рассчитанная рентгеновская степень кристалличности (оказалась равной 38% для УАМ-100, а для УАМ-50 – 30%, что указывает на формирование подложек по различному технологическому типу (тканевому типу УАМ-50, по типу войлокования УАМ-100). Сравнительный анализ брегговских периодов для образцов УАМ-50 показывает, что параметры кристаллографической ячейки испытывают изотропную сжимаемость при набухании (1%). В образцах УАМ-100 отмечается незначительная разрыхляемость в 0,5% с некоторой анизотропией при рефлексе  $2\theta = 25,94^0$  ( таб.) Отметим, что сорбированная мембранами вода смещает угловое положение аморфного гало для образца УАМ-50 к низким значениям  $2\theta = 20,42^0$  по отношению к исходному образцу  $2\theta = 21,37^0$ , а для образца УАМ-100 к высокому значению  $2\theta = 25,02^0$ , в исходном образце  $2\theta = 21, 25^0$ . Это свидетельствует о перестройке цепей макромолекул в

надмолекулярной упаковке аморфной фазы. Следуя формальному признаку можно утверждать, что набухание увеличивает плотность упаковки в аморфной фазе образцов УАМ -100 и напротив, разрыхляет для образцов УАМ-50. Наблюдаемые широкие диффузные рефлексy в районе углов дифракции  $2\theta = 35^{\circ} - 50^{\circ}$  для водонасыщенных образцов с брегговским периодом рассеяния порядка 0.25 нм. следует отнести, главным образом, к конформационным изменениям макромолекул аморфной фазы на молекулярном уровне [3]. Таким образом, основные структурные изменения в композиционных мембранах УАМ-50, УАМ-100 при набухании образцов в течении 3 часов происходят в аморфной области подложки и не затрагивают существенно кристаллическую фазу.

Список литературы:

1. Lazarev S.I., Golovin Yu.M., Lazarev D.S. Khorokhorina I.V. Studies on structure of pore space of MGA-95 and ESPA semipermeable membranes by small-angle X-ray scattering // [Petroleum Chemistry](#). 2016. V. 56. I. 5. P. 423–426.

2. Владипор: сайт ЗАО НТИЦ Владипор. [Электронный ресурс]. Дата обновления: 25.03.2016. URL: <http://www.vladipor.ru/> (дата обращения: 29.12.2016).

3. Скрышевский А.Ф. Структурный анализ жидкостей. М.: Высшая школа, 1971.

УДК628.316.12

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ПРИМЕНЕНИЮ АНТИСКАЛАНТОВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

М.А.Полетаева, Ю.Ю. Мягкова

*Алтайский государственный технический  
университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия*

Более половины районов Алтайского края не имеют доступа к пресным поверхностным водным источникам. В условиях дефицита пресной воды единственным источником питьевого и хозяйственно-бытового водопользования становится вода артезианских скважин. Однако высокое содержание солей жесткости в ней требует умягчения природных вод до соответствующих нормативов. Норматив общей жесткости для питьевой воды составляет 7 мг-экв/л, а для технологической определяется требованиями соответствующих регламентов и может варьироваться в широких пределах – от 7 мг-экв/л в пищевой промышленности до 0,01 мг- экв/л в теплоэнергетике.

Правильная подготовка воды для системы отопления очень важна. Наличие в воде посторонних механических примесей, тяжелых металлов и солей, а также повышенная жесткость, сопряжены рядом последствий начиная со снижения теплопередающей способности оборудования и заканчивая его разрушением [1].

При подготовке воды для водогрейных котлов широко используются соединения препятствующие накипеобразованию – антискаланты [2]. К основным типам антискалантов относятся ингибирующие добавки, подщелачиватели, подкислители и дегазаторы. Для



каждого из этих компонентов характерен определенный механизм действия на процесс осадкообразования. Правильный выбор антискаланта или их совокупности поможет минимизировать дозировку, а следовательно и затраты на эксплуатацию.

Целью работы является изучение антискалантов различного механизма действия и определение оптимальной дозы антискаланта для вод различной жесткости и состава.

В работе использовались оксиэтилидендифосфоная кислота (ОЭДФ-кислота), триполифосфат натрия, метабисульфит натрия и лимонная кислота, при этом каждый из антискалантов обладает определенным механизмом предотвращения накипиобразования.

На первом этапе работы оценивалось влияние антискалантов на ход определения солей жесткости в воде. Антискалант – это соли и кислоты, которые связываются с ионами  $\text{Ca}^{2+}$  и / или  $\text{Mg}^{2+}$  и при использовании стандартных методик определения жесткости мы получим искаженный результат. Для оценки мешающих влияний антискалантов на определение общей и карбонатной жесткости изучена зависимость определяемой жесткости от количества антискаланта в растворе.

В модельные растворы воды с жесткостью 5 мг/л и 15 мг/л добавляли раствор антискаланта. При этом концентрация его в пробе воды варьировалась от 0,1 до 3 мг/л. Общую и карбонатную жесткость определяли по стандартным методикам (ГОСТ 4151 – 72 и ГОСТ 31957-2012) [3].

Для приведения определяемой жесткости к истинной были получены поправочные коэффициенты, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Поправочные коэффициенты для различных  
антискалантов

| Антискалант          | Жесткость раствора, мг/л |                   |                 |                   |
|----------------------|--------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
|                      | 5                        |                   | 15              |                   |
|                      | K <sub>об</sub>          | K <sub>карб</sub> | K <sub>об</sub> | K <sub>карб</sub> |
| Лимонная кислота     | 0,91                     | 0,86 –<br>0,75    | 0,97            | 0,84 –<br>0,89    |
| Метабисульфит натрия | 0,91                     | 0,86              | 1               | 1                 |
| ОЭДФ                 | 1,11                     | 1                 | 1               | 0,89              |
| Триполифосфат натрия | 1,11 –<br>1,25           | 1,2               | 1               | 0,94              |

Поправочные коэффициенты не являются постоянной величиной для определенного вида антискаланта. Величина коэффициента меняется в зависимости от концентрации реагента в воде. Кроме того, полученные коэффициенты являются экспериментальными, их корректное использование возможно при температуре  $t=24^{\circ}$ , и давлении  $P=737$  мм.рт.ст.

#### Список литературы:

1. Водное хозяйство промышленных предприятий / под ред. В. И. Аксенова. - Справ. изд. - М. : Теплотехник, 2005 - .Кн. 3 / В. И. Аксенов [и др.]. - 2007. - 367 с.
2. Жога А.В., Пудова Н.Е., Какурин Н.П. Разработка методики оценки эффективности антискалантов // Успехи в химии и химической технологии. 2013. Т. 27. №7 (147). С. 84-90.
3. Труды XIV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь-2017», секция «Природоохранные технологии», Барнаул, 2017. – С. 20-22.

УДК 637.1:628.194

## **РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОДОПОДГОТОВКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВОССТАНОВЛЕННОГО МОЛОКА**

А.В.Учайкин, Е.В.Короткая

*Кемеровский институт пищевой промышленности  
(университет),  
г. Кемерово, Россия*

Молоко и молочные продукты, благодаря высокой пищевой и биологической ценности, играют особую роль в питании населения. Однако равномерное снабжение населения свежим молоком осложняется тем, что оно является скоропортящимся продуктом, а его производство в нашей стране носит сезонный характер. В связи с этим повышение эффективности восстановления сухих молочных продуктов является весьма актуальным.

Одним из наиболее существенных факторов, влияющих на органолептические и физико-химические показатели восстановленного молока, является качество используемой воды [1, 2].

Разделительные вымораживающие установки, используемые для опреснения воды из природных источников, по своим экономическим показателям конкурентно способны с опреснительными установками, основанными на методах дистилляции, обратного осмоса и электродиализа [3, 4].

На начальном этапе исследований для осуществления водоподготовки использовали емкостной кристаллизатор с контрольно-измерительным комплексом регистрации температур [5]. Эксплуатация этой установки показала возможность ее усовершенствования, схема усовершенствованной установки представлена на рис. 1.

С целью повышения производительности, был использован четырехходовой клапан, позволяющий переключать цилиндрические емкости из режима намораживания в режим плавления, при этом плавление льда осуществляется за счет теплоты, отводимой от воды, намораживаемой во втором цилиндре, что увеличивает энергетическую эффективность процесса. Оптимальная энергетическая эффективность работы установки для разделительного вымораживания воды достигалась при толщине слоя намораживаемого льда в 13÷16 мм.

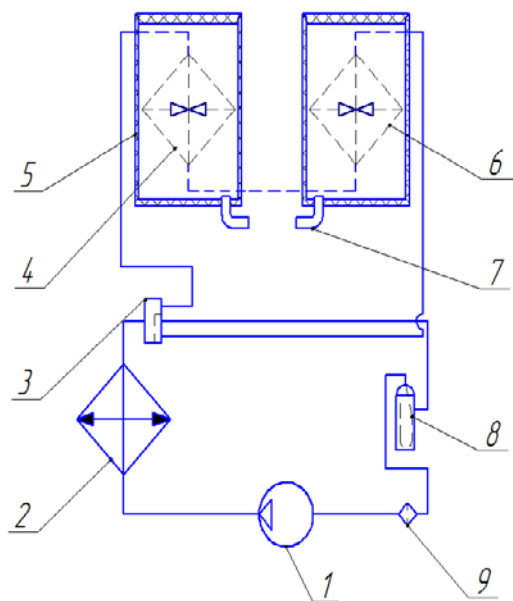


Рис.1. Схема двух цилиндрической разделительной вымораживающей установки:

1- компрессор; 2- предконденсатор; 3- четырехходовой клапан; 4- испаритель-концентратор; 5- цилиндрическая теплоизоляционная емкость; 6- испаритель-концентратор; 7- сливной трубопровод; 8- отделитель жидкости; 9- фильтр осушитель

Включение разделительного вымораживания в технологию водоподготовки, позволило сократить время растворения сухого обезжиренного молока на 30%, при этом степень растворения увеличилась на 1,1 %, по сравнению с водой, подготовленной по традиционной технологии.

Список литературы:

1. Липатов, Н.Н. Восстановленное молоко (теория и практика производства восстановленных молочных продуктов) [Текст] : монография / Н.Н. Липатов, К.И. Тарасов. - М.: Агропромиздат, 1985. –255 с.
2. Попова, Н.В. Инновации в технологии восстановления сухого молока как фактор управления качеством восстановленных продуктов переработки молока / Н.В. Попова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2013. – Т. 7. – № 4. – С. 181-186.
3. Антипов, С.Т. Тепло-и массообмен при концентрировании жидких сред вымораживанием /С.Т. Антипов, В.Е. Добромиров, В.Ю. Овсянников. – Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 2004. -208 с.
4. Пап, Л. Концентрирование вымораживанием / Пер. с венг. под ред. О.Г. Комякова. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982 – 96 с.
5. Патент РФ № 2509514. Устройство для концентрирования жидких пищевых продуктов.

УДК 622.332 (1-925.11/16)

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫБОРА ТОПЛИВА ДЛЯ ТЭС СИБИРИ**

Г.В. Сакаш, К. Г.Сакаш

*Сибирский федеральный университет,  
г. Красноярск, Россия*

В Сибири к крупным городам, на ТЭС которых в качестве топлив используется бурый уголь, относятся Красноярск, Иркутск и Чита [1]. Это обстоятельство привело к деградации окружающей природной среды в этих мегаполисах [2-4]. Красноярские ТЭЦ и котельные города являются источником загрязнения как воздушного бассейна, так и природных вод и почв. Они имеют в своем составе мазутные хозяйства, служащие для розжига котлов. Розжиг котла представляет собой не простую и продолжительную по времени процедуру, на первой стадии которой применяется мазут. И лишь после «вработки» котла с использованием мазута для его разогрева переходят на дозирование угля. Кроме этого, для работы в самые холодные зимние дни для обеспечения пиковых нагрузок включают в работу котлы, работающие только на мазуте. Выбор в качестве топлива бурого угля определяет наличие в составе ТЭС отдельного структурного подразделения – цеха топливоподачи. Для обеспечения подачи угля на сжигание в котлы ТЭС существует сложный комплекс вспомогательных машин и механизмов, включающий парк мощных бульдозеров на складе топлива, которые используют в качестве топлива

солярку (дизельное топливо), мельниц для размола угля, конвейерных галерей топливоподачи, систем аспирации и гидроуборки трактов топливоподачи (сухая угольная пыль взрывоопасна). Для предотвращения взрыва угольной пыли в местах размола угля в мельницах и транспорта его в топку котла используется водяная завеса (система аспирации), которая смачивает частицы угля водой и осаждает их на пол. В дальнейшем вода с угольной взвесью по дренажным каналам отводится через багерную насосную станцию в пруд системы гидрозолоудаления станции.

Склад угля представляет собой открытую всем ветрам и атмосферным осадкам территорию площадью от 1 га и более. Для накопления и хранения нормативного запаса угля приходится завозить его постоянно в течение всего года железнодорожным транспортом, использовать для его разгрузки сложные в эксплуатации вагоны-опрокидыватели.

В теплое время года уголь на складе может самовозгораться, что приводит к дополнительному задымлению атмосферного воздуха и нерациональному увеличению расхода топлива. Для профилактики самовозгорания угля его приходится смачивать водой и постоянно передвигать по площади склада бульдозерами.

Розжиг котла представляет собой сложную и продолжительную процедуру.

Для розжига котлов мазутом также необходим вспомогательный комплекс оборудования: подъездные железнодорожные пути, станция разгрузки мазута, емкости для хранения, средства транспорта –мазутонасосные

станции для перекачки мазута в котлы. Эти вспомогательные комплексы значительно удорожают генерацию электроэнергии и системы теплоснабжения городов. Производственные сточные воды ТЭС, загрязненные нефтепродуктами, неминуемо попадают в природные водоемы. Река Енисей относится к рыбохозяйственным водоемам I категории (нерест ценных пород рыб), к качеству воды которой предъявляются самые высокие требования. К негативным последствиям работы ТЭС, работающих на бурых углях, относятся не только вредные сбросы в природные водоемы большого количества щелочных стоков из переполняющихся систем гидрозолоудаления и нефтесодержащих стоков ТЭС, но и газовые выбросы, загрязняющие атмосферный воздух и являющиеся причиной участвовавшего в последние годы объявления в г. Красноярске режима «черного неба», длящегося нередко месяцами. Количество углерода, поступающего в атмосферу от ТЭС с углекислым газом после сжигания бурого угля превышает все допустимые пределы. Только одна из Красноярских ТЭЦ (их в городе три, не считая крупных котельных) в самые холодные зимние дни сжигает эшелон бурого угля из 60 железнодорожных вагонов грузоподъемностью около 60 тонн каждый (по 3500 т угля в сутки).

За 74-х летнюю эксплуатацию Красноярских ТЭС (первая из них -Красноярская ТЭЦ-1 введена в строй в 1943 г.) накоплено громадное количество отходов сжигания бурого угля – золошлаков с выведением из оборота значительных площадей земли. Эти земли отравлены щелочью и тяжелыми металлами. Накопленные



в золоотвалах отходы не утилизируются и не обезвреживаются, а загрязняют подземные воды и грунт. Даже через несколько десятков лет на месте бывших золоотвалов не растут деревья и в угнетенном и однообразном виде представлены травы. Попытки использовать золошлаки в качестве вторичного сырья для различных целей в России признать успешными нельзя, хотя зарубежный опыт (США) говорит, что это возможно, например, при строительстве автомобильных дорог.

За этот же период в природный водоем (река Енисей) сброшено щелочной воды в 10-20 раз больше, чем накопленная масса золошлаков, так как применяемое на ТЭС золоудаление после сжигания угля в котлах предусматривает использование воды в количестве в 10-20 т воды на удаление (транспорт в золоотвал) 1 т золошлаков.

Все эти негативные воздействия ТЭС на окружающую среду и другие дополнительные эксплуатационные издержки для генерации электроэнергии и теплоснабжения городов региона, обеспечиваемых предприятиями теплоэнергетики, являются следствием использования в качестве топлива бурового угля и моментально исключаются при замене его на газ.

В Европе и Европейской части России бурый уголь в качестве топлива ТЭС не используется по экологическим соображениям. Там с успехом используется газ, поставляемый Россией. Современная действующая концепция по развитию отечественной теплоэнергетики на

десятилетия вперед настойчиво рекомендует использовать бурый уголь на тепловых станциях только Сибири.

Единственным достоинством бурого угля является его низкая стоимость. В России есть ценный отечественный опыт замены бурых углей на газ в качестве топлива тепловых станций. Замена бурого угля на газ это исторически доказанный тренд во всем мире. Это поняли и в Китае, где в крупных городах отказались от бурого угля в пользу газа. Намного раньше этот путь прошли в США.

Пришла пора вспомнить и о Сибири, которая обеспечивает львиную долю национального дохода страны и в которой работают и живут граждане России – сибиряки.

#### Список литературы:

1.Тарасов Алексей. ВОЗДУХ РОДИНЫ. Чулок на городе. // Новая газета. № 22, 03.03.2017, с. 20-21.

2. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 году. Красноярск, Министерство природопользования и экологии Красноярского края, 2015, 294 с.

3.Сакаш Г.В. Уровень техногенной нагрузки ТЭС на природные водоемы Красноярского края // Промышленная энергетика , 2007, № 5, с. 49-53.

4. Сакаш Г.В. Виды и расходы сточных вод ТЭС, работающих на бурых углях // Электрические станции, 2007, №7, с. 45-49.

УДК 628.16

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Амджад Захид; Пух Джефф  
*Brecksville, Ohio, USA*

В последние двадцать лет технология обратного осмоса перешла из разряда объектов лабораторных исследований и предметов лекторского анализа в разряд жизнеспособных самостоятельных инженерных операций по разделению водных потоков. А на протяжении последних пяти лет, экономическая целесообразность извлечения наибольшей производительности от каждой операции заставила локальных операторов эксплуатировать свое мембранное оборудование на менее качественном уровне потоков подач в целях максимальной рекуперации. Но это может быть разрушительным фактором для мембранного оборудования. Загрязнение мембранных систем оказывает влияние как на качество, так и на количество произведенного вещества, растворенного в исходном растворе процесса мембранного разделения. Процесс очистки мембран требует осуществления мероприятий по покупке, доставке, хранению и удалению чистящих химикатов, повышает трудозатраты, и влечет за собой простои мембранного оборудования. Кроме того, процесс очистки оказывает физический вред мембранным системам. В конечном счете, загрязнения, оставшиеся на мембране после

очистки, становятся центром накопления загрязняющих веществ, которые будут поступать в систему впоследствии.

Правильное применение полимерных антинакипинов и диспергаторов может уменьшить оседание солей, которому способствует накипеобразование, и сократить аккумуляцию макрочастиц загрязняющего вещества. Традиционно такие полифосфаты, как тетрапирофосфат калия (ТПФК), гексометафосфат натрия (ГМФН), триполифосфат натрия (ТПФН) использовались в других отраслях, связанных с водопереработкой для того, чтобы снизить вероятность накипеобразования солей карбоната кальция. Только соль гексаметафосфата натрия стала распространенной в области мембранного разделения. С появлением синтетических поликарбоксилатов использование полифосфатов было в основном прекращено. Данные антинакипины второго поколения используются во многих случаях, когда вероятность накипеобразования относительно небольшая. В других случаях (в основном в тех, где используется комплексные потоки подач или высокая рекуперация) вполне оправдано появление третьего поколения многофункциональных антинакипинов, полученных на основе сополимерной технологии. Целью данного доклада является представление технологии использования вышеупомянутых высокоэффективных антинакипинов для предотвращения появления солей, образующихся в результате накипеобразования, стабилизации ионов металлов и диспергирования макрочастиц загрязняющего вещества в системах, работающих по технологии обратного осмоса.

УДК 534.612.1

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОЧИСТКЕ ПРОДУВОЧНЫХ ВОД ИЗ ОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ И ВОЗВРАТ ИХ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦИКЛ**

А. А.Белогорский, В. К.Лапшин  
*г. Рига, Латвия*

Устойчивые, высокие темпы развития экономики в последние 5 лет предполагают дальнейшую модернизацию всей технологической цепочки производства продукции на основе современных, инновационных технологий.

При этом, одним из ключевых факторов при выборе технологии, является минимальное воздействие предприятий на окружающую среду и максимально эффективное использование природных ресурсов, задействованных в производственном цикле. В случае предприятий, базовых отраслей, таких как металлургические, нефтеперерабатывающие, химические и т.д., имеющих оборотные системы охлаждения, таким ресурсом является, в том числе, и вода. Действующие предприятия сбрасывают ежедневно, совокупно, миллионы кубометров воды на очистные сооружения или напрямую в окружающую среду, при этом, имея реальную технологическую возможность вернуть эту воду обратно в производственный цикл.

Реальность рециклинга обусловлена использованием мембранной технологии при решении 3-х основных проблем обработки сбрасываемых продувочных вод оборотных систем: наличие большого количества

взвешенных веществ, высокое солесодержание и микробиологическое загрязнение воды.

Исходная вода для оборотных систем, как правило, берется из поверхностных источников (реки, озёра). После необходимой предварительной очистки, которая зависит от физико-химических параметров воды, она подаётся в оборотные системы, общий объём которых может достигать нескольких десятков тысяч кубических метров. Там вода подвергается коррекционной обработке с использованием специальных химикатов для предотвращения возможных проблем в оборотном контуре: коррозия, отложение солей и микробиологическое обрастание, что существенно влияет на эффективность и качество основных технологических процессов.

Вместе с тем, после определенного количества циклов, вода постоянно сбрасывается из контуров и пополняется очищенной. Объём сбрасываемых вод может варьироваться от нескольких десятков до нескольких сотен кубических метров в час, в зависимости от отрасли и производительности предприятий.

Как правило, «продувочные воды» из открытых оборотных систем охлаждения имеют несколько проблем, о которых упоминалось выше, и до недавнего времени они делали невозможным повторное использование воды в производственном цикле.

Однако сегодня, с технической точки зрения, эти вопросы вполне решаемы, используя последние достижения мембранной технологии в области ультрафильтрации и обратного осмоса.

Вода, сбрасываемая из оборотных контуров, накапливается в балансных бассейнах и с постоянной производительностью, примерно равной общей подпитке в контура, последовательно обрабатывается на установках ультрафильтрации и обратного осмоса.

Ультрафильтрация выполняет функцию предварительной очистки воды для установок обратного осмоса. Т.е. удаляются взвешенные, коллоидные вещества и частично крупные растворенные органические соединения с дозированием коагулянта перед фильтрацией на мембранах. Коэффициент использования фильтрата после ультрафильтрационных установок может достигать 90-95% , в зависимости от качества обрабатываемой воды и особенностей проектирования самого оборудования. Промывные воды с установок ультрафильтрации подаются в отстойники и осветлители сточных вод предприятия.

Общее солесодержание очищаемой оборотной воды может быть в несколько раз выше чем исходной, в зависимости от количества циклов её использования в процессе и коррекционной химической обработки.

Качество воды, после обработки на обратноосмотической установке, как правило, характеризуется общим солесодержанием до 50 миллиграмм на литр, что дает возможность использовать её в дальнейшем как подпиточную воду для котлов низкого и среднего давления или разбавления подпиточной воды в оборотные контура (закрытые и открытые) систем охлаждения. Коэффициент выхода фильтрата установки обратного осмоса может быть в диапазоне 60-80%, в зависимости от химического состава обрабатываемой воды и эксплуатационных характеристик самой установки.

УДК 628.316.12

## **УМЕНЬШЕНИЕ ОБЪЕМА СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ОБЕССОЛИВАНИИ ВОДЫ**

Г.В. Славинская, О.В. Куренкова\*

*Воронежский государственный архитектурно-  
строительный университет*

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-  
воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и  
Ю.А. Гагарина». Кадетский корпус (инженерная школа)\*,  
г. Воронеж, Россия*

Многие виды производств используют ультрачистую высокоомную обессоленную воду. Самый крупномасштабный потребитель - атомная и теплоэнергетика, второе место - предприятия оборонного комплекса (микроэлектроника). Чаще всего такую воду получают методом ионного обмена. Его недостатком является образование кислых и щелочных сточных вод. Однако их объем можно минимизировать, если найти оптимальные режимы работы ионообменных фильтров не методом перебора вариантов, а основываясь на результатах изучения закономерностей сорбции примесей.

Удаление минеральных веществ из воды методом ионного обмена осуществляется довольно легко. Серьезное осложнение - присутствие органических веществ. В природных водах среди них доминируют гуминовые (ГК) и фульвокислоты (ФК), причем ФК, по нашим данным (результаты анализа более 40 источников), всегда больше, чем ГК в 10...30 раз [1]. Этих веществ не должно быть в



обессоленной воде, так как ГК и ФК – электролиты, которые снижают удельное электрическое сопротивление воды. Поэтому, независимо от способа деминерализации, первый этап обработки, тот есть предподготовка воды - удаление органических веществ.

С этой целью на предприятиях перед подачей воды на обессоливание ионитами применяли реагентную коагуляцию и затем сорбцию на активных углях. Но около 1960 года в стране появились пористые синтетические сорбенты, названные авторами Вакуленко В.А. и Самборским И.В. «ИА-п» - «иониты адсорбционные», предназначенные для очистки воды от гуминовых веществ. Так как промышленность ни гуминовых, ни фульвокислот не выпускает, мы долго не имели возможности исследовать закономерности сорбции этих веществ данным анионитом.

Воду после коагуляции сульфатом алюминия дозой 60 мг/л (удаление ГК и ФК) и осветления в механическом фильтре пропускали через слой анионита ИА-1, то есть так же, как в случае использования активного угля, то есть использовали его в роли лобового устройства в качестве ловушки органических веществ. Так как рабочей формой анионитов в установках обессоливания является гидроксидная форма, анионит ИА-1 был в ОН-форме.

В таком режиме 1 м<sup>3</sup> загрузки фильтра очищал до 300 м<sup>3</sup> озерной воды с окисляемостью 4,8 мг О<sub>2</sub>/л, содержанием ГК - 0,26 мг/л и ФК – 5,8 мг/л. Фильтры обессоливания обычно регенерируют растворами щелочей. Именно так поступали и мы: пропускали через фильтр раствор едкого натра с содержанием NaOH – 1,0 моль/л, то

есть 40 кг/м<sup>3</sup> раствора. Так как для регенерации обессоливающих анионитовых фильтров расходуют 5 м<sup>3</sup> раствора на 1 м<sup>3</sup> анионита, мы поступали аналогично. На одну регенерацию 1 м<sup>3</sup> анионита затраты твердой щелочи составляли 200 кг.

Так как назначение анионита ИА-1 - удаление органических веществ, в том числе ГК и ФК, эффективность десорбции оценивали по перманганатной окисляемости щелочного регенерата и содержанию в нем ГК и ФК. Оказалось, что достаточно 2,5 м<sup>3</sup> раствора на 1 м<sup>3</sup> анионита, то есть сократили в 2 раза расход щелочи и объем щелочных сточных вод. Затем исследовали зависимость процесса десорбции ГК и ФК от концентрации NaOH (0,5; 0,8 и 1,0 моль/л). Оптимальной оказалась концентрация 0,5 моль/л, а масса NaOH (20 кг/м<sup>3</sup> x 2,5 м<sup>3</sup>) всего 50 кг. Таким образом, расход щелочи сократился в 4 раза против традиционного.

Из регенерата, который имел темнокоричневую окраску, выделили фульвокислоты в чисто виде, что позволило нам изучить закономерности их сорбции анионитами типа ИА [2]. Оказалось, что перевод анионита из гидроксидной ионной формы в солевую (нами использована Cl<sup>-</sup>-форма) увеличивает сорбционную способность анионита на 35 % - со 119 до 162 г на 1 кг насадки фильтра (в перечете на абсолютно сухую навеску). Эта мера обеспечила очистку 450 м<sup>3</sup> воды одним кубометром анионита ИА-1. То есть при том же режиме регенерации (50 кг щелочи на 1 м<sup>3</sup>) число регенераций уменьшилось в 1,5 раза.

Исследования закономерностей сорбции были продолжены. Природные воды имеют примерно нейтральную среду, но в нашей практике рН воды встречался равным от 6 до 9,5. Поэтому исследовали зависимость эффективности сорбции ФК от реакции среды разными анионитами. Зависимость сорбции ими ФК от рН имеет максимум: в случае низкоосновного анионита ИА-1 в интервале рН 2...4, высокоосновного – 2...7 (рисунок 1).

На кривых имеется максимум, который приходится на рН  $\sim 3$ . Такая воды на установке обессоливания есть. Она образуется при Н-катионировании воды. В итоге на сорбент в хлоридной форме стали подавать кислую воду, то есть первым в цепочке стал катионитовый фильтр. В таком режиме 1 м<sup>3</sup> сорбента очищал до 600 м<sup>3</sup> воды, то есть в 2 раза больше, чем в начальном варианте, когда анионит ИА-1 в ОН-форме стоял до катионита.

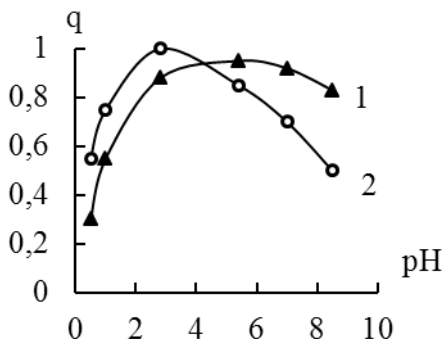


Рис. 1. Зависимость эффективности сорбции фульвокислот анионитами АВ-17-2П (1) и ИА-1 (2) от рН (за  $q=1$  принята максимальная сорбция ФК данными анионитами)

Воды открытых водоемов, в отличие от артезианских, меняют свою температуру в зависимости от времени года – от 0 до 30 °С. Возник вопрос – как поведет себя сорбент при низкой температуре? Оказалось, что независимо от типа сорбента повышение температуры увеличивает сорбцию примесей. Так, на анионите ИА-1 – почти в 2,5 раза (табл. 1).

Таблица 1

Параметры уравнения Фрейндлиха ( $a=\beta c^\alpha$ ) при сорбции фульвокислот анионитами при разной температуре

| Анионит     | T=20 °C |          | T=8 °C  |          |
|-------------|---------|----------|---------|----------|
|             | $\beta$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\alpha$ |
| ИА-1-С1     | 11,8    | 0,62     | 4,7     | 0,70     |
| АВ-17-2П-ОН | 10,5    | 0,59     | 3,2     | 0,76     |

Чтобы реализовать это условие, в схему ввели теплообменник. Из приведенных в табл. 1 коэффициентов следует, что повышение температуры в одинаковой мере увеличивает сорбцию ФК из разбавленных растворов как высокоосновным, так и низкоосновным анионитами. Величина  $\beta$  - сорбция вещества из раствора с его концентрацией, равной 1. В данном случае - из воды с содержанием 1 мг/л ФК.

Повышение температуры заметно удлинило межрегенерационный период: объем очищенной воды стал равным 900-1000 м<sup>3</sup>. При этом повысилось качество воды.

Перевод анионита в хлоридную форму, подача на него кислой Н-катионированной воды и ее подогрев до 25 °С настолько улучшили эффективность очистки от органических примесей, что позволило предприятию вообще отказаться от коагуляции. Это снизило нагрузку на обессоливающий ОН-фильтр (АН-31), так как при дозе  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  в 60 мг/л количество анионов сильных кислот в воде возрастает на 1 мг-экв/л. Анионный состав озерной воды таков:  $\text{Cl}^-$  - 0,9;  $(\text{SO}_4)^{2-}$  - 1,1 мг-экв/л, то есть в сумме около 2 мг-экв/л. С учетом дозы коагулянта анионов было 3 мг-экв/л. Исключение этапа коагуляции снизило это количество на 30 %. Это значит, что количество регенераций обессоливающего анионита также уменьшился на 1/3, то есть снизился расход щелочи и объем сточных вод.

Тот факт, что анионит ИА-1 в солевой форме активно поглощает примеси, привел к необходимости определения доли загрузки фильтра, которую нужно перевести в солевую форму, чтобы она обеспечивала высокий эффект очистки воды. Для этого насыщали анионит соляной кислотой таким образом, чтобы от 10 до 50 % насадки переводились в  $\text{Cl}^-$ -форму. Оказалось, что достаточно присутствия 15-20 % такого анионита в фильтре. Вначале активно работает слой анионита в верхней части фильтра, затем остальной объем анионита из  $\text{OH}^-$ -формы переводится кислой водой из катионитового фильтра в солевые формы – сульфатную, хлоридную и т.д. В табл. 2 представлены данные о затратах реагентов и объеме сточных вод в процессе предподготовки и  $\text{OH}^-$ -

анионирования озерной воды с содержанием 4,8 мг-экв/л.

Таблица 2

Расход щелочи и воды при удалении гумусовых кислот из воды коагуляцией (I) и сорбцией (II). ( $Q = 25 \text{ м}^3/\text{ч} = 216000 \text{ м}^3/\text{год}$ )

| Показатель                                                     | Схема<br>I | Схема<br>II |
|----------------------------------------------------------------|------------|-------------|
| а) фильтр с обессоливающим ОН-анионитом (АН-31)                |            |             |
| - число регенераций в год                                      | 60         | 30          |
| - фактический расход щелочи в год, т                           | 25,6       | 12,8        |
| - расход воды в год на собственные нужды фильтра, $\text{м}^3$ | 3708       | 1854        |
| б) фильтр механический                                         |            |             |
| - расход коагулянта (глинозема) в год, т                       | 14,6       | 0           |
| - расход воды в год на собственные нужды фильтра, $\text{м}^3$ | 23995      | 0           |
| в) объем сточных вод в год, $\text{м}^3$                       | 27703      | 1854        |

#### Список литературы:

1. Славинская Г.В. Фульвокислоты природных вод / Г.В. Славинская, В.Ф. Селеменев. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2001. – 165 с.
2. Славинская Г.В. Физико-химические закономерности сорбции фульвокислот синтетическими анионитами / Г.В. Славинская // Сорбционные и хроматографические процессы. - 2004. - Т. 4, № 3. - С. 125-130.

УДК 534.612.1

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
БИОСОРБЦИОННО-МЕМБРАННОГО МЕТОДА  
ОЧИСТКИ ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ  
ИСТОЧНИКОВ С ЦЕЛЬЮ ПИТЬЕВОГО  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

А.И. Вергунов\*, Р.В. Федотов\*\*, И.А. Лапина\*\*  
*ООО НПП «ЭКОФЕС»\*, Южно - Российский  
государственный политехнический университет  
(Новочеркасский политехнический институт)\*\*,  
Новочеркасск, Россия*

На территории Южного федерального округа (ЮФО) в качестве источника питьевого водоснабжения в основном используются поверхностные воды [1], доля которых в общем объеме водопотребления достигает 75%. Практически все источники в субъектах ЮФО подвергаются антропогенному и техногенному воздействию и, как следствие, наблюдается непрерывная деградация водоёмов. Среди загрязняющих химических веществ в поверхностных водах присутствуют органические соединения. В ряде случаев их концентрация в воде превышает предельно-допустимые значения.

Улучшения качества питьевой воды с учётом состояния водных объектов для централизованного водоснабжения сегодня уже невозможно достичь с использованием только традиционных технологий, основанных на реагентной обработке с последующим отстаиванием и фильтрованием. Они не могут обеспечить необходимую степень очистки воды в первую очередь от органических веществ, которые являются исходным продуктом высокотоксичных галогенорганических соединений образующихся при первичном хлорировании.

Одним из способов снижения содержания органических веществ в природной воде является использование биологических процессов в сочетании с сорбцией на порошкообразном активном угле и мембранным фильтрованием. Такой метод получил название – биосорбционно-мембранный [2-5], а реализуется он в биосорбционно-мембранном реакторе (БМР).

Таблица 1.

Среднее значение показателя качества донской воды и пермеата за период 2015-2016 гг.

| Показатель                     | Ед. изм.           | Среднее значение |         | Эффективность, % |
|--------------------------------|--------------------|------------------|---------|------------------|
|                                |                    | сырая вода       | пермеат |                  |
| Водородный показатель          | ед. pH             | 8,01             | 8,30    | -                |
| Перманганатная окисляемость    | мг/л               | 4,80             | 3,20    | 31,3             |
| Нефтепродукты, суммарно        | мг/л               | <0,10            | <0,10   | -                |
| Фенол                          | мг/л               | <0,001           | <0,001  | -                |
| Мутность                       | мг/л               | 2,51             | 0,0     | 100,0            |
| Цветность                      | град.              | 13,22            | 5,63    | 57,1             |
| Аммоний ( $\text{NH}_4^+$ )    | мг/л               | 0,092            | 0,037   | 58,0             |
| Нитраты ( $\text{NO}_3^-$ )    | мг/л               | 3,02             | 3,02    | -                |
| Нитриты ( $\text{NO}_2^-$ )    | мг/л               | 0,010            | 0,003   | 70,0             |
| Фосфаты ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) | мг/л               | 0,37             | 0,35    | 5,41             |
| ХПК                            | мг $\text{O}_2$ /л | 27,60            | 16,70   | 41,2             |
| БПК <sub>5</sub>               | мг $\text{O}_2$ /л | 0,90             | 0,59    | 34,4             |

Начиная с ноября 2014 г. по февраль 2016 г. проводили исследования по очистке природой воды р. Дон



на БМР с плоскораменными мембранами. Результаты работы установки приведены в таблице 1.

Как следует из таблицы, качество очищенной воды, прошедшей обработку в БМР с плоскораменными мембранами удовлетворяет требованиям СанПиН по основным показателям. Проведенные микробиологические исследования показали, что полученные результаты свидетельствуют о практически полном отсутствии в пермеате общих колиформных бактерий, термотолерантных колиформных бактерий и колифагов.

Список литературы:

1. О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2012 году : гос. доклад. – 2014. Материалы сайта: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1545>.

2. Швецов В. Н. Развитие биомембранных технологий очистки природных вод / В. Н. Швецов, К. М. Морозова, И. И. Смирнова // Водоснабжение и сан.техника. – 2009. – № 9. – С. 64-70.

3. Швецов В. Н., Морозова К. М., Фесенко Л. Н., Скрыбин А. Ю., Вергунов А. И. Хлор- и броморганические соединения в питьевой воде: методы их удаления // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 2. С. 30–35.

4. Фесенко Л.Н. Биосорбционно-мембранный реактор с плоскими фильтрующими элементами: методика расчёта / Фесенко Л. Н., Вергунов А.И., Швецов В.Н., Морозова К.М., Костюков В.П. // Водоснабжение и санитарная техника. - 2017. - № 4. - С. 12-18.

5. Вергунов А. И., Швецов В. Н., Морозова К. М., Фесенко Л. Н. Биосорбционно-мембранный реактор с плоскораменными мембранами для очистки донской воды / Технология очистки воды «ТЕХНОВОД–2016»: Материалы IX Международной научно-практической конференции, г. Ростов-на-Дону, 5–7 октября 2016 г. – Новочеркасск: Лик, 2016. С. 146–151.

УДК 628.161.2:551.444 (571.150)  
**ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД  
ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ  
ПРИРОДНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ  
АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

С.Е. Алейникова, И.Г. Чигаев  
*Алтайский государственный технический  
университет им. И.И.Ползунова,  
г. Барнаул, Россия*

Алтайский край обладает значительными запасами, как поверхностных водных ресурсов, так и подземных. В состав поверхностных вод входят: речная сеть, общей протяженностью 51004 км; озера, общей площадью 2,71 тыс. км<sup>2</sup>; болота и заболоченные земли, площадью 3747 км<sup>2</sup>. Запасы подземных вод составляют 19 км<sup>3</sup>, в том числе пресных – 10 км<sup>3</sup>. При этом большинство населенных пунктов края, исходя из их географического расположения, не имеют возможности использовать поверхностные воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Для этого они вынуждены прибегать к использованию воды из подземных источников. Так, на территории края эксплуатируется около 105 тыс. водозаборных скважин [1,2].

Качественный состав воды, имеющейся на территории края, используемой для питьевых целей, зачастую не соответствует нормативным показателям. Основными причинами этого являются различные природные факторы и чаще связано с выносом солей из осадочных пород, выщелачиванием продуктов выветривания горных пород и антропогенными факторами. Высокий износ водопроводных сетей; деятельность человека, также являются причиной

загрязнения подземных вод. Анализ исследований, показывает, что в пробах подземных вод питьевого назначения ряда районов края содержится значительное количество соединений марганца, наблюдается повышенное содержание соединений железа (от 0,7-2,0 мг/л при ПДК - 0,3 мг/л). В то время в целом по краю содержание железа варьируется от 0,07 до 16,6 мг/л при преобладании значений 0,3-1,0 мг/л. Повышенное содержание железа придает воде неприятный металлический привкус, мутную буроватую окраску, способствует быстрому зарастанию водопроводных сетей и водоразборной арматуры, и что не менее важно, при продолжительном употреблении воды с повышенной концентрацией железа может привести к серьезным заболеваниям. Исходя из этого, использование подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения с повышенным содержанием железа не допустимо.[3]

Для обезжелезивания существует множество методов, разработанных как для поверхностных, так и подземных источников. Все существующие методы обезжелезивания можно разделить на две условные группы: реагентные и безреагентные. К реагентным методам обезжелезивания относят такие как: обработка окислителями (хлор, озон, перманганат калия) с последующим фильтрованием; известкование; ионообменные методы; фильтрование через модифицированную загрузку.

Наиболее распространенным методом обезжелезивания в настоящее время является фильтрование через модифицированную загрузку, содержащую диоксид марганца (дробленый пиролюзит, «черный песок», Birn, и др.). В присутствии кислорода воздуха проходя через загрузку двухвалентное железо ( $\text{Fe}^{2+}$ ) содержащееся в исходной воде изменяет свое

валентное состояние и переходит в трехвалентный гидроксид железа ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ), образуя на поверхности загрузки пленку. [4].

К безреагентным методам относятся: упрощенная аэрация с последующей фильтрацией, усиленная (глубокая) аэрация с последующей фильтрацией или отстаиванием; осаждение в подземных условиях с предварительной подачей в пласт аэрированной воды или воздуха; фильтрования через загрузку с пленкой из железобактерий; электрохимический метод.

При этом метод упрощенной аэрации с последующей фильтрацией имеет немалую популярность в наше время и достаточно активно применяется. На первом этапе вода обогащается кислородом воздуха, при этом избавляясь от  $\text{CO}_2$ , присутствующей в исходной воде, вследствие чего создаются условия для осуществления процесса окисления  $\text{Fe}^{2+}$  в  $\text{Fe}^{3+}$  непосредственно на поверхности фильтрующей загрузки. В качестве загрузки можно использовать различные материалы, такие как песок, керамзит, антрацит, полистирол и др.

Также к безреагентным методам обезжелезивания можно отнести и метод «сухой» фильтрации. Сущность процесса довольно проста и заключается в фильтровании воздушно-водной эмульсии через так называемую «сухую» (незатопленную) зернистую загрузку посредством образования над ней вакуума или нагнетания больших количеств воздуха. При этом движение смеси в аппарате осуществляется турбулентно в обоих случаях, способствуя большему контакту воды с поверхностью загрузки. В качестве загрузки можно использовать различные инертные материалы. Смесь, проходя через загрузку, образует адсорбционно-каталитическую пленку, повышая эффективность процесса обезжелезивания. Важной особенностью процесса является образование на

поверхности загрузки обезвоженной пленки, состоящей из магнетита ( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), сидерита ( $\text{FeCO}_3$ ), гетита ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) и гематита ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), имеющих плотную структуру и объем много меньший (в 4-5 раз) чем  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , образующейся на поверхности загрузки как при упрощенной аэрации. В результате этого потери прироста напора малы в рамках осуществления данного процесса. [5]

Простота оборудования, эксплуатации, обслуживания и достаточная степень очистки воды делают это метод довольно привлекательным для очистки воды от соединений железа, с учетом того, что содержание железа в подземных водах Алтайского края зачастую находится в пределах возможности применения данного метода. Еще одним достоинством «сухой» фильтрации можно назвать минимальный период «зарядки» загрузки и отсутствие необходимости в ее частой промывке, иными словами фильтроцикл достаточно продолжительный (от нескольких месяцев до года и более). Несмотря на все достоинства, инжиниринговые компании не предлагают установки обезжелезивания, использующие данный метод, поэтому метод можно считать перспективным, несмотря на то, что разработан он достаточно давно.

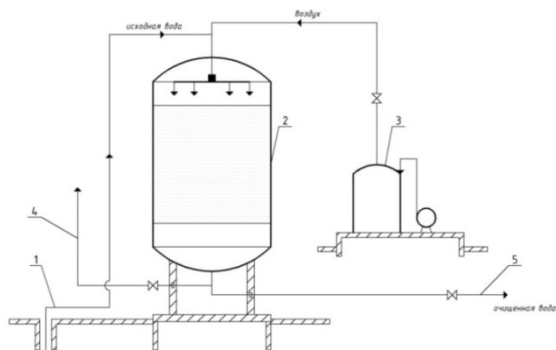


Рис. 1 – Принципиальная схема процесса «сухой» фильтрации в напорном исполнении (описание по тексту)

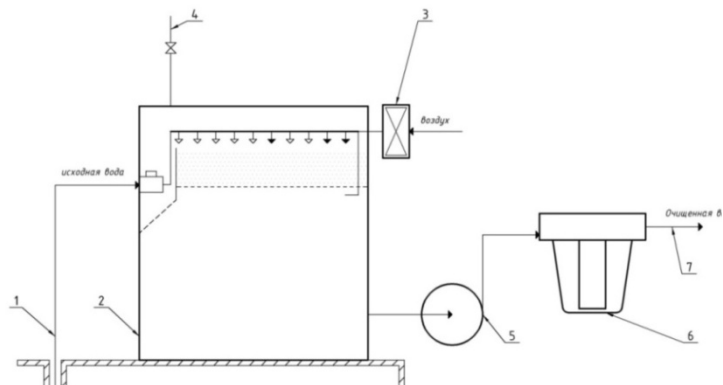


Рис. 2 – Принципиальная схема процесса «сухой» фильтрации в безнапорном исполнении (описание по тексту)

Процесс сухой фильтрации может быть осуществлен по схемам, приведенным на рисунке 1 и 2. При осуществлении процесса напорным способом (рисунок 1) по трубопроводу 1 исходная вода поступает в фильтрационную колонну 2, туда же нагнетается воздух посредством воздушной подушки 3, затем проходя через зернистую загрузку, вода очищается от примесей железа, после чего поступает потребителю по трубопроводу 5, а сброс воздуха из фильтрационного аппарата осуществляется по трубопроводу 4. Аналогично процесс осуществляется безнапорным методом (рисунок 2). По трубопроводу 1 исходная вода поступает в фильтрационную колонну 2, куда одновременно с помощью газодувки 3 подается воздух, после очистки от железа вода из колонны направляется насосом 5 в фильтр механической очистки 6, далее очищенная вода отправляется к потребителю по трубопроводу 7. Сброс

воздуха в этом случае осуществляют так же по трубопроводу 4.

Изучив проблему и пути ее решения, в дальнейшем планируется проведение исследований по обезжелезиванию воды из подземных источников, так и модельных растворов методом «сухой» фильтрации, с целью экспериментального подтверждения его достоинств, выявления недостатков и определение перспективности использования для очистки подземных вод Алтайского края.

#### Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2012 году» [Текст]. Москва, 2014. – 483 с.

2. Заносова В.И., Подземные воды алтайского края. Проблемы и перспективы использования. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, № 4 (том 12), 2003, стр. 27

3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Алтайском крае в 2015 году» [Текст]. – Барнаул, 2016. – 167 с.

4. Водоподготовка: Справочник. / Под ред. Беликова С.Е. - Москва: Аква-Терм, 2007. – 240 с.

5. Николадзе Г. И. Технология очистки природных вод [Текст] / Г.И. Николадзе – Москва: Высшая школа, 1987. – 479 с.

УДК 628.161.2

## **ОЧИСТКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИОНООБМЕННЫХ ЗАГРУЗОК**

К.П. Токарева, И.Г. Чигаев

*Алтайский государственный технический  
университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул, Россия*

Природные подземные воды представляют собой сложные многокомпонентные системы и пригодность их использования для тех или иных целей определяется концентрацией этих компонентов. Природные подземные воды Алтайского края и соседних регионов становятся некондиционными и непригодными для питьевых целей в связи с повышенными концентрациями железа, марганца, солей жесткости и сероводорода.

Для каждого из указанных загрязнителей разработано множество методов очистки, позволяющие удалять их с разной степенью эффективности. В связи с чем, современные станции очистки представляют собой совокупность оборудования, каждый элемент которого решает свою задачу. Такая организация процесса, несомненно, имеет свои достоинства, основным из которых является возможность управлять удалением конкретного компонента или группы компонентов. К недостаткам же можно отнести: усложнение схемы очистки, увеличение количества оборудования и его стоимости. Указанные недостатки часто имеют критический характер, например, в бытовом применении для частных домов, имеющих сильно ограниченное пространство для систем очистки. Поэтому на рынке водоочистки возникает запрос на компактные системы позволяющие очищать от широкого спектра загрязнений [1,2].

Один из, наиболее популярных на сегодняшний день, «универсальных» методов очистки основан на



применении смеси ионообменных смол различной структуры и фракционного состава. Производители таких загрузок указывают рабочие концентрации загрязнений в исходной воде, значительно превышающие требования к ионообменным смолам предназначенным для умягчения (Таблица 1). Такое различие по требованиям к исходной воде объясняют «особой» рецептурой смеси, что проверить достаточно сложно.

Таблица 1

|                                                                                                    | Требования к исходной воде |                   |                                 |                                                         |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------|
|                                                                                                    | Железо общее,<br>мг/л      | Марганец,<br>мг/л | Жесткость<br>общая,<br>мг-экв/л | Перманганатная<br>окисляемость,<br>мг O <sub>2</sub> /л | Сероводород |
| <i>Универсальные многокомпонентные загрузки</i>                                                    |                            |                   |                                 |                                                         |             |
| FeroSoft A                                                                                         | до 12                      | до 3              | до 10                           | до 10                                                   | отсутствие  |
| Экотар А (Ecotar A)                                                                                | до 8                       | до 2              | до 10                           | до 10                                                   | отсутствие  |
| Ecomix A                                                                                           | до 10                      | до 2              | до 25                           | 2 - 20                                                  | -           |
| FeroSoft B                                                                                         | до 25                      | до 5              | до 15                           | до 4                                                    | отсутствие  |
| <i>универсальных многокомпонентных загрузок и ионообменных смол, предназначенных для умягчения</i> |                            |                   |                                 |                                                         |             |
| Purolite C100E                                                                                     | до 0,3                     | до 0,1            | до 20                           | до 5                                                    | -           |
| Lewatit S1567                                                                                      | до 0,3                     | до 0,1            | до 20                           | до 5                                                    | -           |
| Токем-150                                                                                          | до 0,3                     | до 0,1            | до 20                           | до 5                                                    | -           |

Производители многокомпонентных загрузок не раскрывают их состав и фактически замалчивают их недостатки, указывая лишь то, что в них входят ионообменные смолы, природные и синтетические сорбенты. Однако фракционный анализ показывает, что во всех указанных многокомпонентных загрузках от 85 до 90 % составляют ионообменные смолы, которые, вероятно, и выполняют основную функцию. Внешний вид некоторых загрузок представлен на рисунке 2.

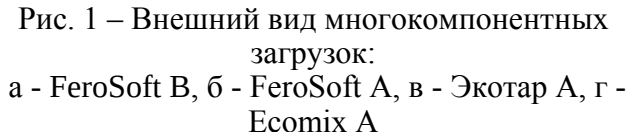


Рис. 1 – Внешний вид многокомпонентных загрузок:  
а - FeroSoft B, б - FeroSoft A, в - Экотар А, г - Ecomix А

потребителей систем очистки на основе многофункциональных загрузках со схожим составом исходной воды. Незначительные отклонения показателей исходной воды от указанных к загрузке приводит к заметным ухудшением ее характеристик, перерасходу реагентов и увеличению объемов сточной воды. Стоит отметить, что исследования были проведены в первые 2 месяца эксплуатации загрузок, что не позволяет с уверенностью утверждать о сохранении их характеристик при длительной эксплуатации даже при незначительном (до 1 мг/л) превышении концентрации железа. При этом все производители рекомендуют дополнительно к регенерации раствором NaCl добавлять так называемые бактерицидные очистители смолы, представляющие собой растворы кислот (лимонная, щавелевая, ортофосфорная) и антисептиков, что подтверждает возможность образования пленки на поверхности ионита снижающей ее характеристики.

Проведенные исследования не выявили значительных достоинств рассматриваемых загрузок, однако в дальнейшем будут проведены сравнительные испытания универсальных многокомпонентных загрузок и ионообменных смол, предназначенных для умягчения. Исследования, проведенные в лабораторных и полевых условиях позволят выявить отличия в возможностях (или их отсутствие) рассматриваемых загрузок при очистке природных подземных вод с повышенными концентрациями железа, марганца и солей жесткости.

#### Список литературы

1. Водоподготовка: Справочник. / Под ред. Беликова С.Е. - Москва: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
2. Рябчиков Б.Е. Современная водоподготовка. – М.: ДеЛи плюс, 2013. -680с.

УДК 628.166:661.833'032.22

# ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННОГО ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ ВОДЫ ПЕРСИДСКОГО ЗАЛИВА И СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ

И.В. Пчельников, А.С. Териков, Р.В. Федотов

*Южно-Российский государственный  
политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова, г.  
Новочеркасск, Россия*

Гипохлорит натрия (ГХН), возможно, получать электролизом искусственных и естественных хлоридных растворов [1-3]. Традиционно ГХН производят электролизом искусственно приготовленного водного раствора поваренной пищевой соли на месте его потребления [1]. Нами исследовалась возможность получения гипохлорита натрия прямым электролизом морской воды Персидского залива и Средиземного моря. Составы исследуемых растворов, представлены соответственно на рисунках 1 и 2.

|     |                               |                               |                                  |              |
|-----|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------|
|     | 24,6                          | 100,9                         | 489,2                            |              |
| рН= | Ca <sup>2+</sup>              | Mg <sup>2+</sup>              | Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> | Σ Kt = 614,7 |
| 8,4 | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Cl <sup>-</sup>                  | Σ An = 614,7 |
|     | 2,3                           | 41,6                          | 570,8                            |              |

Рис. 1. Диаграмма химического состава (мг-экв/л) воды Персидского залива

|      |                               |                               |                                  |              |
|------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------|
|      | 21                            | 116                           | 528,6                            |              |
| рН = | Ca <sup>2+</sup>              | Mg <sup>2+</sup>              | Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> | Σ Kt = 665,6 |
| 7,5  | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Cl <sup>-</sup>                  | Σ An = 645,6 |
|      | 2,6                           | 61                            | 602,0                            |              |

Рис. 2. Диаграмма химического состава (мг-экв/л) воды Средиземного моря

Электролиз растворов морской воды проводили в бездиафрагменных электрохимических ячейках на постоянном электрическом токе в проточном режиме на лабораторной установке (рис. 3) с плотностью тока  $1000 \text{ А/м}^2$  в диапазоне расходов  $0,1\text{-}2,4 \text{ л/ч}$ . В качестве электродов использовали оксидный иридиево-рутениевый титановый анод (ОИРТА), состоящий из 5 слоев Ir и Ru с закладкой по массе по 50 %. В ходе эксперимента измеряли температуру, концентрацию активного хлора, pH и напряжение на электролизере.

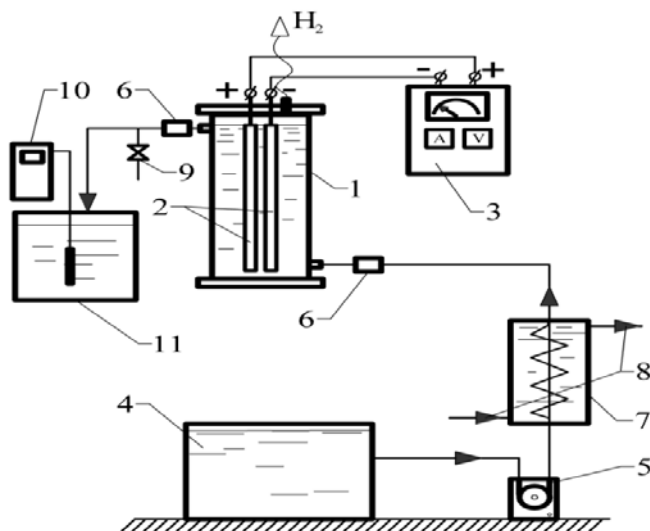


Рис. 3. Схема экспериментальной установки проточного типа:

1 – электролизная ячейка; 2 – электроды; 3 – блок питания; 4 – емкость исходной морской воды; 5 – перистальтический насос; 6 – термометр; 7 – термостат; 8 – патрубок подвода и отвода охлаждающей воды; 9 – пробтоотборник; 10 – pH-метр; 11 – накопитель ГХН

Установлено, что вода Персидского залива и Средиземного моря может быть использована в качестве

сырья для производства низкоконцентрированного гипохлорита натрия. При электролизе воды Средиземного моря и Персидского залива удалось достичь максимальной концентрации по активному хлору 9 г/л и 8,5 г/л соответственно, при расходе электролита 0,1 л/ч (рис. 4). Напряжение находилось в пределах 3,5-4,0 В, pH – 8,7-9,5 единиц.

Выход хлора по току находился в пределах 20-80% в зависимости от времени электролиза (расхода электролита), наибольшее значение выхода хлора по току (90%) достигалось при электролизе воды Средиземного моря с расходом 1,2 л/ч (рис. 5).

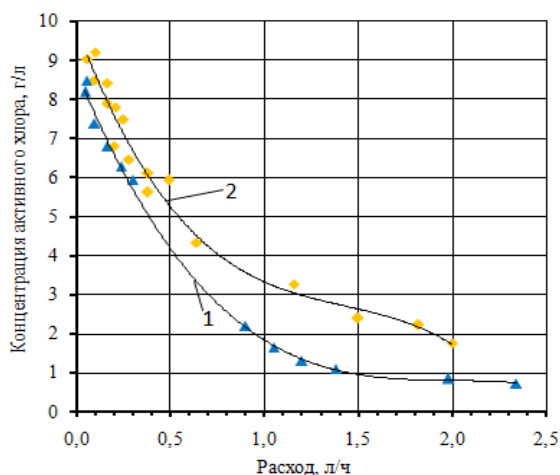


Рис. 4. Влияние расхода электролита на концентрацию активного хлора при электролизе воды в проточном режиме: 1 - Персидского залива; 2 – Средиземного моря

Очевидно, что производство гипохлорита натрия необходимо вести с максимально возможным выходом хлора по току. Для представленных растворов выход хлора по току находится в пределах 70-90% при расходах 0,5-2,4

л/ч, что соответствует получаемым концентрациям по активному хлору 1,0-5,0 г/л.

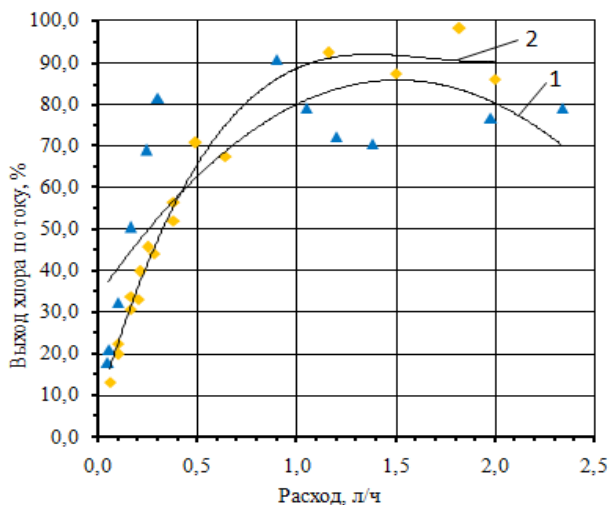


Рис. 5. Выход хлора по току от времени электролиза воды в проточном режиме воды: 1 - Персидского залива; 2 – Средиземного моря

#### Список литературы:

1. Кудрявцев, С. В. Совершенствование технологических параметров установок получения электролитического гипохлорита натрия для обеззараживания воды [Текст] : дис. канд. техн. наук / С. В. Кудрявцев. – Новочеркасск, 2009. – 161 с.
2. Фесенко Л. Н., Игнатенко С. И., Бабаев А. А., Пчельников И. В. Сравнительный анализ электрохимических методов получения хлорсодержащих реагентов для обеззараживания воды // Водоснабжение и канализация. 2013. № 7–8.
3. Пчельников И. В. Совершенствование технологии производства обеззараживающего реагента – гипохлорита натрия электролизом морской воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 1.

УДК 544.77.052.22

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ  
ФЛОКУЛЯЦИИ МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С  
УЧАСТИЕМ ПОЛИАКРИЛАМИДНОГО  
ФЛОКУЛЯНТА**

Е.Ю. Шачнева

*Астраханский государственный университет,*

*г. Астрахань*

*e-mail: evgshachneva@yandex.ru*

Область применения флокулянтов невероятно широка. Действие полимерных флокулянтов обычно объясняют адсорбцией макромолекул одновременно на различных частицах. Возникающие при этом агрегаты образуют хлопья, которые могут быть легко удалены отстаиванием или фильтрованием. В настоящее время наибольший интерес представляют акриламидные флокулянты., которые получили широкое применение во многих промышленных технологических процессах в качестве сравнительно недорогих, доступных, эффективных регуляторов устойчивости различных по природе дисперсных систем [1-12].

**Реагенты и аппаратура.** Модельные растворы флокулянта серии АК-631 (А-930) (ТУ 6-02-00209912-41-94, изготовитель – ФГУП «Саратовский НИИ Полимеров «ООО «Гель-Сервис» г. Саратов); активированный уголь марки БАУ; фотоколориметр ПЭ-5400в; оборудование лабораторное – нагреватели, встряхиватели, посуда мерная и керамическая, мешалки, секундомер.



Изучение флокуляции предварительно проводится на модельных системах, среди которых наиболее распространенной является суспензия каолина ( $\rho=2,7$  г/см<sup>3</sup>). Кроме того довольно часто применяются системы на основе кварцевого песка ( $\rho=2,7$  г/см<sup>3</sup>) и активированного угля ( $\rho=1,5$  г/см<sup>3</sup>), углекислого кальция ( $\rho=2,4$  г/см<sup>3</sup>) и т.д. Довольно часто с точки зрения предварительной оценки воздействия определяется и размер осаждаемых частиц, чаще всего с использованием метода Геллера. В рамках исследования были определены размеры частиц активированного угля, которые равны соответственно 54,65 нм.

Исследование устойчивости и флокуляции суспензии на практике проводится с помощью методов, позволяющих осуществлять контроль за такими макроскопическими параметрами системы, как оптическая плотность, скорость седиментации (осаждения), изменение концентрации суспензии по высоте и во времени. Для количественной оценки флокулирующего эффекта полиэлектролитами определяется относительный безразмерный параметр  $D$  – параметр флокуляции, о котором можно судить по определению:

- скоростей седиментации суспензии в присутствии  $V_s$  и в отсутствии добавок флокулянтов  $V_s^0$ :

$$D = \frac{V_s}{V_s^0}, \quad (1)$$

- величин мутности надосадочной жидкости в присутствии  $\tau$  и в отсутствии добавок флокулянтов  $\tau^0$ :

$$D = \frac{\tau}{\tau^0}. \quad (2)$$

Активность флокулянта  $\lambda$  характеризуется отношением флокулирующего эффекта к концентрации флокулянта:

$$\lambda = D/C_{\phi} \quad (3)$$

**Исследование влияния природы и концентрации (поли)электролита на скорость флокуляции суспензии активированного угля.** В качестве модельной дисперсной системы готовят 0,01%-ную суспензию активированного угля ( $\rho=1,5 \text{ г/см}^3$ ). Для этого в цилиндр вносят необходимые количества вещества, взвешенного на технических весах, и дистиллированной водой доводят до  $100 \text{ см}^3$ . Суспензию разливают в цилиндры на  $250 \text{ см}^3$ , в каждый из которых пипеткой вводят необходимое количество раствора флокулянта  $V_{\phi}$ , рассчитываемого по формуле:

$$V_{\phi} = \frac{C_{\phi} \cdot 250}{0,1 \cdot 100} \cdot (\text{мл}) \quad (4)$$

Затем систему перемешивают в течение 1-1,5 мин осторожно, для равномерного распределения макромолекул флокулянта по всему объему суспензии. После перемешивания система суспензия и флокулянт отстаивается 30 минут для равномерного распределения частиц дисперсной фазы. Через 30 минут производят измерение оптической плотности надосадочной жидкости. В кювету сравнения заливают дистиллированную воду. Измерение оптической плотности проводится на спектрофотометре.

Рассчитывают мутность ( $\tau$ ) по формуле:

$$\tau = \frac{A \cdot 2,3}{l} \quad (5)$$

где  $A$  – оптическая плотность,  $l$  – длина кюветы, см.

Помимо величин мутности ( $\tau$ ) (рис. 1) в ходе исследований были определены величины активности флокулянта ( $\lambda$ ) (рис. 2) которые характеризуют величину флокулирующего эффекта к объему введенного реагента, а следовательно и его концентрации в рассматриваемой смеси.

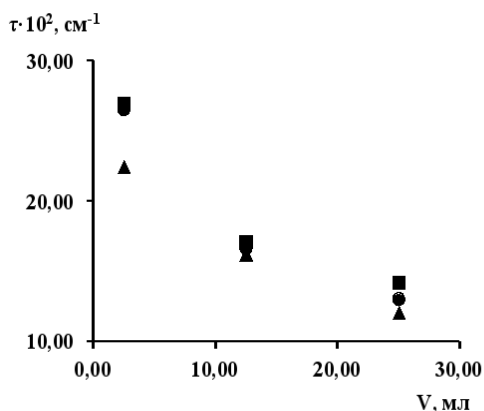


Рис. 1. Графическая зависимость величины мутности раствора в присутствии частиц активного угля БАУ от объема введенного флокулянта А-930 (■- 0,1%, ●- 0,5%, ▲- 1,0% раствор реагента)

В ходе дальнейших исследований был рассчитан процент осветленной части с применением данных реагентов. Графические зависимости величины процента осветленной части от объема введенного реагента приведены на рис. 3.

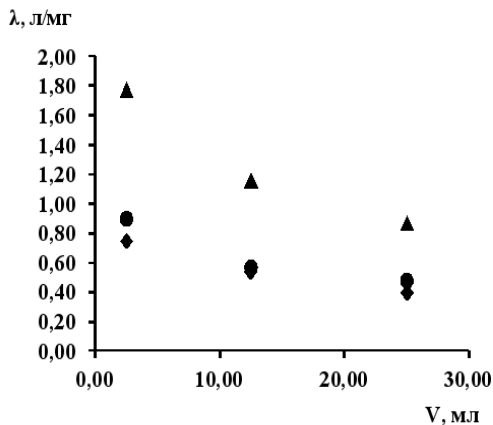


Рис. 2. Графическая зависимость величины активности реагента в растворе в присутствии частиц активного угля БАУ от объема введенного флокулянта А-930 (■- 0,1%, ●- 0,5%, ▲-1,0% раствор реагента)

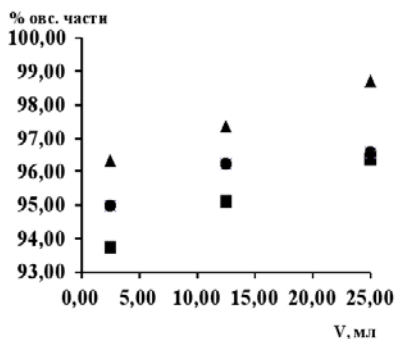


Рис. 3. Графическая зависимость величины активности реагента в растворе в присутствии частиц активного угля БАУ от объема введенного флокулянта А-930 (■- 0,1%, ●- 0,5%, ▲-1,0% раствор реагента)

Регулирование устойчивости дисперсных систем наиболее эффективно и перспективно с использованием реагентов – флокулянтов. Действие полимерных

флокулянтов обычно объясняют адсорбцией макромолекул одновременно на различных частицах. Возникающие при этом агрегаты образуют хлопья, которые могут быть легко удалены отстаиванием или фильтрованием. Процесс флокуляции частиц дисперсной фазы с адсорбированными макромолекулами флокулянта может проходить по разным механизмам, в зависимости от молекулярной массы и заряда флокулянта. Основываясь на полученных в ходе исследований данных, можно сделать следующий вывод: с увеличением объема реагента уменьшаются величины мутности, которые прямо пропорциональны величине оптической плотности рассматриваемых растворов. Полученные значения оказывают влияние и на величину активности флокулянта и процента осветленной части, чья величина численно увеличивается с ростом концентрации реагента. Большое значение играет и размер частиц дисперсной фазы. Это влияет на величину скорости осаждения частиц: с ростом размера частиц дисперсной среды, скорость осаждения численно увеличивается.

#### Список литературы:

1. Запольский, А. К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. Свойства. Получение. Применение. / А. К. Запольский, А. А. Баран. – Л. : Химия, 1987. – 208 с.
2. Мягченков, В. А. Полиакриламидные флокулянты / В. А. Мягченков, А. А. Баран, Е. А. Бектуров, Г. В. Булидорова. – Казань : Казан гос. технол. ун-т, 1998. – 288 с.
3. Новаков, И. А. Полимеры на основе производных адамантана: синтез, свойства, направления практического использования: монография / И. А. Новаков, Б. С. Орлинсон. – Волгоград : РПК "Политехник", 2005. – 95 с.
4. Абрамова, Л. И. Полиакриламид / Л. И. Абрамова, Т. А. Байбурдов, Э. П. Григорян, Е. Н.

Зильберман, В. Ф. Куренков, В. А. Мягченков; под редакцией В.Ф. Куренкова. – М. : Химия, 1992. – 192 с.

5. Баран, А. А. Полимерсодержащие дисперсные системы / А. А. Баран. – Киев : Наук. думка, 1986. – 204 с.

6. Липатов, Ю. С. Адсорбция полимеров / Ю. С. Липатов, Л. М. Сергеева. – Киев : Наук. думка, 1972. – 195 с.

7. La Mer, V. K. Flocculation, subsidence and filtration of phosphate slime / V. K. La Mer, R. H. Smellie // J. Colloid Sci. – 1956. – V. 56. – N.4. – P. 480–485.

8. Проскурина, В. Е. Кинетика седиментации суспензии охры в режиме свободного оседания в присутствии полиакриламидных флокулянтов : методические указания к лабораторной работе / В. Е. Проскурина, В. А. Мягченков. – Казань : Казан гос. технол. ун-т, 2004. – 24 с.

9. Мягченков, В. А. Сополимеры акриламида с функцией флокулянтов : монография / В. А. Мягченков, В. Е. Проскурина. – Казань : КГТУ, 2011. – 296 с.

10. Куренков, В. Ф. Влияние анионных и катионных флокулянтов Праестолов на флокуляцию суспензий каолина / В. Ф. Куренков, С. В. Снигирёв, Е. А. Дервиедова, Ф. И. Чуриков // Журнал прикладной химии. – 1999. – Т.72. – №.11. – С. 1892–1896.

11. Булидорова, Г. В. Кинетические особенности седиментации каолина в присутствии анионного и катионного полиакриламидных флокулянтов / Г. В. Булидорова, В. А. Мягченков // Коллоидный журнал. – 1995. – Т.57. – №6. – С. 778–782.

12. Мягченков, В. А. Оценка адсорбции и десорбции ионогенных и неионогенных (со)полимеров акриламида на каолине по данным о кинетике вторичной флокуляции / В. А. Мягченков, Г. В. Булидорова, Ф. И. Чуриков // Известия Вузов. Серия: Химия и химическая технология. – 1997. – Т.40. – №6. – С. 41–44.

УДК 628.16:66.081.6  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ЭЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННОГО УДАЛЕНИЯ  
ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД  
ОЧИСТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

О.А. Абоносимов, С.И. Лазарев, С.И. Котенев  
*Тамбовский государственный технический университет,  
г. Тамбов, Россия*

Совершенствование процессов очистки отходов производства связано с решением экологических задач, заключающихся в экономии потребляемых ресурсов окружающей среды и сокращении объёма отходов, размещаемых в ней. Все это можно достичь, используя внедрение малоотходных технологий, среди которых наиболее эффективными являются электробаромембранные технологии очистки.

Гальванические производства являются основным поставщиком сточных вод, относящихся к группе наиболее загрязненных производственных стоков, состоящие из разбавленных стоков (промывные воды) и концентрированных растворов (моющие, обезжиривающие, травильные, электролиты). Как правило, на большинстве предприятий слабозагрязненные и концентрированные сточные воды подлежат смешиванию и последующей совместной обработке.

Одним из наиболее актуальных методов очистки таких растворов является электробаромембранный процесс, при котором реализуется одновременное воздействие электрического потенциала и градиента давления.

К преимуществам электробаромембранной технологии относится её малая энергоёмкость, экологичность, безреагентность, простота конструктивного оформления и возможность выделения из растворов веществ малой концентрации [1].

Выполнены экспериментальные исследования по коэффициенту задержания, удельной производительности, диффузионной проницаемости в зависимости от концентрации, величины трансмембранного давления, вида растворенных веществ и мембран для сточных вод с содержанием ионов  $\text{Fe(II)}$ ,  $\text{Cd(II)}$ ,  $\text{Pb(II)}$  [2].

На основе проведенных исследований по электробаромембранному разделению промышленных сточных вод, отобранных на очистных сооружениях ОАО ТКС «Тамбовводоканал», были сделаны выводы о возможности применения метода электробаромембранного разделения и модернизации существующей технологической схемы с внедрением в нее стадии мембранного разделения.

На рисунке 1 показана модернизированная технологическая схема электрохимической очистки промышленных стоков для предприятия ОАО «ТКС» «Тамбовводоканал».

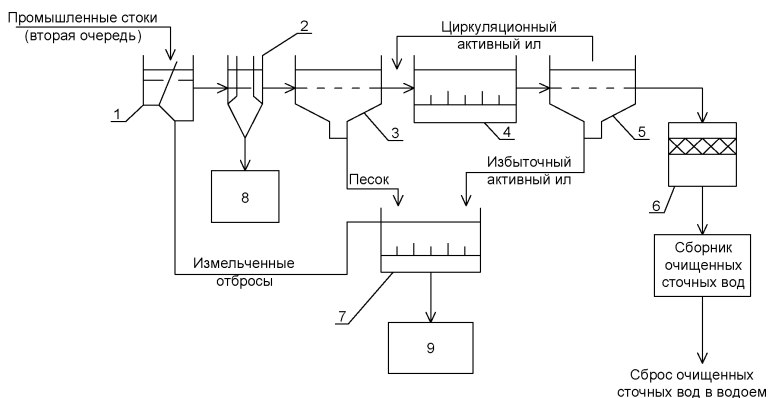


Рис. 1. Модернизированная технологическая схема промышленных стоков очистных сооружений ОАО «ТКС» «Тамбовводоканал».

1 – решетки; 2 – горизонтальные песколовки; 3 – предварительный радиальный отстойник; 4 – аэротенк-вытеснитель; 5 – вторичный радиальный отстойник; 6 – промышленная электробаромембранная установка; 7 – аэробный стабилизатор; 8 – песковые площадки; 9 – иловые площадки.



Результаты проведенных исследований и модернизированная технологическая схема очистки промышленных сточных вод были предложены ОАО «ТКС» «Тамбовводоканал» (г. Тамбов) для проектирования очистных сооружений с применением выпускаемого отечественного мембранного оборудования.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания.*

Список литературы:

1. Ковалёв, С.В. Классификация электробаромембранных аппаратов. / С.В. Ковалёв // Вестник ТГУ. - 2015. - Т.20, Вып.1, - С.124-129.
2. Акулинчев А.М. Исследование электробаромембранного разделения промышленных технологических растворов, содержащих ионы тяжелых металлов Pb, Ca, Fe/ А.М. Акулинчев, О.А. Абоносимов, С.И. Лазарев // Вестник ТГТУ, Тамбов, 2017.-Т.23. - №1. – С. 120-128.

УДК 628.16.08:54-414

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
УГЛЕРОДНЫХ СОРБЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК  
ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА  
ПЕСТИЦИДОВ**

М.П.Кирсанов, А.К. Горелкина, А.С. Авраменко  
*Кемеровский технологический институт пищевой  
промышленности (университет),  
г. Кемерово, Россия*

Реализация различных технологических процессов нарастает с каждым годом, что приводит к загрязнению окружающей среды, в том числе и водных ресурсов. Сбрасываемые сточные воды предприятий зачастую недостаточно очищены. Очистка сточных вод от ряда специфических загрязнителей является актуальной задачей в охране окружающей среды.

Сточные воды, предприятий химической промышленности - производство пестицидов, красителей, лаков, содержат преимущественно хлорфенол и фенол, концентрация хлорфенола в которых достигает 50 ПДК.

Данные соединения относятся ко второму классу опасности, токсичны и обладают канцерогенными свойствами [1]. Токсичность таких соединений обусловлена их кумулятивными свойствами, способностью образовывать комплексные соединения с гемоглобином крови. Кроме того, они раздражают слизистые оболочки дыхательных путей, вызывают экзему и ожоги кожи, поражают печень.

Одним из направлений в создании экологически безопасных промышленных производств является локальная очистка жидких отходов и возвращение в производство очищенной воды и ценных компонентов.

Для очистки малоконцентрированных сточных вод эффективным может быть применение адсорбционного процесса на активных углях. В силу своих физико-химических свойств углеродные адсорбенты (активные угли – АУ) являются уникальными и идеальными сорбционными материалами, которые позволяют решать большой круг вопросов обеспечения химической и биологической безопасности окружающей среды. АУ – это высокопористые углеродные материалы, имеющие чрезвычайно развитую внутреннюю поверхность. В пористой структуре АУ (объеме микропор и мезопор) происходит поглощение любых типов органических микропримесей за счет адсорбционных сил (сил поверхностного взаимодействия).

Для установления эффективности использования углеродных сорбентов различных марок при очистке сточных вод, содержащих хлорфенол и фенол, необходимо выявить закономерности и установить механизм адсорбции хлорфенола и фенола из водной смеси на углеродных сорбентах, важно также знать кинетические и динамические характеристики процесса.

В настоящей работе приведены результаты комплексного исследования, включающие изучение статистики, кинетики и динамики адсорбции хлорфенола из смеси его с фенолом из водных растворов на различных активных углях, отличающихся природой сырья; способом получения; пористой структурой, величиной удельной поверхности.

Исследование процесса адсорбции проводилось с использованием АУ следующих марок АГ-ОВ-1, АГ-3, СКД-515, БАУ. Краткая характеристика физико-химических свойств углеродных сорбентов представлена в таблице.

Таблица 1

## Физико-химические характеристики сорбентов

| Наименования показателя                 | Марка сорбента |              |         |              |
|-----------------------------------------|----------------|--------------|---------|--------------|
|                                         | СКД-515        | АГ-ОВ-1      | АГ-3    | БАУ          |
| Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup>   | 526            | 531          | 465     | 240          |
| Прочность, %                            | 75             | 70           | 88      | 60           |
| Массовая доля общей золы, %             | 31             | 15           | 8,0     | 7            |
| РН водной вытяжки                       | 7,6            | 6,80         | 6,50    | 7,85         |
| Суммарный объем пор, см <sup>3</sup> /г | 0,7-1,0        | 0,44         | 0,88    | 0,47         |
| Объем пор, см <sup>3</sup> /г           |                |              |         |              |
| Микро-                                  | 0,28           | 0,32         | 0,26    | 0,25         |
| Мезо-                                   | 0,11           | 0,14         | 0,09    | 0,1          |
| Макро-                                  | 0,33           | 0,44         | 0,53    | -            |
| Адсорбционная активность по йоду, %     | 56             | 65           | 60      | 60           |
| Форма гранул                            | цилиндр        | неправильная | цилиндр | неправильная |

Адсорбционная активность исследуемых марок активных углей в процессе извлечения хлорфенола и фенола при совместном присутствии уменьшается в ряду БАУ > АГ-ОВ-1, АГ-3 > СКД-515, что вероятно связано с различной структурой и химическим состоянием поверхности исследуемых активных углей.

Полученные данные сорбционного извлечения хлорфенола в статических условиях показали, что механизм адсорбции водной смеси хлорфенола и фенола является сложным процессом, обусловленным

неспецифическим дисперсионным взаимодействием органических компонентов с адсорбентом, протекающим в микро- и мезо- порах и специфическим взаимодействием поверхностных функциональных групп активного угля с заместителями ароматического кольца [2].

Изучение процесса поглощения в кинетических условиях и расчет параметров, свидетельствуют о высокой скорости сорбционного процесса, лимитируемого внешним массопереносом в течение первых 10-25 мин. Это позволяет ожидать высокую скорость извлечения компонентов из очищаемой воды при фильтрации через неподвижный слой сорбента [3].

Экспериментальное изучение динамики сорбции предполагает последовательный подбор параметров (тип сорбента, длина неподвижного слоя, скорость потока и др.) и получение экспериментальных выходных кривых зависящих от одной варьируемой переменной (например, скорости потока раствора) при фиксированных значениях остальных.

Исследование динамики адсорбции смеси хлорфенола и фенола из водных растворов показало, что продолжительность работы колонны до проскока хлорфенола и фенола отличается незначительно. При существующем в реальных сточных водах соотношении компонентов, во время проскока фенол выходит с концентрацией значительно меньше ПДК, что позволяет моделировать процесс сорбции в динамических условиях для доминирующего компонента – хлорфенола.

Расчет динамики адсорбции для всех исследуемых марок сорбентов проводилось на основе уравнения внешнедиффузионной динамики адсорбции для случая изотермы Ленгмюра с использованием рассчитанных адсорбционных констант и экспериментально определенного коэффициента внешнего массопереноса.

Совпадение полученных экспериментальных и теоретических выходных кривых адсорбции хлорфенола активными углями изучаемых марок говорит о том, что используемое уравнение внешнедиффузионной динамики адсорбции практически полностью описывает экспериментальные выходные кривые, что подтверждает правомерность предложенного подхода к моделированию адсорбции[4].

По результатам расчета получены динамические характеристики процесса сорбции: длина рабочего слоя, длина неиспользованного слоя, коэффициент защитного действия, продолжительность работы колонны и количество очищаемой воды в зависимости от скорости фильтрования, высоты неподвижного слоя и размеров колонны. Можно отметить, что время работы фильтрующего слоя до проскока уменьшается в ряду АГ-ОВ-1 – АГ-3 – БАУ – СКД-515.

На основании экспериментальных и теоретических исследований можно сделать вывод об эффективности адсорбционной очистки сточных вод содержащих смесь хлорфенола и фенола и рекомендовать к использованию угли марок АГ-ОВ-1 и АГ-3.

Список используемой литературы:

1. Грушко Я.Н. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах. – Л.: Справочник, 1982.

2. Лурье Ю.Ю. Химический анализ сточных вод. - М.: Химия, 1974.

3. Кагановский А.М., Клименко Н.А., Левченко Т.М., Рода И.Г. Адсорбция органических веществ из воды. – Л.: Химия, 1990.

4. Кирсанов, М.П., Краснова Т.А. Повышение качества питьевой воды промышленных регионов на примере Кузбасса: монография. – Кемерово: КемТИПП, 2009.

УДК 628.316.12:54-414

## **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ**

О.М. Горелова, М.Н. Послова

*Алтайский государственный технический  
университет им. И.И.Ползунова,  
г. Барнаул, Россия*

Экологической проблемой современности является снижение качества воды водных объектов из-за загрязнения промышленными, бытовыми и ливневыми сточными водами. В составе стоков содержится масса экотоксикантов, в числе которых соли тяжелых металлов. Эти загрязнители относят к приоритетным, в связи с чем требуется контроль их содержания во всех компонентах окружающей среды.

Медь является опасным тяжёлым металлом как для человека, так и для животных. В водоемы медьсодержащие соединения поступают как из естественных источников, а именно: вымываются из горных пород или почвы, поступают с подземными водами, так и со сточными водами различных промышленных предприятий (химической, металлургической промышленности). Медь может входить в состав атмосферных осадков, которые загрязняются дымовыми выбросами. Также источником поступления меди в природные воды являются шахтные воды [1].

Традиционными и распространёнными способами удаления ионов тяжелых металлов из промышленных стоков являются реагентный, сорбционный и метод ионного обмена. Наиболее оптимальным процессом считается адсорбция, поскольку обладает высокой производительностью по сточной воде, эффективностью очистки, простотой аппаратного оформления, возможностью очищать сточные воды с содержанием примесей в широком диапазоне концентраций.

Целью исследований в данной работе было испытание новых органоминеральных сорбентов на способность эффективно поглощать ионы меди.

Органической частью сырья при получении сорбентов являлись угли, полученные из обладающих низкой стоимостью и доступностью древесных материалов: скорлупы кедрового ореха [2], отходов деревоперерабатывающих производств в виде щепы или опилок осины и бука. Минеральной частью сорбентов были волокнистый хризотилковый асбест и базальтовое волокно.

При получении сорбционных материалов щепы или скорлупа смешивались с минеральной добавкой в различных соотношениях, после чего подвергались пиролизу.

Для вновь полученных сорбентов определялись насыпная плотность, гранулометрический состав, сорбционная активность по йоду. Также, исходя из поставленной цели работы, проводилось исследование сорбционной способности по отношению к ионам меди. Наилучшими адсорбентами при этом себя проявил материал



на основе скорлупы кедровых орехов и хризотилового асбеста с содержанием последнего в сырье для пиролиза 50% масс.

Для определения кинетики сорбции ионов меди на выбранном сорбенте готовился раствор медного купороса с концентрацией (768 мг/л  $\text{Cu}^{2+}$ ) во много раз выше, чем в сточных водах, для увеличения скорости полного насыщения сорбента.

Полное насыщение сорбента в статических условиях происходило на седьмую минуту контакта с раствором и максимальная сорбционная емкость достигала 25 мг/г.

Создание новых сорбентов, имеющих высокую сорбционную емкость по ионам тяжелых металлов, на основе отходов растительного происхождения и природных минеральных соединений уменьшит затраты на очистку промышленных стоков, что обеспечит защиту гидросферы от загрязнения вышеуказанными токсикантами.

#### Список литературы:

1. Горелова, О.М. Получение органоминерального сорбента на основе скорлупы кедрового ореха / О.М. Горелова, А.В. Богаев, Н.Н. Телегина // Ползуновский вестник. – 2014. - №3. - С. 214-216.

2. Богаев, А.В. Изучение закономерностей процесса пиролиза скорлупы кедрового ореха и получение на ее основе активированного угля с заданными свойствами / А.В. Богаев, О.М. Горелова, Э.С. Курочкин // Водоочистка. - 2016. - № 4. - С. 17-21.

УДК 628.1:66.087.97

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА ПРИ ОЧИСТКЕ ВОДЫ ОТ НЕКАЛЯ**

О.В. Куренкова, Г.В. Славинская\*

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина». Кадетский корпус (инженерная школа)  
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет\*,  
г. Воронеж, Россия*

Проблема загрязнения природных вод поверхностно-активными веществами возникла вследствие широкого распространения синтетических моющих средств в быту и их применением в ряде промышленных производств, например в технологии получения каучуков. Биологическая очистка оказалась неспособной к разрушению молекул ПАВ. Из-за гидратируемости ионные ПАВ поглощаются активными углями незначительно.

В Воронеже эта проблема особенно остра, так как с довоенных времен завод СК не предпринимал никаких усилий для очистки сточных вод, содержащих анионоактивный ПАВ некаль (дибутилнафталинсульфонат натрия). Были организованы поля орошения, куда много лет подавали раствор некаля, рассчитывая на то, что почва будет его задерживать. Но к 1959 году стало понятно, что сорбционная емкость грунтов исчерпана. В связи с чем в это время уже были предприняты попытки проследить пути попадания жидких выбросов завода синтетического каучука в подземные воды [1], так как стала реальной угрозой проникновения некаля в подземные воды, которые являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения миллионного города.

Для обеспечения населения водой ее подают несколько водоподъемных станций. Следы некаля обнаружены уже в двух водозаборах. Следует отметить, что СанПиН 2.1.4.559-96 ограничивает содержание ПАВ в питьевой воде величиной 0,5 мг/л. Эту же норму устанавливает новый СанПин 2.1.4.10749-01, действующий с 2001 года. Несмотря на дефицит воды в городе, построенная новая скважина не может быть задействована, так как рядом располагается купол загрязненных некалем вод площадью 7,5 км<sup>2</sup>, в котором содержание некаля достигает 1600 ПДК (происходит подсос загрязненной воды [2]).

Нами испытаны активны угли, в том числе энтеросорбенты. Все они ожидаемо не показали высокой сорбционной активности в отношении некаля. Поэтому нами испытаны анионообменники синтетического ряда на разной полимерной основе – низкоосновные и сильноосновные разной пористости, влагоемкости, обменной емкости и т.д. Оказалось, что все они в разной мере обладают сродством к некалю. Среди них: аниониты, синтезированные на стиролдивинильной матрице, обладающие разным количеством ионогенных групп, отличающихся константами диссоциации: гелевый анионит АВ-17-8, пористый – АВ-17-2П, анионит *Wofatit* AD-41; анионит ЭДЭ-10П - бифункциональный, содержащий ионогенные группы сильно- и слабодиссоциирующие; аниониты низкоосновные: конденсационный ИА-2 на основе метафенилендиамина, АН-1 (меламин с формальдегидом) и АН-31 на основе полиэтиленполиаминов и эпихлоргидрина; высокоосновный анионит на стиролдивинильной основе АРА-5П, а также аниониты производства Великобритании – сильноосновный *Purolite* A400 и слабоосновный *Purolite* A100.

Установлено, что наибольшая сорбционная емкость по некалю отмечена у анионитов *Wofatit* AD-41, ЭДЭ-10П

и АВ-17-2П (от 330 до 380 мг/г), однако их использование может быть целесообразным только в случае возможной десорбции поглощенного вещества.

Отметим, что применять аниониты для поглощения некаля предлагали и ранее, однако такие технологии осложняла необходимость использования в процессе регенерации растворителей, например этанола (Н.С. Куролап); раствора серной кислоты или хлорида натрия в метаноле (Ю. Валашек) и др. Нами, насыщенные некалем навески анионитов, регенерировали растворами концентрации (0,5 моль/л) NaOH,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , NaOCl, а также 2 % NaOH в 5 %-ном растворе NaCl. Самый высокий эффект сорбции и десорбции достигается анионитом *Wofatit AD-41*. Поэтому были проведены дополнительные эксперименты для выявления концентрации и объема регенеранта, обеспечивающего не только приемлемую глубину десорбции, но и высокую эффективность сорбции некаля в течение последующего рабочего периода. Результаты эксперимента отражает приведенный ниже рисунок 1.

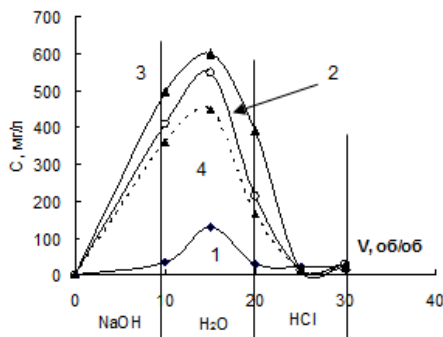


Рис.1. Выходные кривые регенерации анионита *Wofatit AD-41* от некаля растворами NaOH разной концентрации:

1- 0,05; 2 - 0,1; 3 - 0,25; 4 - 0,5 моль/л.

C- концентрация некаля в растворе.

V- объем растворов и воды в объемах загрузки.

В данном эксперименте щелочной раствор – первые 10 объемов, затем промывная вода – вторые 10 объемов и третьи 10 объемов - раствор кислоты (для перевода анионита в солевую форму) и кислые промывные воды. То есть первая точка на всех четырех кривых – содержание некаля в щелочном регенерате. После подачи в колонку воды его концентрация заметно возрастает, причем даже в случае регенерации слоя анионита разбавленными растворами щелочи. Нами это явление объясняется тем, что при вхождении раствора в слой ионита происходит уменьшение его сжатия, которое имеет место в растворах щелочи в силу осмотических явлений. При уменьшении степени сжатия ионита ослабляется стерическое сопротивление матрицы выходу некаля из пор твердой фазы, что фиксируется как рост концентрации десорбированного вещества в регенерат.

Следует отметить, что визуально объемные эффекты не проявились – высота слоя не изменялась. Очевидно, в межгранульном пространстве было достаточно свободного объема. Такой расход щелочи можно считать довольно большим, но следует отметить, что данный анионит сорбирует некаль, будучи в хлоридной ионной форме. Поэтому щелочь расходуется на перевод анионита из  $\text{Cl}^-$ -ионной формы в гидроксидную. При этом раствор щелочи нейтрализуется, и десорбция некаля начинается только после того, как  $\text{pH}$  станет  $>>7$ .

При соблюдении выявленных закономерностей адсорбции некаля [3] проведены ресурсные испытания анионита *Wofatit AD-41* при скорости потока 12 м/ч и высоте слоя 10 см. В течение 15 циклов сорбции-

десорбции получен устойчивый результат работы фильтра: эффективность очистки 300 объемов раствора некаля одним объемом загрузки составила 75-92 %. При снижении скорости потока до 6 м/ч эффективность очистки возрастает до 95-98 %.

Регенерационный раствор щелочи и промывные воды объединяли и направляли на лабораторную электродиализную установку, любезно предоставленную нам профессором Воронежского агроуниверситета Котовым В.В. По его рекомендации был использован трехкамерный электродиализатор с катионообменными мембранами. Катодную камеру заполняли 0,01 М раствором NaOH (мембрана находится в Na-форме), анодную (мембрана в H-форме)-  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Производительность всей пилотной установки вместе с сорбционной частью 1500 мл/ч.

В процессе работы установки выяснили, что избыточная щелочь в отработанном регенерате составляет 50-55 % от исходного количества. В результате работы электродиализатора раствор щелочи, освобожденный от некаля, содержал 0,15 моль/л NaOH. До рабочей концентрации его «доукрепляли» порошком щелочи, и 0,25 моль/л раствор возвращали в цикл. Таким образом, при электродиализной обработке по достижении в камере с регенератором  $\text{pH}=7,5$  все имеющееся количество щелочи переносится в катодную камеру. Данный раствор не содержит ПАВ, так как они остаются в камере обессоливания.

На основании полученных данных разработана принципиальная технологическая схема очистки воды от

анионных ПАВ, в которой реагенты (щелочь и кислота) используются повторно; отсутствует расход свежей воды на собственные нужды установки, так как все операции по регенерации фильтра проводятся с использованием очищенной от АПАВ воды; исключен сброс щелочных и кислотных растворов в канализацию. Главное – не требуется применения токсичных органических растворителей.

Выявлен оптимальный режим регенерации: 0,25 моль/л раствор NaOH, скорость потока 1 м/ч; расход реагентов для очистки от некаля 1 м<sup>3</sup> воды: 40 г NaOH и 37 г HCl.

Показана возможность электродиализного извлечения щелочи из регенерата и возврата ее в технологический цикл. Некаль можно использовать в технологии получения ячеистого бетона в качестве порообразователя.

#### Список литературы:

1. Иванов В.А. Влияние на подземные воды жидких выбросов завода СК / В.А. Иванов. - Сб. трудов Воронежского отделения ВХО им. Д.И. Менделеева. - 1959. - С. 175-179.
2. Калугина Н.В. Мониторинг подземных вод. <http://www.vestnik.-vsu.ru/pdf/heo-logia/2003/02/kalugina>.
3. Славинская Г.В. Выявление механизма сорбции некаля анионитами в разной ионной форме / Г.В. Славинская, О.В. Куренкова // Сорбционные и хроматографические процессы. - 2010. - Т. 10. - Вып. 5. - С. 695-703.

УДК 628.3/6:66.087.97

## **КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ СОЛЕЙ В ЭЛЕКТРОДИАЛИЗАТОРЕ С НЕПРОТОЧНЫМИ РАССОЛЬНЫМИ КАМЕРАМИ**

А.П.Свинцов \*, Жамил Мироу\*\*

*Российский университет дружбы народов,*

*Москва, Россия*

*\*\*Бейрут, Ливан*

В настоящее время наблюдается высокий, представляющий опасность для экосистем и здоровья населения уровень загрязнения окружающей среды промышленными сточными водами.

Известные химические и физико-химические методы извлечения из сточных вод минеральных и органических загрязнений и утилизации жидких отходов производств, как правило, довольно дороги, длительны, требуют дополнительного использования химических реагентов и обессоленной воды либо больших затрат электроэнергии, часто сопровождаются образованием вторичных загрязнений и поэтому не всегда могут быть успешно применены в промышленности.

В связи с этим назрела необходимость внедрения в практику ресурсосберегающих, экономичных и экологических методов очистки.

Одним из таких методов является электродиализ.

Важное место принадлежит электродиализу в реализации одного из приоритетных направлений перехода на модель устойчивого развития - созданию экологически безопасных производств с замкнутыми материальными и



энергетическими потоками. Эта задача может быть эффективно решена путем электродиализной переработки основных технологических отходов производства с выделением ценных компонентов в виде товарного продукта или вторичного сырья и получением очищенной до технических норм воды.

В данной работе на примере промышленных сточных вод, содержащих до  $5 \text{ г/дм}^3$  сульфата аммония, представлены результаты их переработки методом электродиализа с целью создания безотходного производства.

Для реализации задачи необходимо получить концентрат с содержанием  $200\text{--}300 \text{ г/дм}^3$  сульфата аммония и очищенные сточные воды, отвечающие нормам на техническую воду.

Исследования, проведенные с использованием прямоточной и комбинированной схем подачи рабочих растворов, показали, что такое оформление процесса не позволяет осуществить поставленную задачу. При работе по прямоточной схеме при оптимальном режиме в зависимости от исходного содержания соли степень обессоливания изменялась от 13 до 40, а концентрация соли в очищенном стоке (дилюата) от  $0,005$  до  $0,090 \text{ г/дм}^3$ . При этом концентрация рассола не превышала  $7 \text{ г/дм}^3$ .

При проведении процесса по комбинированной схеме питания рабочих камер (с замкнутым рассольным контуром) концентрация рассола повышалась до  $20 \text{ г/дм}^3$ , но одновременно снижалось качество дилюата. Основной причиной, снижающей эффективность концентрирования и обессоливания является обратная диффузия,

увеличивающаяся по мере роста разницы концентраций электролита по обе стороны мембраны [1].

В связи с этим была изучена возможность дальнейшего концентрирования рассола, полученного при электродиализной очистке сточных вод.

Экспериментальные исследования по концентрированию сульфата аммония проводились в электродиализаторе с непроточными рассольными камерами. В тракт обессоливания и в тракт электродной промывки подавали раствор с концентрацией от 1,4 до 24,3 г/дм<sup>3</sup> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (т.е. отвечающий рассолу, получаемому на стадии обессоливания), причем через электродные камеры раствор циркулировал. Рассол при таком аппаратном оформлении образуется за счет электроосмотического переноса гидратированных ионов через мембраны из тракта обессоливания в рассольные камеры. Процесс проводили в потенциостатическом режиме. Обработке подвергали производственные стоки и модельные растворы.

Изучено влияние исходного солесодержания и pH сточных вод, напряжения постоянного тока, расхода (производительности) по тракту обессоливания, температуры исходного стока на процесс концентрирования. С целью выбора режима, отвечающего минимальным энергетическим затратам, процесс проводили как ступенчато (постепенно повышая напряжение), так и при постоянно заданном напряжении, в качестве исходного для концентрирования раствора использовали модельные растворы, содержащие от 96 до 190 г/дм<sup>3</sup> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Полученные результаты (табл. 1, рис. 2, 3) позволили установить следующие закономерности процесса концентрирования за счет электроосмотического переноса. Сила тока в системе в течение процесса концентрирования в потенциостатическом режиме изменяется практически линейно. Соответственно растет концентрация минеральных примесей в рассоле. рН рассола зависит от рН исходного конденсата. рН дилуата незначительно повышается, но концентрация сульфата аммония практически неизменна. Повышение исходного солесодержания сточных вод интенсифицирует процесс концентрирования, и за более короткое время получается рассол нужной концентрации.

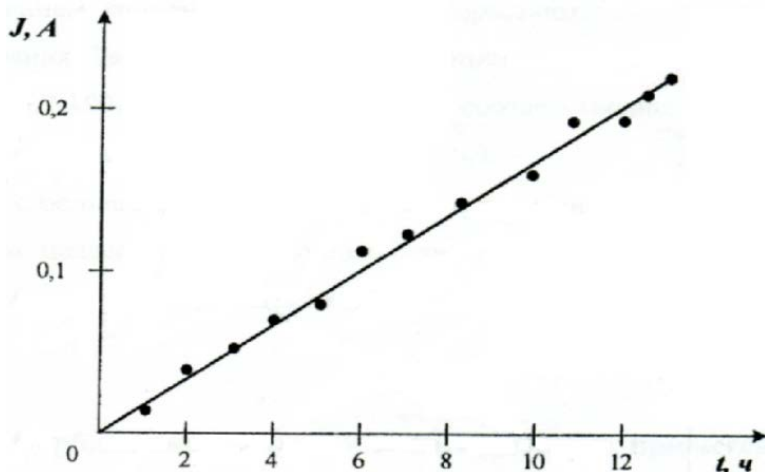


Рис. 1 – Изменение силы тока в процессе электродиализного концентрирования в потенциостатическом режиме

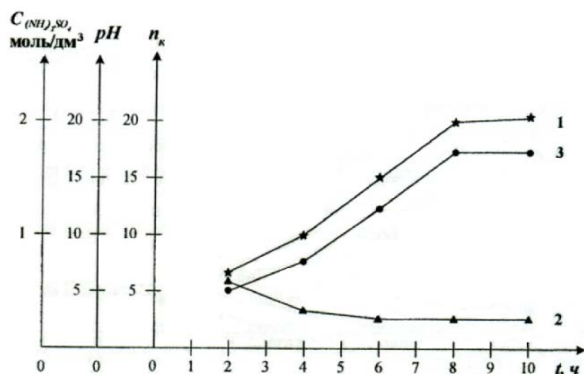


Рис. 2 – Зависимость эффективности электродиализного концентрирования от продолжительности процесса: 1 – концентрация сульфата аммония в рассоле; 2 – pH рассола; 3 – степень концентрирования. Напряжение – 3,5 В на рабочую камеру

Увеличение напряжения способствует протеканию процесса концентрирования. При повышении расхода конденсата по тракту обессоливания процесс концентрирования усиливается. Повышение температуры исходного конденсата снижает эффективность концентрирования.

Проведенные исследования показали, что предложенная схема распределения потоков растворов в электродиализаторе и режим процесса позволяют получить из сточных вод с содержанием минеральных примесей 1,5-24,3 г/дм<sup>3</sup> в одну ступень рассол с содержанием 180-200 г/дм<sup>3</sup> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Дальнейшее концентрирование этого рассола в том же аппарате позволило получить рассол с концентрацией 302 г/дм<sup>3</sup> сульфата аммония. Так как концентрация вытекающего рассола зависит от напряжения на электродах аппарата, ступенчатое концентрирование дало возможность оценить энергозатраты на процесс. Установлено, что с увеличением концентрации рассола возрастают энергозатраты концентрирования. Так, увеличение концентрации рассола в интервале 1,4-28,8, 28,8-106,7, 106,7-190, 190-302 г/дм<sup>3</sup> требует, соответственно, расхода энергии (кВт·ч/кг перенесенной соли) 0,42; 1,34; 3,2; 6,3.

Таблица 1

Концентрирование модельного раствора сульфата аммония в потенциостатическом режиме

| Концентрация<br>исходного<br>раствора,<br>г/дм <sup>3</sup> | Сила<br>тока,<br>А | Удельный<br>расход<br>электро-<br>энергии,<br>кВт·ч/кг | Рассол |                                 |                 |                  | Дилуат |                                 |                      |             |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------|--------|---------------------------------|-----------------|------------------|--------|---------------------------------|----------------------|-------------|
|                                                             |                    |                                                        | рН     | Концентрация, г/дм <sup>3</sup> |                 |                  | рН     | Концентрация, г/дм <sup>3</sup> |                      |             |
|                                                             |                    |                                                        |        | сульфат<br>аммония              | общего<br>азота | ам-<br>миак<br>а |        | сульфат<br>аммония              | об-<br>щего<br>азота | аммиа<br>ка |
| 1,4                                                         | 0,20               | 0,42                                                   | 1,5    | 28,8                            | 6,1             | отс.             | 2,2    | 0,05                            | 0,02                 | отс.        |
| 28,8                                                        | 0,92               | 1,34                                                   | 1,7    | 106,7                           | 23,0            | отс.             | 2,7    | 14,60                           | 3,00                 | отс.        |
| 106,7                                                       | 2,40               | 3,20                                                   | 3,5    | 190,0                           | 42,2            | отс.             | 5,2    | 37,60                           | 8,00                 | отс.        |
| 190,0                                                       | 5,80               | 6,30                                                   | 6,7    | 301,6                           | 84,9            | 0,002            | 7,3    | 89,10                           | 18,90                | 0,01        |

В связи с большим расходом электроэнергии при высоком концентрировании считаем целесообразным концентрировать рассол до содержания  $200 \text{ г/дм}^3$   $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , а затем отправлять на выпарные аппараты данного производства для получения товарного продукта.

Двухстадийная организация процесса переработки сточных вод, позволяет на первой стадии получить обессоленную воду, а на второй рассол, которые соответствуют требованиям для возврата в производство/

Список литературы:

1. Шапошник, В.А. О влиянии обратной диффузии на глубину обессоливания воды электродиализом / Шапошник В.А., Решетникова А.К. // Теория и практика сорбционных процессов. Воронеж: ВГУ, 1975. - Вып. 10. - С. 120-122.

УДК 66.081

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННОГО АППАРАТА ТРУБЧАТОГО ТИПА**

О.А. Ковалева, С.И. Лазарев, С.В. Ковалев

*Тамбовский государственный технический университет,  
г. Тамбов, Россия*

Анализ литературных данных в области очистки и концентрирования растворов и стоков химических, машиностроительных, пищевых и других производств, показывает, что огромное количество источников посвящено освещению проблематике модифицирования структуры мембран, морфологии поверхности и свойств активного слоя и подложки. Недостаточно внимания, по нашему мнению, уделяется проектированию аппаратов нового типа. Такими аппаратами, в полной мере, можно считать аппараты для электробаромембранного разделения, один из которых представлен ниже, рис 1.

Аппарат, показанный на рис. 1, работает следующим образом. Разделяемый раствор под давлением, превышающим осмотическое давление растворенных в нем веществ, через патрубок 2 для ввода раствора поступает в камеру разделения 10. После заполнения аппарата раствором, на устройство (клеммы устройства) для подвода электрического тока 30, 31, 35, рис. 1 подается внешнее постоянное электрическое поле, вызывающее определенную плотность тока в растворе.

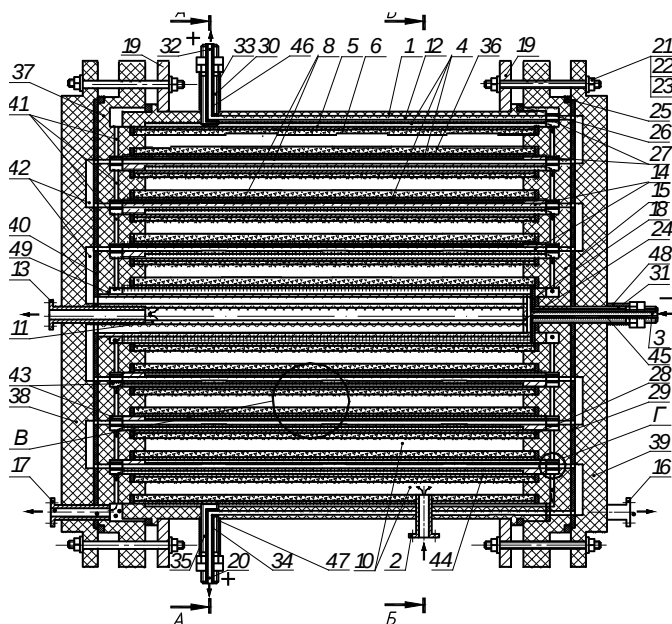


Рис.1.Электробаромембранный аппарат трубчатого типа

В камере разделения 10, ионы в виде заряженных частиц, под действием электрического тока мигрируют так, анионы проникают через прианодную мембрану 6 к поверхности микропористой подложки 5, служащей электродом-анодом, которая расположена на цилиндрическом корпусе 1. А катионы через прикатодную мембрану 36 стремятся к ближайшей поверхности микропористой подложки 44, служащей электродом-катодом и расположенной на концентрическом трубчатом элементе 8. Через прианодную и прикатодную мембраны 6, 36 проникают анионы и катионы соответственно. Газы (кислород и водород соответственно) образующиеся на электродах в результате электрохимических реакций, вместе с пермеатами переносятся далее через поверхности микропористой подложки 5 и 44 концентрического



трубчатого элемента 8, по соответствующим продольным кольцевым каналам 4. Далее пермеаты отводятся через кольцевые полости 43 и соединительные каналы 41 в трубных решётках 15, 37 через патрубки для вывода прианодного пермеата 16 и прикатодного пермеата 17 из аппарата. Далее очищаемый раствор через переточный канал 9, концентрического трубчатого элемента 8 с микропористыми подложками электродами – катодом, анодом 44 и 5 соответственно и прикатодными, прианодными мембранами 36 и 6 поступает последовательно в следующую камеру разделения 10, расположенную ближе к центру аппарата, где происходят аналогичные процессы. Одновременно с подачей разделяемого раствора, рис. 1, через канал подвода охлаждающего раствора 3 подается охлажденная жидкость, поступая в зазор между круглой заглушкой 24 и торцевой поверхностью внутренней диэлектрической втулки 45, которая попадает в пространство образованное между центральной трубой 11 и концентрической трубкой 49. Далее охлажденная жидкость прокачивается последовательно по проточным каналам для охлаждающего раствора 42 через отверстия в прокладке 27. Затем эта жидкость перекачивается по каналам для протекания охлаждающего раствора 14 трубчатого элемента 8 и далее аналогичным образом попадает в кольцевой канал цилиндрического корпуса 12 и выводится из аппарата по каналам отвода охлаждающего раствора 20, 32. Из раствора последовательно протекающего по всем камерам разделения 10, рис. 1, всего аппарата, в виде анионов и катионов удаляются растворенные вещества. Обедненный раствор отводится через канал 9 в центральной трубе 11 и концентрической трубе 49 на поверхность, где последовательно уложены микропористая подложка 44, прикатодная мембрана 36, через патрубок 13, служащий для вывода продуктов разделения.

УДК 628.3:66.081.6

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИИ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОЙ  
ОЧИСТКИ БЕЛОФОРСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ  
ВОД**

С.А. Вязовов

*Тамбовский государственный технический университет,  
г. Тамбов, Россия*

В настоящее время в мире мембранные технологии достаточно часто применяются для концентрирования и разделения растворов солей в разных отраслях промышленности [1]. При изготовлении оптических отбеливателей, получается большое количество промышленных растворов, содержащих белфор, которые для дальнейшего использования должны быть сконцентрированы [2, 3]. Для выбора оптимальных условий проведения процесса мембранного концентрирования и последующей разработки новой технологической схемы, необходимо исследовать кинетические характеристики мембранного процесса и влияние на них различных факторов. При изучении кинетических характеристик процесса обратного осмоса концентрирования растворов содержащих белфор использовались различные типы промышленных обратных осмотических мембран производства ООО «Владипор» г. Владимир.

В качестве объектов исследования использовались промышленные растворы, процесса получения полупродуктов в производстве оптических отбеливателей на промышленных объектах ОАО «Пигмент» г. Тамбов. Далее представлены результаты по исследованию важнейшей характеристики мембранного процесса

концентрирования - коэффициента задержания. Изучение данной кинетической характеристики мембран проводилось на экспериментальной обратноосмотической установке рис. 1. Основным рабочим элементом экспериментальной обратноосмотической установки служит плоскокамерная ячейка 4. Из ёмкости 1, через систему трубопроводов с регулирующими вентилями, раствор под давлением, создаваемым плунжерным насосом НД 100/63 3, поступает в камеру концентрирования плоскокамерной ячейки 4. Частично разделенный раствор, пройдя вентиль 13, ячейку 4, вентиль 5 и ротаметр 6, возвращаются обратно в ёмкость 1. Давление раствора в установке обеспечивается с помощью образцовых манометров 10 и 11, и для контроля и регулирования давления - электроконтактный манометр 12. Для исследования влияния пульсации давления раствора на процесс концентрирования в плоскокамерной ячейки 4 предусмотрен датчик ЛХ-409 18, крейтовая система сбора данных с датчиков и управления LTC-002 19, ПЭВМ 17. Для поддержания в установке заданной температуры предусмотрены водяной термостат 16, для измерения температуры термopара 15, потенциометр 14.

Пермеат, образующийся в процессе мембранного концентрирования, собирается в ёмкость 2. В установке предусмотрена регулирование давления с помощью вентилей 5. Предусмотрен так же аварийный сброс давления в систему с помощью вентилей 9. Для создания в системе пульсации давления раствора и варьировании величины пульсаций давления в установке находится система ресиверов 7 и 20, цилиндрические сосуды объемом  $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , предварительно заполненные сжатым воздухом с помощью компрессора 8, до давления 10...40 % от рабочего.

Значение коэффициента задержания  $K$  рассчитывается по формуле

$$K = 1 - (C_{\text{пер}} / C_{\text{исх}}). \quad (1)$$

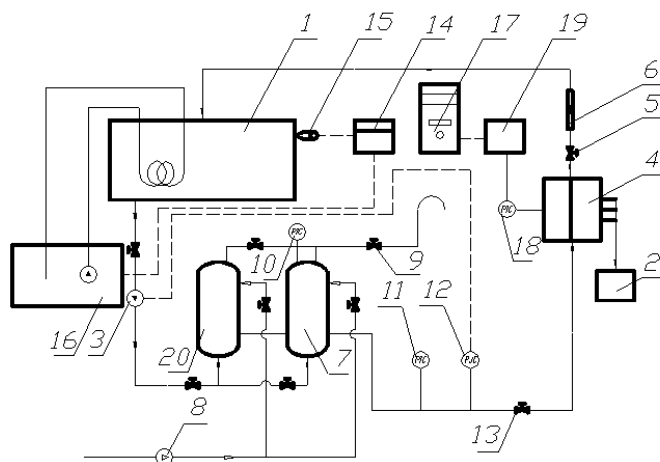


Рис. 1. Схема экспериментальной обратноосмотической установки

Исследования коэффициента задержания происходило при варьировании внешних факторов (давления, концентрации) на процесс концентрирования. В качестве объектов исследования были промышленные мембраны ESPA-1, МГА-95П, ОПМ-КМ, промышленные растворы оптических отбеливателей КД-2, ОБ-жидкий, концентрация белофоров 20,9; 45; 65,8 кг/м<sup>3</sup>.

Результаты обработки экспериментальных значений представлены на рис. 2 (а, б). Выявлены следующие закономерности: с увеличением величины давления происходит увеличение коэффициента задержания мембран для всех исследованных типов мембран, что объясняется следствием преобладания конвективного механизма переноса, являющемся основной движущей силой процесса, над диффузионным [1, 4]. Коэффициент

задержания для мембраны обратноосмотической ESPA-1 при схожих внешних факторах на порядок выше, чем для мембраны обратноосмотической ОПМ-КМ и на несколько порядков выше для мембраны обратноосмотической МГА-95П.

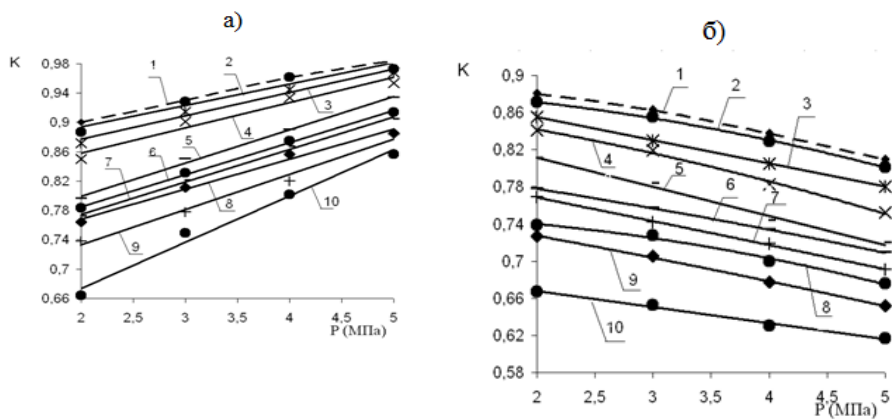


Рис. 2. Значения коэффициента задержания мембран в зависимости от рабочего давления и исходной концентрации растворов оптических отбеливателей:

$a$  – ОБ-жидкий;  $b$  – КД-2; Экспериментальные данные: ESPA-1, 2 –  $C_{исх} = 20,9 \text{ кг/м}^3$ , 3 –  $C_{исх} = 45 \text{ кг/м}^3$ , 4 –  $C_{исх} = 65,8 \text{ кг/м}^3$ ; ОПМ-КМ, 5 –  $C_{исх} = 20,9 \text{ кг/м}^3$ , 6 –  $C_{исх} = 45 \text{ кг/м}^3$ , 7 –  $C_{исх} = 65,8 \text{ кг/м}^3$ ; МГА-95П, 8 –  $C_{исх} = 20,9 \text{ кг/м}^3$ , 9 –  $C_{исх} = 45 \text{ кг/м}^3$ , 10 –  $C_{исх} = 65,8 \text{ кг/м}^3$ . Расчетные данные: ESPA-1, 1 –  $C_{исх} = 20,9 \text{ кг/м}^3$

Это объясняется разной величиной пористости активного слоя обратноосмотической мембраны, разными знаками зарядов поверхностей мембран, с разным геометрическим расположением и распределением пор в соответствующих радиусах в примембранном активном слое, наличием ощутимого различия в природе

структурных характеристик мембран и их материалов и [1, 4].

Коэффициент задержания мембран  $k$  рассчитывался с помощью модифицированной формулы, полученной посредством преобразований, на основе предложенной Б.В. Дерягиным, Н.В. Чураевым, Г.А. Мартыновым, В.М. Старовым [4]:

$$k=1-\frac{\Delta\mu}{1+\left(\frac{1}{k_p k_1}-1\right)\left[1-\exp\left(-\frac{G h k_p k_2}{P_0}\right)\right]\exp\left(-\frac{G 0,00021 k_3}{P \sqrt{w}}\right)}$$

, (2)

где  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  – коэффициенты, находящиеся в зависимости от типа исследуемого раствора и вида обратноосмотической мембраны;  $k_p$  – коэффициент распределения;  $\Delta\mu$  – коэффициент, для учёта влияния наложения поля пульсации давления раствора на коэффициент задержания мембраны.

Значения коэффициентов  $k_1, k_2, k_3$  полученные в результате обработки экспериментальных данных для исследованных растворов оптических отбеливателей КД-2 ОБ-жидкого, и мембран обратноосмотических ESPA-1, МГА-95П, ОПМ-КМ представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Коэффициенты  $k_1, k_2, k_3$  для ОБ-жидкого

| Исследуемая мембрана | Исследуемый Раствор | $k_1$                | $k_2$                  | $k_3$    |
|----------------------|---------------------|----------------------|------------------------|----------|
| МГА-95П              | ОБ-жидкий           | $0,68 \cdot 10^{-3}$ | 0,058289               | 1,111142 |
| ESPA-1               |                     | $9,64 \cdot 10^{-6}$ | $1,3969 \cdot 10^{-5}$ | 0,539192 |
| ОПМ-КМ               |                     | $6,09 \cdot 10^{-3}$ | 0,008975               | 0,488309 |

Таблица 2

Значения коэффициентов  $k_1, k_2, k_3$  для КД-2

| Исследуемая мембрана | Исследуемый Раствор | $k_1$                | $k_2$                  | $k_3$      |
|----------------------|---------------------|----------------------|------------------------|------------|
| МГА-95П              | КД-2                | 0,351                | 3,0135077<br>5         | 2,54011208 |
| ESPA-1               |                     | 0,154                | 0,3563805              | 1,3        |
| ОПМ-КМ               |                     | $8,74 \cdot 10^{-6}$ | $1,8423 \cdot 10^{-5}$ | 0,8483523  |

Сравнение экспериментальных значений с расчетными данными показало совпадение с погрешностью не превышающей 10%.

#### Список литературы:

1. Мулдер, М. Введение в мембранную технологию [Текст] / М. Мулдер; Пер. с англ. – М.: Мир, 1999. – 513с., ил.
2. Рябчиков, Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования [Текст] / Б.Е. Рябчиков – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328с.
3. Субочева, М.Ю. Экологические аспекты снижения стоков в производстве органических пигментов [Текст] / М.Ю. Субочева // В сборнике: экологические проблемы промышленно развитых и ресурсодобывающих регионов: пути решения сборник трудов Всероссийской молодежной научно-практической конференции. – 2016. – С. 70–75
4. Хванг, С.-Т. Мембранные процессы разделения [Текст] / С.-Т. Хванг, К. Каммермейер; Пер. с англ. Е.П. Моргуновой, Ю.Н. Жилина под ред. проф. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1981. – 464с.

УДК 628.316.12

**ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД  
АНИЛИНОКРАСОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

М.Ю. Субочева

*Тамбовский государственный технический университет,  
г. Тамбов, Россия*

Производства азокрасителей и пигментов сопровождается образование большого количества сточных вод, которые, пройдя все производственные циклы (подготовка сырья, синтез, фильтрация) загрязняются различными органическими и неорганическими веществами: растворимыми, нерастворимыми и взвешенными [1]. Очистка и уменьшение количества сточных вод за счет повторного их использования в технологическом цикле (например, для использования на стадиях промывки) без потери качества готового продукта является одной из самых актуальных проблем [2].

В настоящее время существует большое количество методов очистки промышленных сточных вод, зависящих от типа вредных веществ [3].

Нами предлагается метод очистки промышленных сточных вод после производства органических пигментов и красителей, основанный на использовании «матриц очистки», которые будут проводить очистку вод от соединений, образующихся в результате синтеза пигментов и красителей и их промывки на фильтровальном оборудовании или методом декантации–репульсации.

Разработанная технология состоит из следующих стадий:



1 стадия. Нарботка «матриц очистки».

2 стадия. Введение «матриц очистки» в сточные воды.

3 стадия. Очистка сточных вввод до стандартных физико–химических показателей артезианской воды.

4 стадия. Возврат сточных вод подвергшихся очистке от примесей в технологический цикл на вторичное использование на стадии синтеза, промывки пигментов и красителей от водорастворимых примесей.

Нарботка «матриц очистки» велась на основе полученных промывных вод и знания состава загрязняющих соединений в них.

Таблица 1.

Качественная оценка пигмента

| Вид оценки                                |            | Образец пигмента                            |                             |                                           |
|-------------------------------------------|------------|---------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|
|                                           |            | Стандартный                                 | Промытый артезианской водой | Промытый очищенными сточными водами       |
| Визуальная оценка (оттенок, чистота тона) |            | Соответствует или незначительное отклонение | Незначительно чище          | Незначительно желтее и незначительно чище |
| Инструментальная оценка                   | $\Delta E$ | 1,0                                         | 0,84                        | 0,95                                      |
|                                           | $\Delta L$ | $\pm 0,5$                                   | –0,42                       | –0,4                                      |
|                                           | $\Delta C$ | $\pm 0,5$                                   | 0,72                        | 0,8                                       |
|                                           | $\Delta H$ | $\pm 0,5$                                   | 0,09                        | 0,29                                      |
|                                           | I%         | 100 $\pm$ 3                                 | 105                         | 102                                       |

«Матрицы очистки» готовятся с применением наноматериалов полученных золь–гель методом, элементный состав которых соответствует составу примесей присутствующих в сточных водах производства.

Результаты исследований показали, что сточные воды после очистки «матрицами очистки» по своим физико-химическим свойствам приближаются к исходной артезианской воде. Следовательно, они могут быть использованы вторично в производстве пигментов.

Показатели качества пигмента ярко-красного 2С промытого по стандартной технологии и по предлагаемой приведены в таблице 1. Испытания проводились экспресс-методом по ГОСТ 11279.1 п. 1,2 в масляном покрытии визуальном и инструментальном. Оценивались показатели: I, % – колористическая концентрация;  $\Delta H$  – оттенок;  $\Delta L$  – светлота;  $\Delta C$  – чистота;  $\Delta E$  – общее световое различие [1].

Из таблицы 1 видно, что показатели пигмента промытого водами, прошедшими очистку с помощью матриц, соответствуют требованиям предъявляемых стандартному образцу и предлагаемый способ обеспечивает качество отмывки аналогичное использованию артезианской воды при незначительных расходах на обеспечение данной технологии утилизации водных загрязнений.

#### Список литературы:

1. Ермилов, П. И. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы [Текст] / П. И. Ермилов, Е. А. Индейкин, И. А. Толмачёв – Л.: Химия, 1987. – 200 с.
2. Промышленная экология: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений] / под ред. В. В. Денисова. – М. : МарТ, 2007. – С 210–245.
3. Вязовов, С.А. Исследование диффузионной проницаемости обратноосмотических мембран в водных растворах оптического отбеливателя тетра-сульфо-типа [Текст] / С.А. Вязовов // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – № 7-1. – С. 86-87.

УДК 628.3:66.081.63

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ  
СТОЧНЫХ ВОД АВТОМОЕК**

И.В. Хорохорина

*Тамбовский государственный технический университет,  
г. Тамбов, Россия*

Мытье автомобилей – это довольно выгодный бизнес, правда, требующий большого количества документов, подписанных в самых разных инстанциях. Дополнительно требуется разрешение от местного СЭС, которое выдадут только при наличии системы очистки. Может возникнуть вопрос о целесообразности установки специального оборудования. На автомойках используют специальные моющие средства, содержащие огромное количество поверхностно-активных веществ, которые являются одним из главных загрязнителей гидросферы. Для уменьшения вреда, причиняемого природе и живым организмам, обитающим в воде, требуется уменьшить объем сброса сточных вод, содержащих АПАВ. Очистные сооружения могут быть замкнуты в цикл, позволяющий использовать уже отработанную воду после того, как она пройдет через ряд фильтров и отстойных баков. После того, как сточными водами будет пройден полный цикл очистки, с отфильтрованными и осевшими на дне отстойников веществами теряется приблизительно 10 % жидкости. Оставшаяся вода, после компенсации потерь, может быть использована вторично [1,2].

Стоит отметить, что в промышленности имеются традиционные технологии и методы очистки сточных вод различного состава, а одним из перспективных методов

очистки стоков и промышленных растворов являются мембранные методы.

Была усовершенствована технологическая схема очистки сточных вод от АПАВ (рис. 1).

На рис. 1 показана технологическая схема очистки сточных вод, содержащих АПАВ. Данная схема включает в себя исходную емкость 1, погружной насос 2, емкость с коагулянтom и флокулянтom 3, дозировочный насос 4, тонкослойный отстойник 5, емкость с осветленной водой 6, насос 7 и мембранный модуль 8.

Технологическая схема очистки сточных вод, содержащих АПАВ, работает следующим образом. Из емкости 1 погружным насосом 2 промывная вода подается на тонкослойный отстойник 5. Предварительно в поток воды дозировочным насосом 4 из емкости 3 подаются коагулянт и флокулянт, способствующие укрупнению и уплотнению осадка. В тонкослойном отстойнике основная масса коллоидного осадка оседает в шламособорник (нижняя часть отстойника). Осветленная вода поступает в емкость 6 и далее насосом 7 подается на мембранный модуль 8.

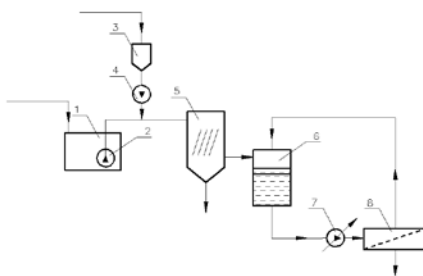


Рис. 1. Технологическая схема очистки сточных вод, содержащих АПАВ: 1 – исходная емкость; 2 – погружной насос; 3 – емкость с коагулянтom и флокулянтom; 4 – дозировочный насос; 5 – тонкослойный отстойник; 6 – емкость с осветленной водой; 7 – насос; 8 – мембранный модуль

Был проведен эксперимент на мембранном модуле по задержанию АПАВ ультрафильтрационными мембранами, ацетатцеллюлозными и полиамидными.

Коэффициент задержания рассчитывался по формуле [3, 4]:

$$K = 1 - \frac{C_{nep}}{C_{исх}}, \quad (1)$$

где:  $K$  – коэффициент задержания;

$C_{nep}$  – концентрация растворенного вещества в пермеате,  $\text{кг/м}^3$ ;

$C_{исх}$  – концентрация растворенного вещества в исходном растворе,  $\text{кг/м}^3$ .

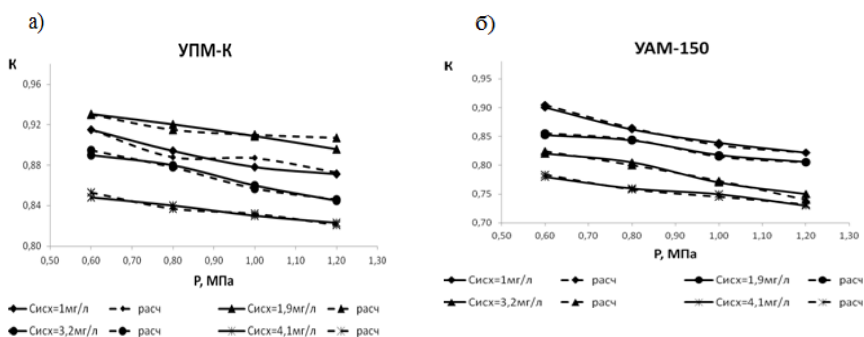


Рис. 2. Зависимость коэффициента задержания от давления исходного раствора АПАВ для мембраны УПМ-К (а) и УАМ-150 (б)

Коэффициент задержания, приведенный на рис. 2, существенно зависит от концентрации раствора, вида мембраны и природы растворенного вещества. С ростом концентрации растворенных веществ возрастает вероятность образования диффузионных пограничных слоев, что приводит к повышению влияния явления концентрационной поляризации [5] на коэффициент задержания.

Для аналитического расчета коэффициента задержания использовалась формула Дерягина Б.В. и др.:

$$K = 1 - \frac{1}{1 + \left( \frac{1}{k_p \cdot k_1} - 1 \right) \left[ 1 - \exp \left( - \frac{J \cdot k_p \cdot k_2}{D_a} \right) \right] \cdot \exp(-J \cdot k_3)}}, \quad (2)$$

Таблица 1  
Значения эмпирических коэффициентов для уравнения 2

| Мембраны | $k_1$     | $k_2$     | $k_3$ |
|----------|-----------|-----------|-------|
| УАМ-150  | 0,0025641 | 0,0002273 | 27351 |
| УПМ-К    | 0,0015354 | 0,0002112 | 25436 |

С увеличением концентрации (рис. 2), коэффициент задержания уменьшается. Это объясняется преимущественным переносом растворителя, чем растворенного вещества. Коэффициент задержания в большей степени зависит от концентрации, чем от давления [3,4,6], что мы наблюдали в наших экспериментальных исследованиях.

Коэффициент задержания зависит и от природы матрицы полупроницаемых мембран. На ацетатцеллюлозной мембране наблюдается менее значительный рост по коэффициенту задержания, чем на полиамидной мембране. Это вероятно связано с поверхностными явлениями, вызванными различным видом взаимодействия растворенного вещества с активным слоем, а также характером пор и их распределением по радиусу активного слоя [7,8].

#### Список литературы:

1. Волкова Г.А., Сторожук Н.Ю. Методы очистки сточных вод, содержащие синтетические

поверхностно-активные вещества./ Вестник Брестского государственного технического университета. 2012. №2.

2. Обратное водоснабжение автомоек. / <http://www.vo-da.ru/articles/oborotnoe-vodosnabjenie-avtomоек/shema-ochistki-avtomoyki>

3. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. / Дытнерский Ю.И. – М.: Химия, 1986.- 272 с. (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии).

4. Мулдер, М. Введение в мембранную технологию: Пер. с англ. / М. Мулдер // М.: Мир, 1999. – 513 с.

5. Лазарев, С.И. Научные основы электрохимических и баромембранных методов очистки, выделения и получения органических веществ из промышленных стоков: дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.03 / Лазарев Сергей Иванович. – Тамбов, 2001. – 193 с.

6. Лазарев, С.И. Разделение анилиносодержащих сточных вод мембранными методами и кинетические характеристики процессов / С.И. Лазарев, В.Б. Коробов, В.И. Коновалов // Создание и внедрение современных аппаратов с активными гидродинамическими режимами для текстильной промышленности и производств химических волокон : тез докл. III Всесоюз. конф. ЦНИИТРЕИлегпром. – М., 1989. – С. 153.

7. Гринчик, Н.Н. Процессы переноса в пористых средах, электролитах и мембранах /Н.Н. Гринчук. – Минск: Изд-во АНК «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова», 1991. – 252 с.

8. Перис, Агилар, Х. Явление переноса через мембрану / Х. Перис Агилар ; пер. с англ. – 1985. – 34 с.

УДК 66.081.6

**ЭЛЕКТРОУЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННАЯ  
ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ РАСТВОРОВ И  
СТОКОВ ОТ АНИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-  
АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

И.В. Хорохорина

*Тамбовский государственный технический университет,  
г. Тамбов, Россия*

В работе получены данные по коэффициенту задержания и удельному потоку растворителя при электроультрафильтрационном извлечении веществ из промышленных растворов и стоков, содержащих поверхностно-активные вещества. Выполнен теоретический анализ кинетических кривых по коэффициенту задержания и удельному потоку растворителя в зависимости от плотности тока, концентрации, природы растворенного вещества и вида полупроницаемой мембраны. Установлено, что с повышением плотности тока коэффициент задержания и удельный поток растворителя по поверхностно-активным веществам ведет себя неоднозначно на прикатодной и прианодной мембранах.

Ключевые слова: электроультрафильтрация, поверхностно-активные вещества, мембрана, коэффициент задержания, очистка.

Сточные воды, образующиеся при мойке автомобильной техники, содержат большое количество всевозможных загрязнений: взвешенные частицы, нефтепродукты, а также шампунь, масло и другие автомобильные жидкости. Стоки с таким уровнем



загрязненности не могут сливаться в центральную канализацию.

К ПДК сточных вод предъявляются высокие требования по остаточным концентрациям загрязняющих веществ. Для водоемов рыбохозяйственного назначения: нефтепродукты  $\leq 0,05$  мг/л; анионные ПАВ  $\leq 0,1$ – $0,5$  мг/л; неионогенные ПАВ  $\leq 0,0005$ – $0,1$  мг/л [1; 2]. Очистка сбрасываемых вод до таких концентраций ПАВ представляет собой сложную задачу и требует немалых капитальных и эксплуатационных затрат.

С целью минимизации объема и площади очистных сооружений целесообразно проведение испытаний перспективных технологий очистки сточных вод автомоек, например электромембранных технологий, которые доказали свои преимущества [3-5].

Экспериментальные исследования кинетических коэффициентов, таких как коэффициент задержания мембраны и удельный поток растворителя, проводились на электроультрафильтрационной установке при росте значений плотности тока  $i = 5 - 40$  А/м<sup>2</sup>.

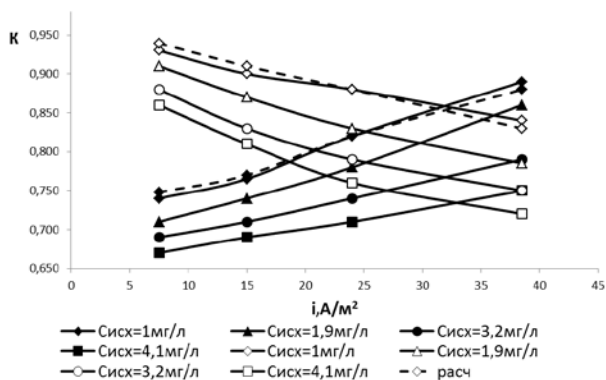


Рис. 1. Зависимости коэффициента задержания от плотности тока в водном растворе АПАВ для мембраны УПМ-К: черные – прианодная мембрана, красные – прикатодная мембрана

По концентрациям растворенного вещества в пермеате и в исходных растворах рассчитывали коэффициент задержания по формуле:

$$K = 1 - \frac{C_{пер}}{C_{исх}}, \quad (1)$$

где  $C_{пер}$  – концентрация растворенного вещества в пермеате, мг/л;  $C_{исх}$  – концентрация веществ в исходном растворе, мг/л.

Для теоретического расчета коэффициента задержания с наложением тока для прианодной мембраны получено выражение следующего вида:

$$K = 1 - \frac{1}{1 + \left( \frac{1}{k_4 k_p} - 1 \right) \left[ 1 - \exp \left( - \frac{k_5 J k_p i \eta}{D_d k_p i \eta + M_{эд}} \right) \right] \exp(-k_6 J)}, \quad (2)$$

Для теоретического расчета коэффициента задержания с наложением тока для прикатодной мембраны получено выражение следующего вида:

$$K = \frac{1}{1 + \left( \frac{1}{k_4 k_p} - 1 \right) \left[ 1 - \exp \left( - \frac{k_5 J k_p i \eta}{D_d k_p i \eta + M_{эд}} \right) \right] \exp(-k_6 J)}, \quad (3)$$

Таблица 1  
Значения эмпирических коэффициентов для уравнений 2 и 3.

| Мембрана                 | $k_4$     | $k_5$ | $k_6$ |
|--------------------------|-----------|-------|-------|
| УПМ-К (прианодная)       | 0,0005574 | 0,346 | 26543 |
| УПМ-К (прикатодная)      | 0,2040    | 8,653 | 27564 |
| УАМ-150(прианодная)      | 0,0005174 | 0,432 | 24625 |
| УАМ-150<br>(прикатодная) | 0,1987    | 9,105 | 29562 |

Исследуя зависимости коэффициента задержания от плотности тока на рисунках 1 и 2 мы видим, что коэффициент задержания под действием электрического поля с ростом концентрации исходного раствора уменьшается. Но при этом обнаружено различное влияние плотности электрического тока на коэффициент задержания прикатодной и прианодной мембраны. На прикатодных мембранах наблюдалось уменьшение коэффициента задержания, а на прианодной увеличение. Это, вероятно связано с таким явлением, как «блокировка» пор на прикатодной мембране за счет отвода основной группы ионов [6].

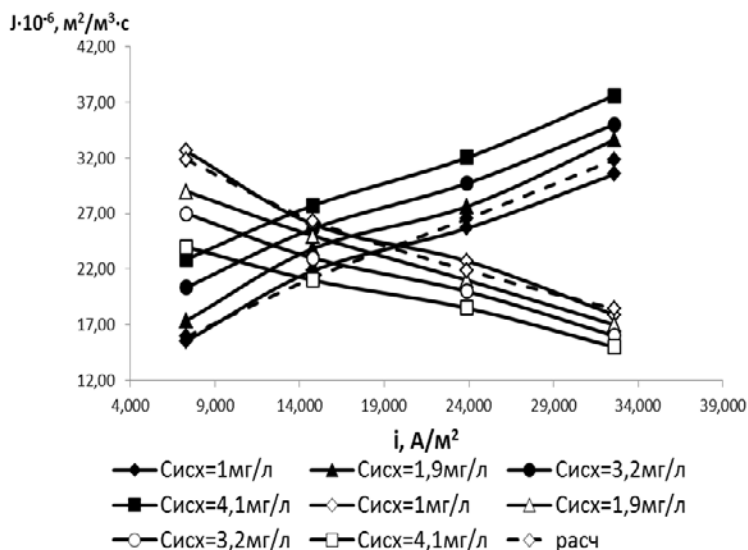


Рис. 2. Зависимости удельного потока растворителя от плотности тока в водном растворе АПАВ для мембраны УПМ-К: черные – прианодная мембрана, красные – прикатодная мембрана

Значение удельного потока растворителя рассчитывали по формуле:

$$J^{+,-} = \frac{V}{F_m \cdot \tau}, \quad (4)$$

где  $V$  – объем пермеата,  $\text{м}^3$ ;  $F_m$  – рабочая площадь мембраны,  $\text{м}^2$ ;  $\tau$  – время проведения эксперимента, с.

Для теоретического расчета удельного потока растворителя с наложением тока использовано выражение следующего вида:

$$J = k(\Delta p - (B_i \exp(n_i C_{\text{исх}}) \exp(A_i / T) i \eta)) \quad (5)$$

где  $B_i$ ,  $n_i$ ,  $A_i$  – числовые коэффициенты;  $k$  – коэффициент водопроницаемости мембраны,  $\text{м}/(\text{с} \cdot \text{МПа})$ .

Таблица 2  
Значения эмпирических коэффициентов для уравнения 5

| Мембрана            | $B_i$   | $n_i$    | $A_i$ |
|---------------------|---------|----------|-------|
| УПМ-К (прианодная)  | -2,1652 | -1,953   | 2,78  |
| УПМ-К (прикатодная) | -0,742  | -0,49325 | 9,671 |

Исследуя зависимости удельного потока растворителя от плотности тока на рис. 2 можно увидеть, что с увеличением плотности тока удельный поток растворителя ведет себя неоднозначно. Обнаружено различное влияние плотности электрического тока на удельный поток растворителя прикатодной и прианодной мембраны. На прикатодных мембранах наблюдалось уменьшение удельного потока растворителя. Это связано с отрицательным зарядом основной группы ионов, что не противоречит общепринятым представления [7,8]. На прианодной мембране наблюдается увеличение значений удельного потока растворителя. Это связано с увеличением составляющей электроосмотического потока [9, 10].

Список литературы:

1. Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: Мединор, 1999.
2. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – М.: 2000.
3. Кочаров Р.Г. Каграманов Г.Г. Расчет установок мембранного разделения жидких смесей. – М.: РХТУ. 2001. 128 с.
4. Лазарев, С.И. Мамонтов В.В., Ковалев С.В. Очистка технической воды на обратноосмотической установке плоскокамерного типа. / С.И. Лазарев, В.В. Мамонтов, С.В. Ковалев // Известия вузов. Химия и хим. технология. – 2006. – Т. 49. – Вып. 9. – С. 52-54.
5. Лазарев, С.И. Научные основы электрохимических и баромембранных методов очистки, выделения и получения органических веществ из промышленных стоков: дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.03 / Лазарев Сергей Иванович. – Тамбов, 2001. – 193 с.
6. Березина, Н.П. Модельное описание электротранспорта воды в ионообменных мембранах / Н.П. Березина, Н.П. Гнусин, О.А. Демина // Электрохимия. – 1990. – Т. 26, № 9. – С. 1098 – 1104.
7. Духин С.С. Обратный осмос и диэлектрические свойства мембран. / Духин С.С., Чураев Н.В., Ярошук А.Э. / Химия и технология воды. – 1984. – Т. 6, № 4. – С. 291 – 301.
8. Лазарев С.И., Богомолов В.Ю., Полянский К.К. Мембранный метод концентрирования отходов на Бондарском сыродельном заводе // Сыроделие и маслоделие. 2014. № 4. С. 34-36.
9. Электрофорез лекарственных веществ. Улащик В.С Учебное пособие. Издательство: Белорусская наука. Минск-2010. 404 с. ISBN: 978-985-08-1123-3
10. Горбачев С.А. Кинетика электромембранного разделения сульфатсодержащих растворов: Дис. ...канд. тех. наук. – Тамбов 2006. –198с.

УДК 544.723:547.821

## **АДСОРБЦИЯ ПИРИДИНА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ПРОГРЕТЫМИ АКТИВНЫМИ УГЛЯМИ**

О.В. Беляева, Е.Е. Беляева

*Кемеровский технологический институт пищевой  
промышленности (университет),  
г. Кемерово, Россия*

Предварительная подготовка АУ к адсорбционному исследованию предполагает прогрев адсорбента при температуре 105 – 130 °С в течение нескольких часов для удаления поглощённых при хранении и транспортировке паров воды и газов [1,2]. Однако Тарковская в своей монографии отмечает [3], что в данном температурном интервале возможно формирование поверхностных соединений кислорода преимущественно основного типа. Молекула пиридина способна образовывать с такими группами комплексы с переносом заряда. Поскольку пиридин смешивается с водой при любых соотношениях, увеличение на поверхности АУ центров специфической адсорбции может способствовать повышению селективности адсорбционного извлечения данного соединения из водных растворов.

Целью исследования являлось изучение влияния предварительного прогрева гранулированных АУ марок АГ-ОВ-1 и СКД-515 в рекомендуемом для предварительной подготовки интервале температур на адсорбцию пиридина из водных растворов.

Предварительные термогравиметрические исследования в атмосфере, имитирующей воздух, показали (рис. 1), что удаление поглощенных при хранении веществ заканчивается при температуре 105 – 110 °С, дальнейшее

повышение температуры не приводит к изменению массы адсорбента.

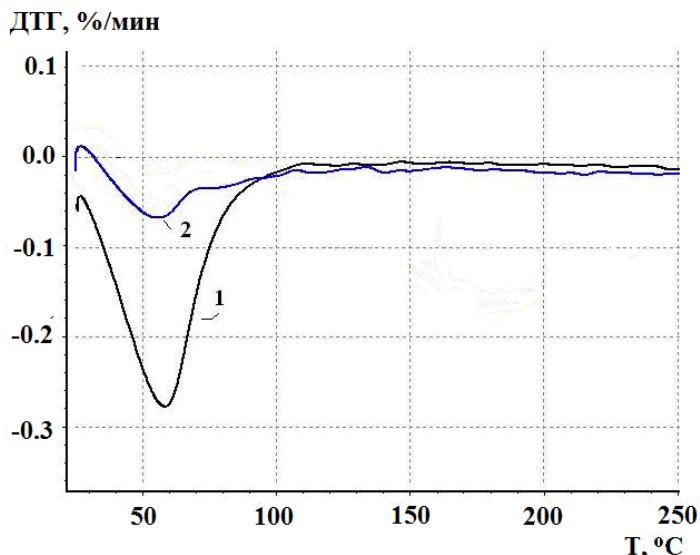


Рис. 1. Дифференциальные кривые потери массы АУ в кислородно-гелиевой атмосфере: 1- АГ-ОВ-1; 2- СКД-515.

Равновесие адсорбции пиридина из водных растворов изучено в интервале концентраций до  $2 \text{ г/дм}^3$  с использованием прогретых в течение 5 часов при температуре  $105^\circ\text{C}$  и  $120^\circ\text{C}$  образцов АУ. Анализ полученных изотерм адсорбции (рис. 2) показал, что значительное повышение адсорбции исследуемого компонента наблюдается для обоих образцов АУ, прогретых при  $120^\circ\text{C}$ .

Обработка изотерм адсорбции обработали с использованием уравнения Ленгмюра показала, что прогрев при  $105^\circ\text{C}$  приводит к повышению адсорбции пиридина на  $\sim 20\%$ , тогда как предварительная подготовка

при 120 °С увеличивает адсорбцию данного компонента в 2 и 2.7 раз для АГ-ОВ-1 и СКД-515, соответственно. Следовательно, предварительный прогрев АУ в выбранных условиях приводит не только к освобождению уже существующих на поверхности адсорбционных центров, но и формированию новых.

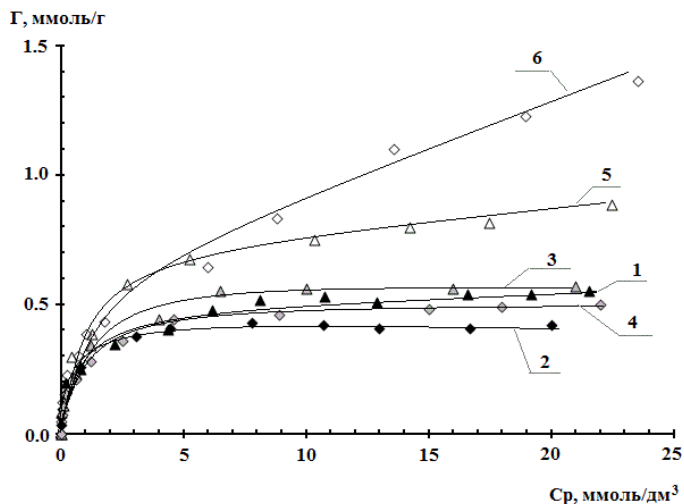


Рис. 1. Изотермы адсорбции пиридина из водных растворов АУ: 1- АГ-ОВ-1 (исх.); 2- СКД-515 (исх.); 3- АГ-ОВ-1 (105°С); 4- СКД-515 (105°С); 5- АГ-ОВ-1 (120°С); 6- СКД-515 (120°С).

#### Список литературы:

1. Колышкин Д.А., Михайлова К.К. Активные угли. Справочник. Л.: Химия, 1974. – 56 с.
2. Тайц Е.М., Андреева И.А. Методы анализа и испытания углей. М.: Недра, 1985. – 301 с.
3. Тарковская И.А. Окисленный уголь. Киев: Наукова думка, 1981. – 200 с.



УДК 544.723

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АДсорбЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Т.А. Краснова, Н.А. Самойлова, Н.С. Кравчук  
*Кемеровский технологический институт пищевой  
промышленности (университет), г. Кемерово, Россия*

В настоящее время большинство водоемов загрязнены веществами природного и техногенного происхождения. К основной причине поступления загрязняющих веществ в водоем относится недостаточно эффективная очистка сточных вод, являющихся неотъемлемой составляющей подавляющего большинства технологических процессов.

Фенол и его производные (хлорфенолы) являются приоритетными загрязнителями водной среды, которые широко используются в качестве сырья в химической промышленности при производстве пластмасс, фенолформальдегидных смол, пестицидов. Кроме фенолов техногенного происхождения в природных водах содержатся низкомолекулярные фенолы, образующиеся при биохимическом распаде и трансформации органических веществ (микробиологическая или гидролитическая деструкция высокомолекулярных гуминовых и фульвокислот). В процессе водоподготовки при хлорировании воды с целью ее обеззараживания образуются хлорфенолы. Главная опасность состоит в том, что хлорфенол и фенол, обладающие токсическими, мутагенными и канцерогенными свойствами, разрушают водные биоценозы, ухудшают качество природных вод, а при конденсации двух любых молекул хлорфенолов возможно образование чрезвычайно токсичных соединений – полихлорированных диоксинов.

В связи с этим исследования, направленные на разработку эффективной технологии очистки сточных вод,

являются актуальными и своевременными. Для разработки эффективной адсорбционной технологии очистки воды необходимо провести комплексное исследование, включающее изучение статического равновесия, кинетики и динамики адсорбционного процесса.

Для оптимизации промышленных адсорбционных установок требуются кинетические параметры. В настоящей работе приведены результаты изучения кинетики адсорбции фенола и хлорфенола при совместном присутствии на АУ. В качестве сорбентов были использованы отечественные промышленные АУ АГ-ОВ-1, Пуrolат, АБГ.

Для определения лимитирующей стадии массопереноса на основании результатов эксперимента рассчитаны основные кинетические параметры для изучаемых сорбентов и построены кинетические кривые зависимости степени достижения равновесия ( $\gamma$ ) от безразмерного кинетического параметра ( $T$ ). Определение лимитирующей стадии адсорбции сводится к сопоставлению теоретической и экспериментальной кинетических кривых при одинаковых значениях  $\gamma$ . График зависимости  $T(t)$  в случае когда лимитирующая стадия адсорбции – внешний массоперенос описывается прямой, проходящей через начало координат представлены на (рис.1,2).

Отклонение от прямой показывает, что по мере отработки адсорбента на скорость процесса сорбции все большее влияние оказывает внутренняя диффузия. Представленные данные подтверждают, что процесс адсорбции хлорфенола и фенола в смеси контролируется внешним массопереносом в течении первых 30-90 мин.

Рассчитаны коэффициенты внешнего массопереноса при адсорбции из растворов [1,2], необходимые для инженерных расчетов. Близость значений  $\beta$  (табл.1) для всех исследуемых марок сорбента свидетельствует о том, что процесс адсорбции на изучаемых углях в интервале от 2700 до 3600 сек для хлорфенола, и от 1800 до 3600 сек для фенола

лимитируется внешним массопереносом. По мере приближения к адсорбционному равновесию вклад внутреннего массообмена в общую скорость адсорбции фенола и хлорфенола нарастает.

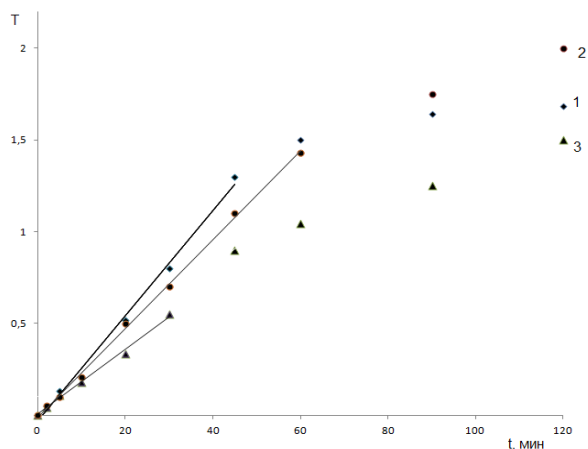


Рис.1 Зависимость T от t для фенола в смеси фенол-хлорфенол:1- АГ-ОВ-1, 2- Пуролат, 3- АБГ

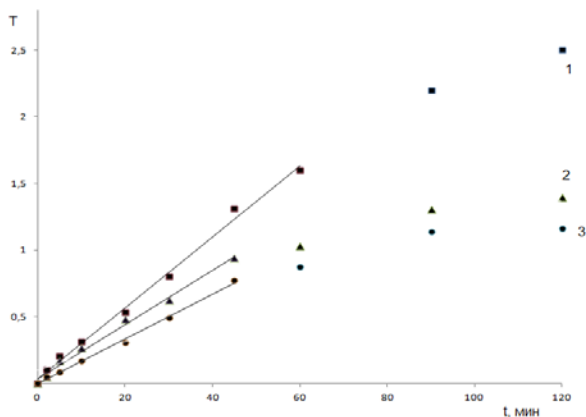


Рис. 2 Зависимость T от t для хлорфенола в смеси фенол-хлорфенол:1- АГ-ОВ-1, 2- Пуролат,3- АБГ

Таблица 1

Коэффициенты внешнего массопереноса на АУ

| Марка угля | Коэффициент внешнего массопереноса для фенола, $\beta$ | Коэффициент внешнего массопереноса для хлорфенола, $\beta$ |
|------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| АГ-ОВ-1    | 0,229794                                               | 0,099964                                                   |
| Пуrolат    | 0,013023                                               | 0,331491                                                   |
| АБГ        | 0,108384                                               | 0,354139                                                   |

Полученные результаты позволяют предположить, что при реализации разработанной технологии в производстве можно ожидать высокую степень извлечения фенола и хлорфенола при их совместном присутствии из очищаемой воды при средней скорости фильтрации через неподвижный слой сорбента. С целью максимального использования емкости слоя сорбента можно рекомендовать уменьшение скорости фильтрования по мере отработки угольного фильтра.

#### Список литературы:

1. Когановский, А.М. Адсорбция органических веществ из воды / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко, И.Г. Рода. - Л.: Химия, 1990.- 256с.
2. Федоткин, И.М. Об определении коэффициента внешнего массообмена и адсорбции из растворов/ И.М. Федоткин, А.М. Когановский, И.Г. Рода, Р.М.Марутовский // Физическая химия. - 1974. – Т. 48. - №2. - С. 473-475.

УДК 628.3:544.723

## **К ВОПРОСУ ОБ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Т.А.Краснова, Н.В.Гора, Т.В.Шабунова  
*Кемеровский технологический институт пищевой  
промышленности (университет),  
г. Кемерово, Россия*

В настоящее время предприятия фармацевтической промышленности уделяют особое внимание процессам очистки сточных вод. Полифенольные соединения наряду с другими лекарственными веществами, содержатся в сточных водах, образующихся в фармацевтическом производстве. Фенольная гидроксильная группа встречается в структуре многих лекарственных веществ как природного, так и синтетического происхождения. Типичным представителем полифенолов является галловая кислота, содержащаяся в сточных водах, образующихся при производстве препаратов применяемых для профилактики авитаминоза Р.

Одним из методов извлечения органических соединений, эффективным в большом диапазоне концентраций растворенных веществ, является адсорбционная очистка. В отечественной практике в качестве сорбентов широко используют активные угли.

Целью работы было исследование эффективности применения активных углей для извлечения полифенолов.

Объектами исследования являлись наиболее часто используемый в практике активный уголь марки АГ-ОВ-1 (ОАО «Сорбент», г. Пермь), полукокс «Пуролат-Стандарт» (ОАО «Синтез», г. Ростов-на-Дону), характеризующийся низкой стоимостью, и водные растворы галловой кислоты.

Изотерма адсорбции галловой кислоты из раствора активным углем марки АГ-ОВ-1 относится к изотермам L-типа по классификации Гильса, что свидетельствует о физической адсорбции (рисунок 1). Изотерма адсорбции полукоксом «Пуролат-Стандарт» относится к изотермам S-типа. Изотермой типа S описывается адсорбция, при которой сила взаимодействия между растворенным веществом и адсорбентом меньше силы взаимодействия между адсорбируемыми молекулами, что может объясняться образованием водородных связей [1]. Наличие плато с возрастающей адсорбцией (рисунок 1, изотерма 2) дает возможность предположить присутствие на активном угле мономолекулярного слоя с последующей полимолекулярной адсорбцией.

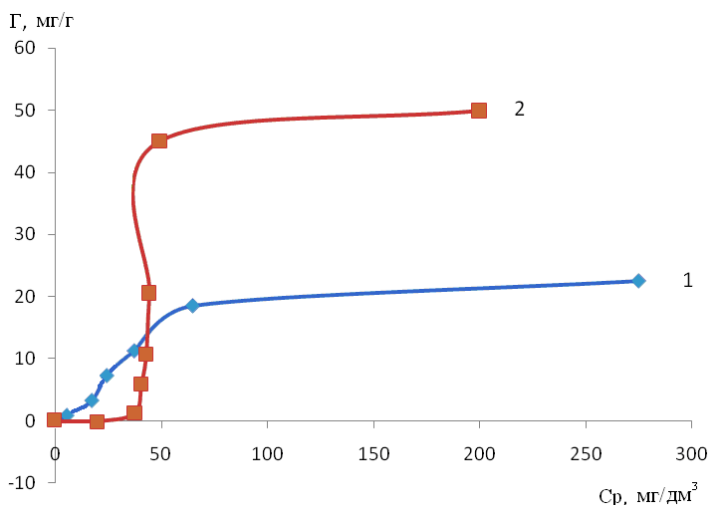


Рис.1. Изотермы адсорбции галловой кислоты адсорбентами марок АГ-ОВ-1 (1), «Пуролат-Стандарт» (2)

Для более полной характеристики исследуемых сорбентов и расчета адсорбционных параметров

использованы теории мономолекулярной адсорбции (уравнения Фрейндлиха и Ленгмюра) (таблица 1).

Полученные значения энергии Гиббса ( $-G$ ) при адсорбции на углях соизмеримы с энергией водородной связи (8-40 кДж/моль), что позволяет предположить наличие специфического взаимодействия между адсорбентом и адсорбатом, за счет образования водородных связей [1].

Таблица 1  
Параметры адсорбции галловой кислоты активными  
углями

| Марка<br>угля          | Ленгмюр            |                             | Фрейндлих |                      |
|------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------|----------------------|
|                        | $-G$ ,<br>кДж/моль | $\Gamma_{\max}$ ,<br>моль/г | 1/n       | b                    |
| АГ-ОВ-1                | 30,72              | 0,00015                     | 1,41      | $6,1 \cdot 10^{-5}$  |
| «Пуролат-<br>Стандарт» | 30,19              | 0,00016                     | 8,08      | $6,6 \cdot 10^{-16}$ |

Анализ полученных данных показал возможность использования изучаемых активных углей для извлечения полифенолов. Учитывая более низкую стоимость полукокса «Пуролат-Стандарт» и большую адсорбционную способность, в сравнении с активным углем марки АГ-ОВ-1, можно рекомендовать для дальнейших исследований полукокс «Пуролат-Стандарт».

#### Список литературы:

1. Парфит, Г Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел / Г. Парфит, К. Рочестер – пер с англ. – М.: Мир, 1986. – 488 с.

УДК 661.185.2:543.63

## **СПОСОБ ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУЛЬФАНОЛА С ОРГАНИЧЕСКИМ РЕАГЕНТОМ**

Е.Ю. Шачнева

*Астраханский государственный университет,  
г. Астрахань, Россия*

Анионные ПАВ (АПАВ) – это дифильные органические соединения, которые, диссоциируя в воде, образуют анион с длинным углеводородным радикалом – носителем поверхностной активности; катион при этом не является поверхностно-активным. К числу основных АПАВ относятся: мыла ( $\text{RCOONa}$ ,  $\text{RCOOK}$ ), алкилсульфаты и алкилфосфаты ( $\text{ROS}\text{O}_3\text{Me}$ ,  $\text{ROPO}_3\text{Me}$ ), алкиларилсульфонаты (чаще всего алкилбензолсульфонаты  $\text{RC}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Me}$ ), алкилсульфосукцинаты, алкилэтоксисульфаты и алкилэтоксифосфаты.

Фотометрические методы определения поверхностно-активных веществ основаны на изучении химических реакций, сопровождающихся изменением цвета раствора, в котором определяется концентрация анализируемого элемента. Для определения поверхностно-активных веществ наиболее часто применяются фотометрический, экстракционно-фотометрический и спектрофотометрический методы. Заметное число публикаций посвящено определению содержания анионных ПАВ посредством образования окрашенных соединений. Ассоциаты с АПАВ, растворимые в органических растворителях, образуют многие трифенилметановые красители, такие, как метиловый зеленый, кристаллический фиолетовый, бриллиантовый



зеленый, основной фуксин родамин Ж и другие. Стандартной является методика, основанная на образовании анионными ПАВ ионных ассоциатов с метиленовым синим (МС) в щелочной среде [1, 2]. Кроме метиленового синего, при определении анионных ПАВ используют метиловый зеленый, родамин 6Ж и некоторые другие красители. Для определения ПАВ применяется проточно-инжекционный спектрофотометрический метод, который основан на образовании ионных ассоциатов алкилсульфатов и сульфонатов с катионными красителями (бриллиантовым зеленым, малахитовым зеленым, метиленовым синим) и измерении оптической плотности при 590-665 нм [1, 3].

В качестве объекта исследования рассматривалась анионное поверхностно-активное вещество – сульфанол (сульфонол, смесь натриевых солей алкилбензолсульфокислот) – вещество с общей формулой  $C_nH_{2n+1}-C_6H_4-SO_2ONa$  (рис. 1) и малахитовый зеленый (синонимы: бензоилгрюн, малахитгрюн) – синтетический трифенилметановый краситель.

Малахитовый зеленый относится к кислотно-основным индикаторам: в водной среде при pH 0,1-2,0 переход окраски от желтой к зеленовато-голубой, при pH 11,6-13,6 от зеленовато-голубой к бесцветной; в неводной – к голубой.

В работе использовали модельные растворы, приготовленные на дистиллированной воде с использованием химически чистых реактивов; поверхностно-активное вещество – сульфанол (сульфонол) ( $C = 1 \cdot 10^{-3} M$ ); малахитовый зеленый ( $C = 1 \cdot 10^{-3} M$ ), х.ч.; буферные растворы от 1 до 10; фотоэлектроколориметр ПЭ5400В; центрифуга; оборудование лабораторное – нагреватели, встряхиватели, посуда мерная и керамическая, дистиллированная вода.

В предварительных испытаниях были исследованы спектры поглощения раствора малахитового зеленого и двойной системы «малахитовый зеленый – сульфано́л». Для изучения оптимальной длины волны в водных растворах малахитового зеленого и системы «сульфано́л – малахитовый зеленый» были приготовлены водные растворы описанных систем. Длина волны, которая бы соответствовала бы максимальному значению оптической плотности, составила  $\lambda=620$  нм.

Для изучения образования ионного ассоциата (ИА) малахитового зеленого и сульфано́ла проводилось измерение оптической плотности растворов двух систем – малахитовый зеленый и сульфано́л – малахитовый зеленый при постоянной концентрации малахитового зеленого ( $C=1 \cdot 10^{-4}$  М) и поверхностно-активного вещества спектрофотометрическим способом. На рис. 1 представлен спектр поглощения растворов малахитового зеленого и двойной системы с АПАВ.

**Построение градуировочного графика.** В серию из 10 пробирок вносили возрастающее количество раствора сульфано́ла ( $C=1 \cdot 10^{-3}$  М), к содержимому пробирок приливали  $1 \text{ см}^3$  раствора органического реагента малахитового зеленого ( $C=1 \cdot 10^{-3}$  М) и доводили объемы растворов буферным раствором с  $\text{pH}=5$  до  $10 \text{ см}^3$ . Измеряли оптические плотности растворов при 620 нм в кювете толщиной 0,5 см относительно воды, по результатам измерений стоили градуировочный график (рис. 4) [4].

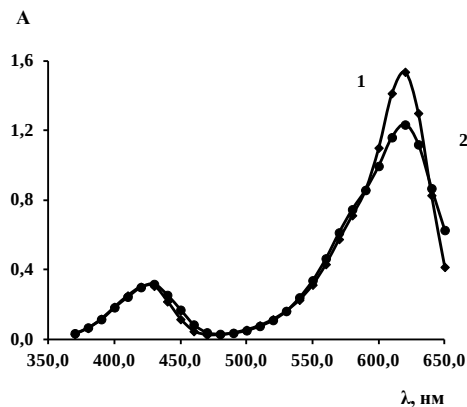


Рис. 1. Спектры поглощения растворов малахитового зеленого (1), сульфанола – малахитового зеленого (2) ( $C=1 \cdot 10^{-4}$  М,  $pH=5$ ,  $l=0,5$  см)

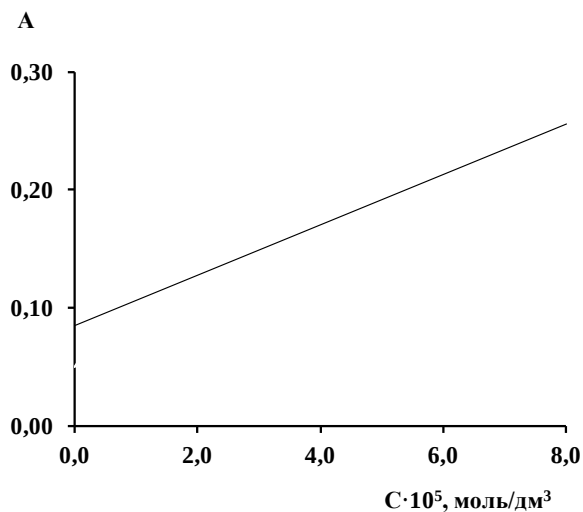


Рис. 4. Зависимость оптической плотности от концентрации сульфанола ( $pH=5$ ,  $l=0,5$  см)

Все вышеописанное позволит определить концентрацию сульфанола в различных объектах, а

следовательно контролировать его содержание. Этот вопрос чрезвычайно важен, так как воздействие поверхностно-активных веществ (ПАВ) на окружающую среду и организм человека и живых организмов может быть весьма серьезно.

Использование рассматриваемого метода для изучения сорбционных процессов в системе поверхностно-активное вещество – обосновывается тем, что поверхностно-активные вещества способны образовывать с органическими реагентами (индикаторами) в присутствии комплексные соединения (ионные ассоциаты), обладающие характерными полосами поглощения, что и является целью дальнейшего исследования.

#### Список литературы:

1. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод / М.: Химия. – 1983. – С. 357-361.
2. Физико-химические основы разработки и аналитическое применение твердоконтактных потенциометрических сенсоров, селективных к поверхностно-активным веществам. Кулапин Алексей Иванович. Дис. д-ра. хим. наук. – Саратов. – 2003.
3. Patel Rajmani, Patel Khageshwar Singh. Flow injection determination of anionic surfactants with cationic dyes in water bodies of central India // Analyst. – 1998. – V. 123. - №8. – P. 1691.
4. Пилипенко А.Т., Доленко С.А., Куличенко С.А. Модификация ионных ассоциатов катиона малахитового зеленого и алкилсульфат-анионов неионным ПАВ в водных растворах // Докл. акад. наук СССР. – 1989. – Т.307. - №6. – С. 1393.

УДК 544.723:[513.33:546.72]

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И PH НА СОРБЦИЮ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА (III) ВОЛОКНОМ ВИОН КН-1**

С.И. Нифталиев, Ю.С. Перегудов, Ю.З. Эйвазова  
*Воронежский государственный университет инженерных  
технологий,  
г. Воронеж, Россия*

Объектом исследования являлось нетканое слабокислотное катионообменное волокно ВИОН КН-1. В роли сорбируемого из водного раствора вещества использовался катион железа (III) [1].

Изучение процесса сорбции иона железа (III) было направлено на выявление оптимальных условий, обеспечивающих наиболее эффективную очистку сточных вод от катионов металла.

На рис. 1 представлена кинетическая кривая зависимости эффекта удаления ионов железа (III) волокном ВИОН КН-1 при различных температурах и времени сорбции [2].

Из рис. 1 видно, что сорбция ионов железа (III) в статических условиях с высокой скоростью протекает в первые 5 минут, а при дальнейшем увеличении продолжительности процесса изменяется незначительно. Увеличение температуры от 293 К до 353 К дает незначительное изменение эффекта очистки. Однако, наблюдается десорбция ионов  $\text{Fe}^{3+}$  из сорбента при температуре 353 К и продолжительности процесса 360 мин. Максимальный эффект очистки (90.2%) достигается при температуре 323 К и продолжительности процесса 60 мин.

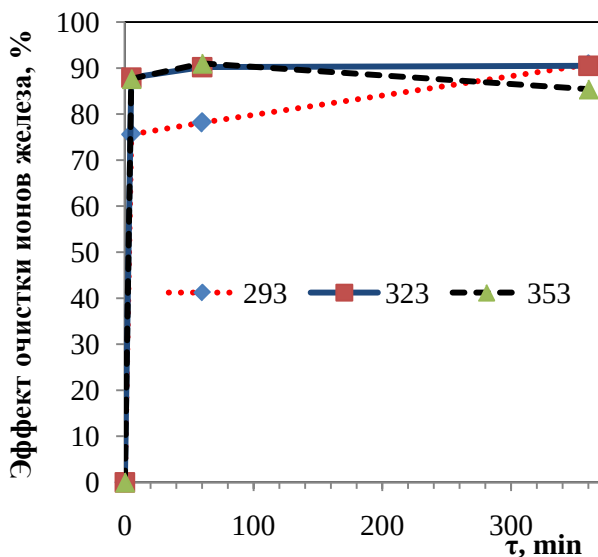


Рис. 1. Кинетическая кривая зависимости эффекта удаления иона  $\text{Fe}^{3+}$  от температуры и времени сорбции

Для установления влияния pH среды на процесс сорбции ионов железа (III) приготовили 4 модельных раствора ионов металла, эксперимент проводили в статических условиях при температуре 293 К и продолжительности процесса сорбции 360 мин. Необходимые значения pH растворов получали постепенным добавлением 4% раствора гидроксида натрия. По достижению требуемого значения pH (2-3, 4-5, 6-7), отбирали 25 мл раствора и вносили в плоскодонную колбу с волокном ВИОН КН-1. Масса волокна составляла 0.1 г (1% от объема раствора). Концентрацию ионов железа (III) определяли до и после сорбции. По полученным данным были рассчитаны значения эффекта извлечения катионов железа (III) хемосорбционным волокном ВИОН

КН-1. Зависимость эффекта удаления от pH представлена на рис.2

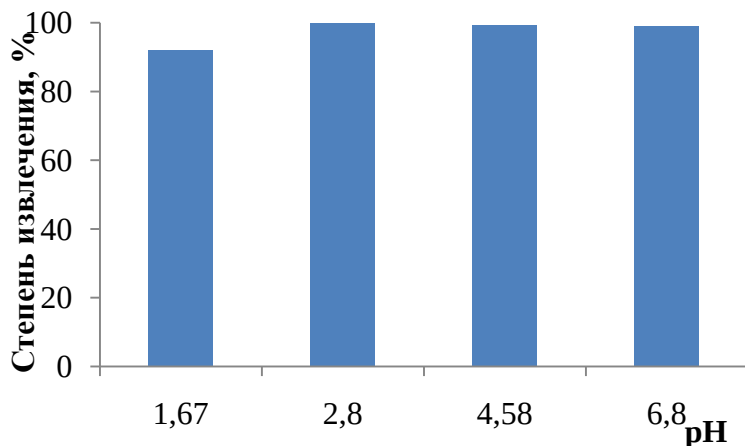


Рис. 2. Диаграмма зависимости эффекта удаления от pH при сорбции ионов  $\text{Fe}^{3+}$  волокном ВИОН КН-1

Сорбция ионов железа (III) процесса в кислой среде протекает лучше, чем в щелочной. Максимальное значение эффекта удаления ионов железа (III) достигается при pH 2,8.

Список литературы:

1. Зверев М.П. Хемосорбционные волокна. –М.: Химия. 1981. –192 с.
2. Крестов Г. А. Термодинамика ионных процессов в растворах. 2-е изд. Л.: Химия, 1984. 272 с.

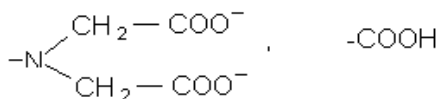
УДК 544.723:543.33-034.73

## **СОРБЦИЯ ИОНОВ КАДМИЯ ВОЛОКНИСТЫМ СОРБЕНТОМ ФИБАН X-1**

Ю.С. Перегудов, А.В. Астапов, Б.А. Обидов

*Воронежский государственный университет инженерных  
технологий,  
г. Воронеж, Россия*

Ионообменные материалы широко используются для разделения и очистки водных растворов. При сорбции ионов на ионообменниках необходимо учитывать совокупность взаимодействий различной природы, отражающейся на энергетических и структурных свойствах системы ион-вода-ионообменник. Объектом исследования являлось волокно Фибан X-1 в Na-форме на основе полиакрилонитрильного волокна. Волокно содержит функциональные группы:



Волокна, в отличие от зернистых ионитов, можно использовать в фильтрах любой конфигурации.

Процесс взаимодействия волокна с растворами солей кадмия (II) проводили на дифференциальном теплопроводящем микрокалориметре МИД-200 при 298 К [1]. В калориметрический стакан помещали 50 см<sup>3</sup> раствора соли, а в лодочку, плавающую на поверхности, 0,2 г волокна Фибан X-1. После термостатирования в течение суток волокно и раствор соли смешивались и



регистрировались тепловые эффекты их взаимодействия. Погрешность калориметрических измерений не превышала 2%. По результатам калориметрических измерений получены термокинетические кривые, представленные на рис. 1. Данные кривые представляют собой энергию процесса как функцию от времени  $W = f(\tau)$ . На термокинетических кривых имеется один максимум.

Установлено, что взаимодействие волокна Фибан Х-1 с ионами кадмия сопровождается поглощением тепла. Следует отметить, что величина максимума теплопоглощения сорбции и время процесса увеличивается с ростом концентрации ионов кадмия в растворе. Продолжительность процесса составила 1,75-2,74 часа.

Из термокинетических кривых были рассчитаны энтальпии процесса. Сорбция ионов кадмия волокном осуществляется за счет ионно-координационного взаимодействия с функциональными группами (одной или двух) Фибан Х-1 [2,3]. Данный процесс является экзотермическим. Одновременно, протекают процессы дегидратации функциональных групп сорбента и ионов кадмия, сопровождающиеся затратами тепла. Кроме того, сорбция с участием двух функциональных групп, связана с изменением конформационного состояния полимерных цепей ионообменника для образования координационных центров, определяемых электронным строением ионов кадмия. Этот процесс энергозатратный.

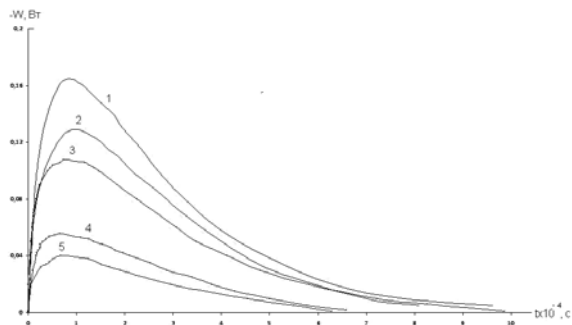


Рис. 1. Термокинетические кривые сорбции катионов Cd(II) Фибан X-1 из растворов с различной концентраций: 1 - 0,01; 2 - 0,008; 3 - 0,006; 4 - 0,004; 5 - 0,002 моль/дм<sup>3</sup>.

Эндотермический эффект процесса можно объяснить тем, что в данной системе затраты энергии превышают тепловой эффект ионно-координационного взаимодействия катионов металла и групп волокна.

#### Список литературы:

1. Амелин, А.Н. Калориметрия ионообменных процессов [Текст]: учеб./ А.Н. Амелин, Ю.А. Лейкин.– Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 1991.- 104 с.
2. Салдадзе, К.М. Комплексообразующие иониты (комплекситы) [Текст]: учеб./ К.М. Салдадзе, В.Д. Копылова.– Москва : Химия, 1980.-336 с.
3. Копылова, В.Д. Энтальпия и кинетика сорбционных процессов с участием волокнистых хемосорбентов ВИОН / В.Д. Копылова, О.М. Зверев, А.В. Астапов, Ю.С. Перегудов // Журнал физической химии. – 2008. – Т.82. - № 4. – С. 739-744.

УДК 66.081.6:637.03

## **ВЫДЕЛЕНИЕ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ВТОРИЧНОГО МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ КАК СПОСОБ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Л.Н. Потехина, А.А. Чистикина

*Энгельсский технологический институт (филиал)  
Саратовского государственного технического  
университета имени Гагарина Ю.А.,  
г. Энгельс, Россия*

Фильтрационные мембраны из ацетатов целлюлозы перспективны для очистки воды и разделения многокомпонентных жидких смесей, в том числе вторичного молочного сырья. Известно, что эффективность таких мембран определяется, в основном, распределением пор по размерам.

Существуют различные методы воздействия на кривую распределения пор по размерам, которые, как правило, связаны с рецептурой формовочных растворов и технологией изготовления мембран. Значительно меньше изучены вопросы связи структуры мембран со структурой и свойствами исходного полимера.

В работе исследована физико-химическая модификация ацетатов целлюлозы парами смесей воды и мезофазогенного растворителя, в котором производные целлюлозы образуют лиотропную жидкокристаллическую фазу (ЖК-фазу).

Мезофазогенными называют низкомолекулярные жидкости, в которых производные целлюлозного ряда образуют лиотропную ЖК-фазу. Под влиянием паров таких растворителей происходят структурные изменения в матрице полимерной системы.

Объектами исследования в работе служили промышленные образцы порошкообразного воздушно-сухого диацетата целлюлозы (ДАЦ) древесного и хлопкового происхождения.

Модификацию ДАЦ осуществляли в комнатных условиях в герметически закрытом сосуде, частично заполненном водно-органической смесью. В качестве сорбата использовали бинарные смеси дистиллированной воды и апротонного диполярного растворителя – диметилсульфоксида (ДМСО). Степень сорбции паров варьировали от 0 до 10 масс. %.

Из полученных модифицированных образцов ДАЦ готовили полимерные растворы для формования мембран. Для растворения полимера был взят традиционный технологический растворитель – смесь ацетона с водой в соотношении 95:5. Концентрация ДАЦ в формовочных композициях составляла 7% масс.

Исследованы растворы контрольных и модифицированных образцов ДАЦ.

Концентрированные растворы ДАЦ в ацетоне представляют собой структурно-сложные системы, которые наряду с макромолекулами и их агрегатами содержат микрогелевые частицы (МГЧ), остатки природной непрореагированной в процессе ацетилирования целлюлозы и сопутствующих полисахаридов.

Мембраны формовали методом полива растворов с последующим испарением растворителя.

Изучены процесс набухания и пористость мембран, полученных из немодифицированного и модифицированного порошка ДАЦ.

Анализ графических зависимостей степени набухания от времени показывает, что в начале процесса

степень набухания резко возрастает, а затем достигает предельного значения и стабилизируется, т.е. система достигает равновесного состояния. Процесс сорбционной модификации исходного полимера парами мезофазогенных растворителей подчиняется закономерности «доза-эффект».

Также были проведены исследования проницаемости полученных мембран по дистиллированной воде. Анализ результатов позволил сделать выводы о том, что проницаемость существенно зависит от концентрации паров ДМСО, используемых для модификации исходного полимерного сырья; наилучшей проницаемостью обладают мембраны, обработанные смесью паров воды и ДМСО в количестве 0,1%; значительное влияние на проницаемость оказывает также давление фильтрации.

Кроме того, была изучена селективность разработанных мембран на смесях воды с сывороточным белком.

Полученные данные для мембран, изготовленных на основе 7%-ого исходного раствора ДАЦ в ацетоне с модифицирующей добавкой – парами ДМСО, показали, что селективность, как и проницаемость сильно зависит от давления фильтрации.

Из приведенных выше результатов следует, что модификация полимеров парами мезофазогенных растворителей позволяет управлять структурой и эксплуатационными характеристиками фильтрационных мембран.

УДК 628.315

## **ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСИОННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД НА СКОРОСТЬ ИХ БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ**

Б.М. Гришин, С.Ю. Андреев, С.Н. Хазов  
*Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства,  
г. Пенза, Россия*

Дисперсионный состав органических загрязнений сточных вод достаточно сильно влияет на процесс их биологической очистки в аэротенках.

Процесс биологической деструкции органических веществ активным илом в аэротенках можно подразделить на две фазы: первая фаза - изъятие органических загрязнений из сточных вод вследствие их сорбирования активным илом; вторая фаза – биохимическое разложение сорбированных загрязнений.

Наиболее быстро протекает сорбция грубодисперсных органических частиц органического вещества. Сравнительно крупные агрегаты легко захватываются и удерживаются хлопьями активного ила, чему способствует наличие у него слизистой оболочки. Изъятие коллоидов и тонких дисперсий протекает значительно сложнее и медленнее. Наименьшей скоростью сорбции обладают истинно растворенные вещества.

Зависимость биологического окисления сорбированных загрязнений от степени их дисперсности имеет обратную закономерность. Скорость окисления взвешенных веществ в четыре раза, а мелкодисперсных и коллоидных частиц почти в два раза ниже, чем истинно растворенных веществ. Снижение скорости окисления при сорбции активным илом коллоидных и мелкодисперсных и взвешенных частиц объясняется возникновением вокруг этих частиц локальных зон с пониженным содержанием кислорода, что отрицательным образом сказывается на общей биохимической активности хлопка ила.

В процессе первичного отстаивания из сточных вод отделяется только незначительная часть взвешенных частиц. Основная масса тонкодисперсных и коллоидных частиц поступает в аэротенк, что значительно ухудшает его работу. Таким образом, интенсификация процессов первичного отстаивания перед подачей сточных вод в аэротенк позволит не только снизить общую нагрузку на биологическую ступень очистки, но и скорректировать дисперсный состав органических загрязнений, что существенно повысит удельные скорости окисления органических загрязнений.

УДК 504.5:622 (470.323)

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ**

Т.А. Будыкина, А.И. Соболев  
*Курский государственный университет  
г. Курск, Россия*

На территории Курской области находится крупнейшее в стране предприятие горнодобывающей промышленности – ПАО «Михайловский горно-обогатительный комбинат» (г. Железнодорожск), являющееся вторым по величине производителем железорудного сырья (офлюсованных окатышей, железорудного (магнетитового) концентрата, аглоруды, доменной руды, доменного концентрата) для металлургической промышленности в Российской Федерации.

В связи с деятельностью предприятия для Железнодорожского промышленного ареала характерными являются следующие экологические проблемы:

1) загрязнение атмосферного воздуха газопылевыми выбросами – аэрозолем преимущественно фиброгенного действия (3 класс опасности) с содержанием в пыли  $\text{SiO}_2$  от 10 до 70 %. Результатом влияния пыли на организм человека являются профессиональные заболевания: пневмокониоз, силикоз, бронхит.

Наибольшее поступление пыли происходит при проведении массовых взрывов в карьере; при производстве горных работ в карьере (буровзрывные работы; выемка, погрузка и перевоз горной массы большегрузной техникой); в результате уноса пыли с «сухих» пляжей хвостохранилищ, отвалов вскрышных пород и открытых складов готовой продукции; с газопылевыми выбросами,



технологическими процессами горно-обогатительного производства.

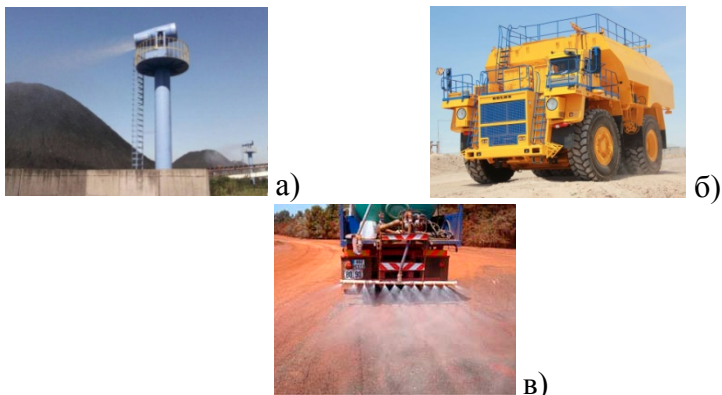
2) загрязнение литосферы ионами тяжелых металлов в результате размещения отходов горнодобывающей промышленности в хвостохранилищах, отвалов рыхлой вскрыши и, как следствие, отчуждение значительных территорий плодородных черноземов, характерных для Курской области.

3) загрязнение поверхностных и подземных вод вследствие фильтрации загрязняющих веществ от хвостов и шламоохранилищ. В результате этого в наиболее эксплуатируемом в пределах Михайловского горнопромышленного района альб-сеноманском водоносном горизонте наблюдается несоответствие санитарным нормам органолептических показателей (цветность, запах, вкус), содержания ионов железа, нефтепродуктов и др. веществ в воде.

Для улучшения экологической обстановки предлагается проводить следующий комплекс мероприятий:

1. Пылеподавление для снижения уровня пыли в атмосферном воздухе и создания безопасных условий работы персонала.

Для борьбы с пылью в карьере в настоящее время применяют водяные забойки скважин, орошение водой взрываемого блока, орошение взорванной горной массы через 1-2 часа после взрыва. Однако данные мероприятия целесообразно дополнить организацией системы пылеподавления карьерных и подъездных дорог, отвалов вскрышных пород, хвостохранилищ с помощью стационарных (рис. 1 а) и передвижных (рис. 1 б) агрегатов с применением реагентов, например, пылеподавателей марки Floset (рис. 1 в).



а) стационарная система пылеподавления [1]; б) передвижная система пылеподавления на базе БЕЛАЗ-76135 [2]; в) поливоорошение препаратом Floset [3]

Рис. 1 – Предлагаемые мероприятия пылеподавления

Для снижения пыления хвостохранилища необходимо осуществлять своевременный контроль за уровнем воды и подтоплением пылящих пляжей, проводить его подъем в зависимости от климатических условий, а также применять метод биологической защиты с помощью древесно-кустарниковых насаждений.

2. Очистку сточных вод, направляемых в хвостохранилища, с помощью реагентных методов с целью выделения взвешенных веществ и снижения воздействия на окружающую среду. Проведены исследования по возможности такой очистки.

#### Список литературы:

- б. <http://samangan-a.ru> Группа компаний Саманган.
- с. <http://www.belaz.by> Белаз.
- д. <http://www.kntp-project.ru> Компания «КНТП».

УДК 622.271.45:622.344.5/6

**СОРБЦИОННЫЙ МЕТОД СНИЖЕНИЯ  
ТОКСИЧНОСТИ ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ  
ОБОГАЩЕНИЯ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД**

З.Г. Аккулова, А.Х. Жакина, А.К. Амирханова,  
О.В. Арнт, Е.П. Василец, Г.К. Кудайберген, А.Р. Рапиков  
*Институт органического синтеза и углехимии РК,  
Караганда, Казахстан*

Казахстан является одним из крупнейших производителей цинка и свинца. По подтвержденным запасам цинка (35 млн.т), Казахстан занимает второе место в мире после Австралии, по запасам свинца, согласно данным геологической службы США, занимает четвертое место в мире. В хвостохранилищах Казахстана накоплено до 20 миллиардов тонн техногенных образований для переработки их в перспективе. Помимо ресурсной ценности как богатые источники свинца, цинка, кадмия, марганца хвосты являются экологически опасными источниками загрязнения грунтов и поверхностных вод тяжелыми металлами и мышьяком. Поэтому актуальную значимость для Казахстана приобретает выбор и проведение эффективных природоохранных мероприятий для предотвращения пыления хвостохранилищ и снижения токсичности их поверхности [1,2] .

В данном сообщении показана возможность применения гуминовых сорбентов для связывания металлов сухих лежалых хвостов хвостохранилища - отходов обогащения свинцово-цинковых руд Приозерской

фабрики в нерастворимые формы, что позволяет снизить их токсичность и пылевое распространение. Способность гуминовых веществ в связывании токсичных тяжелых металлов в прочные комплексы, в реабилитации и формировании структуры почв обусловлено их высокими детоксикационно-сорбционными и структурирующими свойствами [3-5].

Лежалые хвосты представляют тонкие, рыхлые и сыпучие породы и обладают легкой развеваемостью.

Для связывания металлов лежалых хвостов в нерастворимые прочные комплексы использованы модифицированные гуминовые сорбенты, полученные из выветрелых углей Шубаркольского месторождения: гуминовые кислоты (ГК), их амино- (АГК) и сульфо-(СГК) производные, а также ГК, модифицированные силикатом (ГМ) и карбамидной смолой (ГПл). Содержание валовых и подвижных форм металлов в хвостах и в образцах, обработанных гуминовыми сорбентами, определено в водной вытяжке методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой.

Результаты испытаний сорбентов представлены в таблице и диаграмме. Как видно, исходный шлам содержит значительное количество валовых и подвижных форм металлов, превышающее уровень ПДК. Обработка шлама гуминовыми сорбентами в дозе 60 г/кг приводит к снижению наиболее опасных подвижных форм металлов на 36-95%. Повторная обработка шлама или повышение дозы сорбентов будет способствовать снижению концентрации токсичных металлов в шламе до норм ПДК.

Наибольшее снижение токсичности образцов по ионам металлов отмечено для ионов железа и алюминия. Большой сорбционной активностью обладает гуминовый сорбент с силикатом (ГМ), наименьшей – гуминовая кислота. Образование нерастворимых комплексов металлов лежалых хвостов с гуминовыми сорбентами обеспечивает снижение токсичности и пыления шлама.

Проведенные испытания по снижению токсичности многокомпонентных лежалых хвостов шлама гуминовыми сорбентами на реальном объекте содержат массу полезной информации для дальнейших исследований и для целенаправленного создания новых более эффективных сорбентов на основе отходов угледобычи.

Таблица 1

Валовые и подвижные формы исходного шлама и обработанного гуминовыми сорбентами

| Ион<br>Me | Валовые<br>формы<br>мг/кг | Шлам после обработки сорбентами |        |        |        |        |
|-----------|---------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|           |                           | Подвижные формы металлов, мг/кг |        |        |        |        |
|           |                           | ГМ                              | ГПл    | ГК     | СГК    | АГК    |
| Al        | 82928                     | 9,4                             | 84,8   | 124,9  | 29,4   | 58,7   |
| Fe        | 19884                     | 81,2                            | 265,2  | 310,5  | 170,0  | 206,1  |
| Pb        | 7372                      | 1737,0                          | 1994,2 | 1824,4 | 1561,7 | 1788,1 |
| Zn        | 3413                      | 244,0                           | 254,7  | 209,7  | 257,5  | 188,8  |
| Mn        | 474                       | 136,1                           | 177,9  | 192,5  | 133,3  | 145,6  |
| As        | 106,3                     | 1,8                             | 1,6    | 2,0    | 2,9    | 1,0    |
| V         | 40,6                      | 0,1                             | 0,4    | 0,6    | 0,2    | 0,5    |
| Cd        | 20,8                      | 7,3                             | 7,4    | 5,1    | 6,4    | 5,0    |
| Cr        | 14,6                      | 0,2                             | 0,4    | 0,4    | 0,7    | 0,9    |

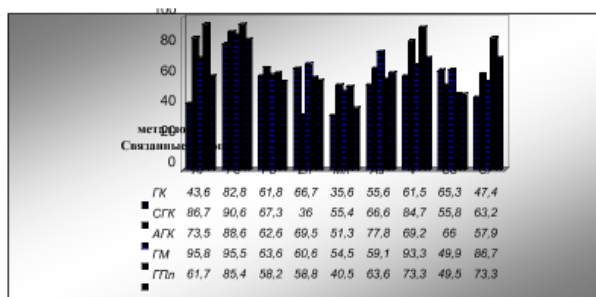


Рис. 1. Влияние природы сорбента и иона металла на степень связанности металлов в шламе

#### Список литературы:

1 Макаров А.Б. Техногенные месторождения минерального сырья // Соросовский образовательный журнал. – 2000. - Т.6. - №8. - С.76-89.

2 Чуянов Г.Г. Хвостохранилище и очистка сточных вод. - Екатеринбург: Изд-во УГГ, 2006. - 252 с.

3 Москаленко Т.В. Гуминовые препараты для решения экологических проблем горнодобывающих предприятий // Горное дело. - 2011. - №7. – С.160-162.

4 Аккулова З.Г. Модифицированные углегуминовые соединения для детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами / З.Г. Аккулова, А.Х. Жакина, А.С. Утегенова, А.К. Амирханова // Химический журнал Казахстана. - 2007.- Спецвыпуск. А1. - С. 315-318.

5 Джанпеисов Р.Д. Исследование новых полимерных структурообразователей почв на основе гуминовых кислот угля / Р.Д. Джанпеисов, Н.С. Попова, З.Г.Аккулова, Б.В. Суворов, Т.М. Соколова // Почвоведение. – 1984. - № 3. - С.132-137.

УДК 631.831

**ЗОЛЬНЫЕ ОТХОДЫ ТОРФА КАК СЫРЬЕ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ  
ПРИРОДООХРАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Ю.Г. Янута, А.М. Абрамец, Е.А. Якута  
*Институт природопользования НАН Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Использование твердых горючих ископаемых в качестве источника энергии закономерно приводит к образованию зольных отходов. В Республике Беларусь принято ряд постановлений об увеличении доли местных видов энергоносителей. Так, согласно Постановлению Совета министров Республики Беларусь от 28 марта 2016 г. № 248 Об утверждении Государственной программы «Энергосбережение» на 2016–2020 годы [1]. В соответствии с данным документом, доля местных энергоресурсов в котельно-печном топливе увеличилась с 20,7 % в 2010 году до 29,5 % в 2015 году, а доля торфа и древесины в местных энергоносителях по оценке ряда экспертов превышает 80 %. Согласно данным статистической отчетности, ежегодно в Республике образуется более 60 тыс.т. золы от сжигания торфа, древесины и их смесей. В этот объем включены также энергоустановки с количеством образования золы менее 10 т/год. Проблема состоит в том, что данный вид отходов отнесен к 3 классу опасности. В настоящее время проблема переработки данного вида отходов не решена, а предприятия несут значительные экологические затраты за размещение их на промышленной площадке. Исследования по установлению состава и свойств зольных отходов известны. Согласно [2], основными элементами, входящими в состав зольной части торфа являются  $\text{SiO}_2$ ,

$\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . При этом, количественный состав золы торфа разных месторождений весьма изменчив.

На предприятии как правило образуется два типа зольных отходов: подовая зола и зола уноса. Подовая зола представлена крупными спекшимися (остеклованными) агрегатами, использование которых для производства мелиоративных препаратов требует стадии дробления. Зола же уноса представляет собой мелкодисперсную фракцию.

Целью данных исследований являлось определение миграционной подвижности катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в торфяной золе. Подвижность катионов, как и физико-химические свойства золы и шлаков, образующихся при сжигании торфа, определяются типом торфа, глубиной его залегания, технологией сжигания, а также целым рядом других факторов. Авторами [2] показано, что зольный состав торфа зависит от его вида. При этом, удельное содержание  $\text{SiO}_2$  при переходе от низинного к верховому виду торфа растет, а удельное содержания кальция уменьшается. Суммарное же количество оксидов  $\text{Ca}$  и  $\text{Si}$  для золы верхового торфа превышает 2/3 от ее общей массы. Наличие же магния в золе находится на уровне 1 %. Высокая концентрация  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  обуславливает высокое значение pH свежееобразующей золы. Водная суспензия золы в ряде случаев имела pH на уровне 13, а при хранении в открытых золоотвалах в течение 10 месяцев, он снижается до 10, и в дальнейшем изменяется незначительно. Установлено, что концентрация  $\text{Mg}^{2+}$  в водном фугате при разной продолжительности хранения практически не меняется.

Раскисление золы раствором хлористоводородной кислоты приводит к значительному переходу в раствор катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , а при pH раствора 5,0 из золы



высывается более 86 % от общего содержания катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и более 88% катионов  $\text{Mg}^{2+}$ .

В экспериментах использованы модельные образцы грунтов с разным соотношением торф:зола. В качестве тест-культуры использовали Ежу сборную (*Dactylis glomerata*), что связано с ее традиционным применением при создании газонов как в виде монокультуры, так и в травосмесях. Установлено, что оптимальным соотношением в мелиоративных составах является соотношение зола:торф в диапазоне от 7:3 до 1:1.

Высокое содержания  $\text{CaO}$  в некоторых видах золы, а также отсутствие органических компонентов (недогар для золы уноса обычно составляет до 5 %) позволяет рекомендовать как золу уноса, так и подовую золу в качестве материалов для раскисления кислых сточных вод предприятия. В этом случае материал может использоваться как в виде фильтрующей загрузки (подовая спекшаяся зола), так и при добавлении золы в очищаемый поток (зола уноса). Наличие в золе оксидов железа может приводить к их переходу в раствор. В этом случае кроме нейтрализации кислых сточных вод соли железа будут выступать в качестве коагулянта, повышая общую степень очистки.

#### Список литературы:

- 1.<http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21600248>
2. Лиштван И. И., Король Н. Т. Основные свойства торфа и методы ее определения – Мн., «Наука и техника». – 1975. – 320 с.

УДК 622.33:504.4

## **ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ УГОЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Т.В. Шевченко, Я.А. Новикова

*Кемеровский институт пищевой промышленности  
(университет),  
г. Кемерово, Россия*

Угледобывающая (углеперерабатывающая) промышленность занимает третье место среди добывающих отраслей топливно-энергетического комплекса России, после нефтедобычи и газодобычи. Основу экологической стратегии развития угольной отрасли составляет переработка твердых отходов угледобычи (вскрышных пород, вмещающих пород шахтной добычи, шламов, хвостов обогащения (флотации), складов окисленных углей, осадков сточных вод обогатительных фабрик).

В соответствии с п.8, ст.12 ФЗ №89 «Об отходах производства и потребления» [1] захоронение отходов, в состав которых входят полезные компоненты, подлежащие утилизации, запрещается.

Современные предприятия, осуществляющие добычу угля, должны быть ориентированы на основной принцип государственной политики в области обращения с отходами, указанный в ФЗ №89 «Об отходах производства и потребления» [1], п.1, ст.3:

–использование наилучших доступных технологий при обращении с отходами;

–комплексная переработка минерально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения отходов;

–использование методов экономического регулирования деятельности в области обращения с

отходами в целях уменьшения количества отходов и вовлечения их в хозяйственный оборот.

На сегодняшний день, угледобывающими предприятиями накоплен некоторый положительный опыт утилизации и переработки твердых угольных отходов, но общепринятые технологии требуют детальной доработки и экономической обоснованности.

Основными направлениями утилизации твердых угольных отходов, используемых на предприятиях являются:

- производство строительных материалов;
- производство топливных брикетов и использование их в качестве малодымного топлива;
- использование отходов для целей рекультивации (в качестве основы для создания органо-минеральных удобрений) [2,3];
- производство углесорбентов;
- производство угольных фильтров и т.д.

Наиболее перспективным, экономически обоснованным и безопасным для окружающей среды способом является создание бездымного топлива методом брикетирования и использование отходов обогащения (флотации), окисленного угля для целей рекультивации нарушенных земель.

Также, абсолютно новым направлением утилизации твердых отходов угледобычи является использование окисленных углей в сельском хозяйстве для создания так называемых «горячих грядок». В качестве подстилающего слоя может быть использован некондиционный окисленный уголь, обработанный специальным составом для вывода тяжелых металлов, посыпанный сверху грунтом определенной толщины. Принцип работы «горячих грядок» заключается в том, что окисленный уголь, благодаря своим физическим свойствам, способен

аккумулировать и выделять тепло необходимое для роста и развития корневой системы растений, что благоприятно воздействует на жизненный цикл растения в целом. Окисленный уголь дополнительно в подстиляющем слое выступает в качестве основы для создания органоминеральных удобрений, необходимых для пополнения грунта гумусом и питательными веществами.

Реализация лежалого на предприятии в отвалах окисленного угля, обработанного и подготовленного для использования в сельском хозяйстве, создание технологических линий по производству бездымных топливных брикетов из твердых отходов угледобычи, позволит обеспечить рациональное использование и охрану недр, обеспечит выход новой товарной продукции с созданием дополнительных рабочих мест, приведет к сокращению площадей отведенных под отвалообразование, что, в конечном счете, благоприятно скажется на экологической обстановке и экономическом развитии региона в целом.

#### Список литературы:

1. «Об отходах производства и потребления»: федеральный закон от 24 июня 1998 года № 89-ФЗ.
2. Патент на изобретение №2613962 (RU) от 22.03.2017г.
3. Шевченко, Т.В. Рекультивация земель с использованием окисленных углей / Т.В. Шевченко, Я.А. Новикова, Ю.Н. Санников, К.А. Бердова // Фундаментальные исследования. – 2015. - №2-23. – С.5100-5103.

УДК 662.753

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИ  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОТРАБОТАННЫХ  
МОТОРНЫХ МАСЕЛ В КАЧЕСТВЕ  
ФЛОТОРЕАГЕНТОВ**

Ю.Ф. Патраков\*, С.А. Семенова\*, М.С. Клейн\*\*

*Институт угля СО РАН\*,*

*Кузбасский государственный технический  
университет им. Т.Ф. Горбачева\*\*,*

*г. Кемерово, Россия*

Утилизация отработанных моторных масел (ОММ) является важной и актуальной экологической задачей. Одним из направлений может быть использование их в качестве флотореагентов (собирателей) при обогащении шламов и труднообогащаемых углей коксующихся марок [1].

С целью получения комплексных реагентов, обладающих одновременно пенообразующими и собирательными свойствами, традиционные аполярные флотореагенты модифицируют посредством химических или физико-химических воздействий. Эффективным способом окислительного модифицирования является озонирование, обеспечивающее высокую реакционную способность и селективность процесса. [2-3].

Цель данной работы - исследование влияния озонирования на состав отработанных моторных масел с целью улучшения его флотационных свойств при обогащении углей.

В качестве объектов исследования использовали отработанные синтетическое моторное масло (ОМС) и минеральные моторные масла с легковых (ОМЛ) и грузовых (ОМГ) автомобилей.

Озонирование образцов ОММ проводили при комнатной температуре и атмосферном давлении в реакторе барботажного типа с концентрация озона в озон-кислородной смеси около 100 мг/л в течение 3 ч.

Для контролирования глубины окисления масел использовали кислотное число (КЧ) и ИК-спектральный параметр  $K_o$ , который рассчитывали по отношению суммарной интенсивности (суммы интегральных оптических плотностей ( $D$ )) полос поглощения кислородсодержащих гидроксильных ( $3400\text{ см}^{-1}$ ) и карбоксильных ( $1710\text{ см}^{-1}$ ) и эфирных ( $1160\text{ см}^{-1}$ ) групп к сумме  $D$   $\text{CH}_x$ -алифатических ( $2920\text{ см}^{-1}$ ) и  $\text{CH}$ -ароматических ( $3040\text{ см}^{-1}$ ) групп:

Химический состав и свойства исходных и озонированных образцов ОММ приведены в таблице 1. Озонирование ОММ способствует увеличению в составе масел содержания кислорода, что отражается на значениях кислотного числа масел и ИК-спектрального показателя  $K_o$ ; заметно снижается вязкость.

Вторичные окислительные процессы, протекающие в условиях озонлиза, ведут к образованию межмолекулярных С-С- или С-О-сшивок и формированию смолистых продуктов. С течением времени смолистые и маслонерастворимые продукты осаждаются, агрегируя углеродные и металлические примеси ОММ, что

способствует осветлению продуктов и снижению их вязкости (табл. 1.).

Таблица 1

Физико-химические свойства исходных и озонированных образцов ОММ

| Образец ОММ       | КЧ,<br>мг/100г | $K_o$ | Изменение<br>вязкости, % от<br>исходного |
|-------------------|----------------|-------|------------------------------------------|
| ОМС               | 7,6            | 0,52  | -                                        |
| ОМС озонированный | 22,2           | 0,49  | -11,9                                    |
| ОМЛ               | 7,8            | 0,21  | -                                        |
| ОМЛ озонированный | 17,2           | 0,48  | -9,6                                     |
| ОМГ               | 6,5            | 0,15  | -                                        |
| ОМГ озонированный | 18,5           | 0,37  | -14,2                                    |

Озонированные образцы ОММ исследовались в качестве флотореагентов для флотации каменноугольного шлама марки КС (рисунок). С увеличением количества поглощенного озона отмечается значительное повышение флотоактивности как синтетического, так и минеральных ОММ. Значительно возрастают выход концентрата (рис.1, а) и выход горючей массы в концентрат (рис.1, б), повышается минерализованность отходов флотации (рис., в) и, как следствие, растет коэффициент селективности процесса. Максимальный положительный эффект от озонирования наблюдается на образцах минеральных ОММ - коэффициент селективности процесса при их

использовании возрастает в 2,5 раза, в то время, как у синтетического ОММ - в 1,4 раза.

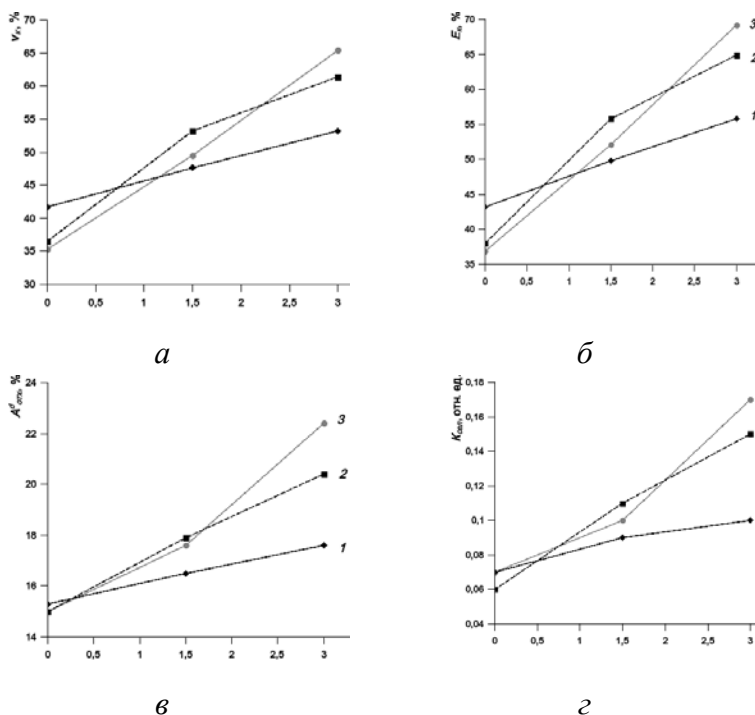


Рис. 1. Параметры процесса флотации угля марки КС с использованием ОМС (1), ОМЛ (2) и ОМГ (3): выход концентрата  $\gamma_k$  (а), выход горючей массы в концентрат  $E_k$  (б), зольность отходов  $A_{отх}^d$  (в), коэффициент селективности процесса  $K_{сел}$  (г).

Увеличению флотационной активности озонированного масла, по-видимому, способствуют снижение вязкости, а также появление в его составе как гетерополярных, так и легких аполярных соединений, имеющих большее сродство к органической массе углей



коксующихся марок и определяющих его способность легче закрепляться на поверхности угольных частиц в капельном (пленочном) виде. При этом положительный эффект флотации достигается без использования дополнительных реагентов - модификаторов и пенообразователей. То есть, можно полагать, что использование озонолитической обработки позволяет получать на основе ОММ реагенты комплексного действия с собирательными и пенообразующими свойствами.

Таким образом, предварительное озонирование отработанных синтетических и минеральных масел способствует повышению эффективности флотации коксующихся углей: увеличению выхода концентрата и зольности отходов. Улучшение собирательных свойств ОММ может быть связано с увеличением в его составе доли легкокипящих углеводородных компонентов и, как следствие, снижением вязкости. Образование в результате озонирования кислородсодержащих компонентов обеспечивает появление у ОММ также и пенообразующих свойств.

#### Список литературы:

1. Клейн М.С., Вахонина Т.Е. Условия эффективного использования отработанных минеральных масел в составе собирателей для флотации угольных шламов // Вестник КузГТУ. 2015. № 5. С. 163-166.
2. Семенова С.А., Патраков Ю.Ф. Влияние озонирования на изменение компонентного состава каменноугольного сырого бензола // Журнал прикладной химии. 2007. Т. 80. Вып. 5. С. 871-875.
3. Семенова С.А., Гаврилюк О.М., Патраков Ю.Ф. Применение газофазного озонирования для модификации состава каменноугольной смолы // Экология и промышленность России. 2011. № 6. С. 13-15.

УДК 628.28

## **ПЕРЕРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ВЕРМИКУЛЬТИВИРОВАНИЕМ**

А.М. Благоразумова, В.В. Резанов

*Сибирский Государственный индустриальный  
университет,  
г. Новокузнецк, Россия*

Переработка осадков городских сточных вод требует особого подхода и применения технологий, позволяющих их утилизировать, в результате чего из отходов можно получить ценнейшее удобрение. Этому способствует принятый федеральный закон «Об отходах производства и потребления», в целях предотвращения вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот.

При очистке городских сточных вод образуется большое количество осадков. Многочисленные данные, приведенные в литературе, свидетельствуют о высокой агрохимической ценности осадков, которые по содержанию азота, фосфора, органических веществ находятся на уровне навоза крупного рогатого скота (КРС), свинокомплексов (СВК) и других удобрений. Основными направлениями утилизации ОСВ являются их сельскохозяйственное использование и рекультивация земель. При использовании осадков в качестве удобрения главное ограничение - содержание тяжелых металлов.

Разработанный ГОСТ позволяет четко определить область применения ОСВ.

В связи с особым вниманием в последние годы к проблемам экологии вермикультивирование является одной из наиболее перспективных, экологически чистых и безотходных технологий, биологическая основа которого исключает опасность загрязнения среды. Наиболее эффективными для вермикультивирования являются черви, относящиеся к виду красных червей.

Гибрид «красного калифорнийского червя» был получен врачом Барретом (университет штата Калифорния) в результате селекции различных видов красного червя. Он более универсален по своим характеристикам, экономически более эффективен и в отличие от своих «диких» сородичей имеет большую продолжительность жизни (16 лет вместо 4), более плодовит, очень вынослив, приучен жить в неволе. Важная особенность этого червя - утрата инстинкта покидать свое место обитания. Поэтому его можно разводить под открытым небом, не боясь потери популяции.

В Новокузнецк первая партия вермикультуры (ВМК) была завезена из Томска и размещена на очистных сооружениях канализации ЗАО «Водоканал», затем в СибГИУ.

Первый этап исследований заключался в подборе субстратов, в которых ВМК будет жить, развиваться и комфортно себя чувствовать (подвижность, наличие коконов). Одним из главных условий, ограничивающих применение субстратов, является содержание тяжелых

металлов, характерное для осадков городских сточных вод и отсутствие их в отходах животноводческих комплексов.

В качестве субстратов для заселения ВМК были использованы осадки городских сточных вод, перегной свинокомплекса и коровников, птицефабрики.

Наиболее оптимальными оказались осадок сточных вод годичной давности (ОСВ), смесь с перегноем СВК и птицефабрики.

Второй этап исследований заключался в закладке различных субстратов с вермикультурой в осадок сточных вод и проведение исследований химического состава осадков.

Характерным свойством ВМК является переселение ее в субстраты, которые подходят для ее жизнедеятельности. Поэтому, чтобы изначально сохранить ВМК, закладку производили секторами, граничащими и чередующимися между собой.

Важные условия существования ВМК - это наличие питательной среды, оптимальной температуры воздуха 20-25<sup>0</sup>С, влажность 75-80 %. При температуре 28 градусов и выше происходит стерилизация коконов.

Перед заселением ВМК был выполнен химический анализ субстратов на содержание в нем тяжелых металлов, соединений азота и фосфора (таблица № 1).

Как видно по результатам химического анализа исходных субстратов, содержание тяжелых металлов в них ниже нормативов по ГОСТ и для вермикомпостов.

Наблюдения за работой вермикультуры показали:

1. Через неделю она на 80% переселилась в секторы со свежим субстратом.

2. За 8 недель работы вермикультуры прошла почти полная переработка субстратов, в результате чего, структура биогумуса (копролита) стала рыхлой, легко рассыпающейся, с четко выраженными гранулами размером 2-3 мм.

В лаборатории «Вермитехнологии СибГИУ» была продолжена работа по наращиванию биомассы ВМК, подбору субстратов. Из субстратов на зимний период были заготовлены осадок сточных вод и перегной с «Чистогорского свиного комплекса». Закладка субстратов производилась из ОСВ и в сочетании с перегноем СВК.

Для получения более рыхлого копролита в ОСВ добавляли перегной СВК в соотношениях от 1:5 до 1:1.

За 6 месяцев работы вермикультуры ее прирост биомассы, вследствие благоприятных условий существования увеличился в 4-4.5 раза, плотность заселения составляет 3-4 тысячи на квадратный метр.

В процессе жизнедеятельности вермикультуры получают копролит-ценное удобрение и ее биомассу, широко используемые в народном хозяйстве. В вермикомпостах в 3-5 раз возрастает доля гумуса; растет сбалансированность азота, фосфора, калия; снижается содержание тяжелых металлов (таблица 1); увеличивается содержание кальция из-за выработки в особях известковых желез пищевода ВМК кальцита; нейтрализуются находящиеся в субстратах кислоты.

Таблица 1  
Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в  
субстратах

| Наименование показателя                           | Единицы измерения | Исходные субстраты |           | Вермикомпосты |             | ГОСТ Р17.4.3.07-2001* | Экологические нормативы для вермикомпостов** |
|---------------------------------------------------|-------------------|--------------------|-----------|---------------|-------------|-----------------------|----------------------------------------------|
|                                                   |                   | ОСВ                | ОСВ: СВК  | ОСВ           | ОСВ: СВК    |                       |                                              |
| Органическое вещество                             | %                 | 33,92              | 32-34,85  | 33,5-35,1     | 33,6-35,3   | не менее 20           | не менее 15                                  |
| pH                                                |                   | 6,3                | 6,25-6,4  | 6,45-6,9      | 6,3-6,8     | 5,5-8,5               | ≥ 6,5                                        |
| Массовая доля общего азота                        | %                 | 1,89               | 1,5-1,74  | 1,73-2,4      | 1,82-2,8    | не менее 0,6          | не менее 0,5                                 |
| Доля общего фосфора Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> | %                 | 3,155              | 2,9-3,105 | 3,18-3,45     | 2,98-3,34   | не менее 1,5          | не менее 1,0                                 |
| Свинец                                            | Мг/кг             | 44,4               | 34-43,5   | 29,8-30,6     | 28,4-32,5   | 250                   | 750                                          |
| Кадмий                                            | Мг/кг             | 0,92               | -         | -             | -           | 15                    | 20                                           |
| Никель                                            | Мг/кг             | 112,9              | 100-120   | 82,7-89,4     | 78,5-80,6   | 200                   | 300                                          |
| Хром                                              | Мг/кг             | 18,02              | 12,1-19,3 | 14,8-16,6     | 7,8-10,2    | 500                   | 750                                          |
| Цинк                                              | Мг/кг             | 640,21             | 431-500,2 | 421-435,1     | 368,4-391,3 | 1750                  | 2500                                         |
| Медь                                              | Мг/кг             | 19,41              | 18,6-19,8 | 17,6-18,2     | 16,4-17,5   | 750                   | 1000                                         |
| Мышьяк                                            | Мг/кг             | 4,15               | 3,5-4,18  | 3,9-4,0       | 3,2-3,85    | 10                    | -                                            |
| Марганец                                          | Мг/кг             | 593,3              | 537,5-580 | 422,7-484,2   | 411,5-480,6 | -                     | 2500                                         |
| Кобальт                                           | Мг/кг             | -                  | 8,5-10    | -             | -           | -                     | 100                                          |

- показатели не определялись;

\* - содержание тяжелых металлов приведено для осадков I группы;

\*\* - экологические нормативы по Орлову, Садовниковой (1996).

Проведенные исследования показали соответствие свойств осадков нормативным требованиям и возможность их использования в качестве удобрения под все сельскохозяйственные культуры, кроме овощных, зеленых и земляники, а также в зеленом строительстве, промышленном цветоводстве (1) и при рекультивации земель.

При использовании для вермикюльтивирования осадков городских сточных вод необходимо:

1. Проверять осадки на содержание тяжелых металлов и мышьяка.

2. Применять обезвоженные осадки, пролежавшие не более 2-х лет.

3. При наличии в осадках гельминтов производить их предварительное обеззараживание.

УДК 664+662.71

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
АДСОРБЕНТОВ**

О.В. Кузьмин\*, Ю.В.Тамаркіна\*\*, Т.Г. Шендрік\*\*  
*Національний університет пищевых технологий\*,  
Институт физико-органической химии и углехимии  
им. Л.М.Литвиненко НАН Украины\*\*,  
г. Киев, Украина*

Известно, что Украина занимает 8 место в мире в сфере импорта сорбентов, которые применяются в процессах водоподготовки и очистки воздуха рабочей зоны атомных электростанций [1]. В мире для производства сорбентов используется разнообразное природное и синтетическое сырье [2]. При этом только 2 % приходится на разного рода отходы, применяемые в качестве прекурсора ПУМ, хотя резервы здесь весьма велики. Реальным перспективным сырьем для изготовления пористых углеродных материалов (в том числе и в Украине) могут стать древесные отходы, образующиеся в процессе генерирования воздушно-дымовой смеси при пиролизе древесной щепы твердолиственных пород (бук, ольха, дуб, вяз, липа, лещина, клен и др.), а также косточковых пород (черешня, вишня, яблоня, абрикос, слива). В процессе копчения при неполном сгорании древесины формируются пиролизированные древесные отходы в виде твердого обуглероженного остатка.

Известно как минимум два способа получения ПУМ – при помощи химической и т.н. «физической» активации углеродсодержащего сырья. Каждая из них имеет свои преимущества. Для химической активации это одностадийность, более низкая температура процесса;



относительно короткое время активации; хорошо развитая поверхность, контролируемая и развитая микропористость [3]. Химическая активация предшественников сорбентов предусматривает использование активирующего агента ( $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  и др.), который вводят импрегнированием или смешиванием с сырьем, после чего его карбонизируют в атмосфере инертных или собственных газов [2].

Целью нашей работы была предварительная оценка альтернативного сырья – технологических отходов пищевой промышленности в качестве предшественника для производства пористых углеродных материалов – потенциальных сорбентов для очистки разных сред.

Полученные при копчении продуктов древесные отходы с влажностью  $W_1=67-82\%$  высушивали на воздухе ( $T_1=293-298$  К;  $v_1=1-2$  м/с) на протяжении  $\tau_1=(336-504) \cdot 60^2$  сек, далее сушили при температуре  $T_2=373-383$  К до воздушно-сухого состояния с влажностью  $W_2=4-8\%$ .

Активирующим агентом - ортофосфорной кислотой ( $\text{H}_3\text{PO}_4$  – 85%) пропитывали сырье (метод импрегнирования) при соотношении ПДО/кислота – 1:0,5-1:1. Полученную смесь выдерживали при температуре  $T_3=291-295$  К, затем высушивали до постоянной массы с влажностью  $W_3=4-8\%$  при  $T_4=373-383$  К. Активацию проводили в потоке аргона (объемный расход –  $Q_1 \leq 5,6 \cdot 10^{-7}$  м<sup>3</sup>/с, при скорости нагрева 0,07 град./с до температуры активации  $T_5=773-973$  К с последующей изотермической выдержкой  $\tau_3=1 \cdot 60^2$  сек. Затем охлаждали в потоке аргона до температуры  $T_6=323$  К.

Образцы ПУМ отмывали от активирующего агента дистиллированной водой и сушили при  $T_7=378$  К до влажности  $W_4=4,92\%$ , выход ( $Y_1$ ) при этом составлял 87,6 %. Проводили фракционирование ПУМ, выход рабочей фракции на ситах 3,6 мм и 1,00 мм составлял 84,4 %.

Основные показатели процесса в сравнении с

активацией бурого угля при том же соотношении с активирующим агентом представлены в таблице.

Характеристики пористой структуры рассчитывали на основе изотерм адсорбции-десорбции азота при  $T=77\text{ K}$  в интервале давлений  $P/P_0=0,00-1,00$  (прибор Quantachrome Autosorb 6B) (пример изотерм на рисунке 1).

Полученная изотерма характеризуется типом II по классификации [4], что отвечает полимолекулярной адсорбции.

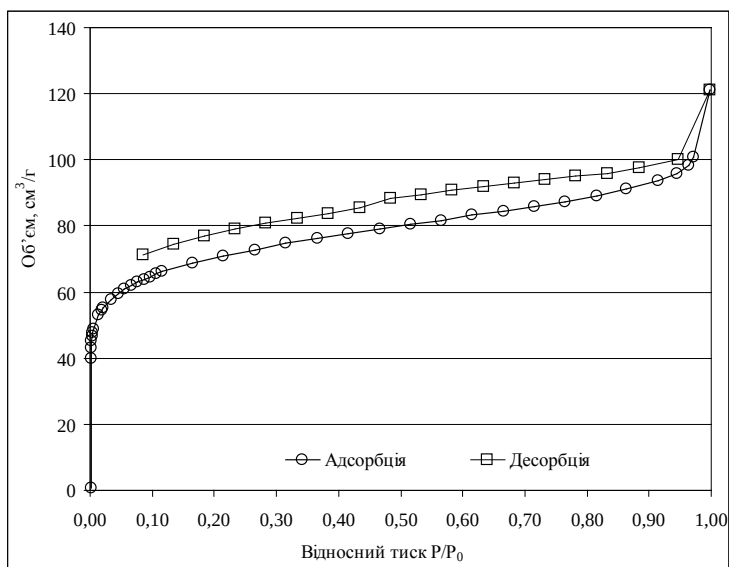


Рис. 1. Типичная изотерма адсорбции-десорбции азота на ПУМ при  $T=77\text{ K}$

Определяли такие характеристики ПУМ:  $Y$  – коэффициент выхода ПУМ (%),  $S_{\text{BET}}$  – удельная поверхность ( $\text{м}^2/\text{г}$ ),  $V_{\Sigma}$  – суммарный объем пор ( $\text{см}^3/\text{г}$ ),  $V_{\text{ма}}$  – объем макропор ( $\text{см}^3/\text{г}$ ),  $V_{\text{ме}}$  – объем мезопор ( $\text{см}^3/\text{г}$ ),  $V_{\text{ми}}$  – объем микропор ( $\text{см}^3/\text{г}$ ).

Микропористая структура активированного образца характеризуется диаметром пор в диапазоне  $D_{mi}=0,60-2,5$  нм, где в наибольшей степени представлены поры с диаметром 0,87; 1,56 нм; объем микропор  $V_{mi}=0,091$  см<sup>3</sup>/г; доля микропор в общем объеме пор составляет 49 %.

Мезопористая структура имеет такие характеристики: диаметры пор лежат в диапазоне  $D_{me}=3,3-50,0$  нм (рис.2), где наибольшей частью представлены поры с диаметром 3,7 нм; объем мезопор варьируется в интервале  $V_{me}=0,005-0,049$  см<sup>3</sup>/г; площадь поверхности мезопор –  $S_{me}=5,7-28,0$  м<sup>2</sup>/г; часть мезопор в общем объеме пор составляет от 3 до 26 %

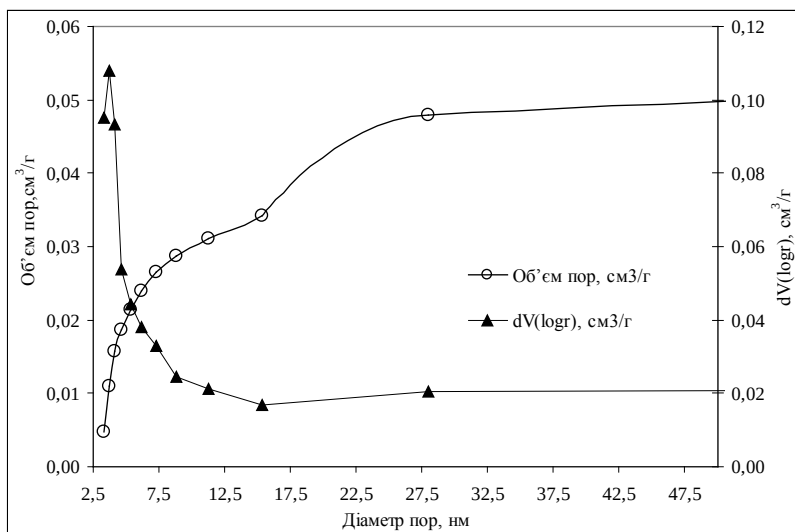


Рис.2. Распределение мезопор по размерам образца ПУМ (зависимость объема пор от их диаметра по *VН* методу)

Таблица 1

Характеристика ПУМ из бурого угля и пиролизированных отходов древесины

| Наименование показателя              | Способ получения ПУМ по [3]. |      | Экспериментальные данные       |      |
|--------------------------------------|------------------------------|------|--------------------------------|------|
| Тип сырья                            | бурый уголь                  |      | пиролизованная древесина       |      |
| Температура активации, К             | 1073                         |      | 773                            |      |
| Активирующий агент                   | KOH                          |      | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> |      |
| Соотношение сырье/агент, кг/кг       | 1:1                          |      | 1:1                            |      |
| Y, %                                 | 40,0                         |      | 87,6                           |      |
| $S_{\text{ВЕТ}}$ , м <sup>2</sup> /г | 980,0                        |      | 257,0                          |      |
| $V_{\Sigma}$ , см <sup>3</sup> /г    | 0,500                        | 100% | 0,187                          | 100% |
| $V_{\text{ма}}$ , см <sup>3</sup> /г | 0,040                        | 8%   | 0,047                          | 25%  |
| $V_{\text{ме}}$ , см <sup>3</sup> /г | 0,220                        | 44%  | 0,049                          | 26%  |
| $V_{\text{ми}}$ , см <sup>3</sup> /г | 0,240                        | 48%  | 0,091                          | 49%  |

Приведенные результаты (таблица 1) показывают, что активация ортофосфорной кислотой пиролизированных отходов коптильного производства позволяет получать ПУМ с высоким выходом по сравнению со щелочной высокотемпературной активацией бурого угля (87,6% против 40,0%). При этом полученный ПУМ имеет более низкие показатели поверхности ( $S_{\text{ВЕТ}}$ =257 м<sup>2</sup>/г против 980 м<sup>2</sup>/г и суммарный объем пор  $V_{\Sigma}$ =0,187 см<sup>3</sup>/г против  $V_{\Sigma}$ =0,500 см<sup>3</sup>/г для материала из бурого угля. Доля микропор в

суммарном объеме пор (49% и 48%) для обоих вариантов одинакова, часть макропор в экспериментальном образце (25%) больше по сравнению с прототипом (8%), при этом доля мезопор в древесном образце меньше (26% против 44 %), чем в угольном.

Здесь следует отметить, что представленные результаты по активации ПДО являются предварительными, не оптимальными, но дают определенное представление о перспективности выбранного сырья и метода активации.

Позитивными моментами исследованного нами процесса можно считать пониженные энергозатраты и наличие экологически более приемлемых промывных вод (раствор нетоксической ортофосфорной кислоты в исследуемом процессе против щелочных растворов большого количества в сравниваемом процессе). Следует также отметить, что при конверсии пиролизованной в процессе копчения щепы в адсорбенты уже не выделяются смолистые вещества (то есть, выбросы побочных продуктов и нагрузка на ОПС значительно меньше, чем при активации угля).

Таким образом, предложен относительно простой и энергосберегающий способ получения пористых материалов из вторичного «возобновляемого» ресурса - древесных отходов, образующихся в процессе копчения пищевых продуктов, с применением их активации при пониженных температурах 573-773 К в присутствии  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Способ позволяет, используя отходы пищевой промышленности, получить дешевые сорбенты с поверхностью не менее  $260 \text{ м}^2 / \text{г}$ , большим выходом (80-

90%) и приемлемым фракционным составом (доля частиц с размером 1,0-3,6 мм более 84%). Сорбенты с такими показателями могут использоваться в системах водоподготовки с целью очистки воды от механических примесей, остаточного хлора, органических соединений, а также от неприятного запаха и привкуса.

Список литературы:

1. Тамаркина, Ю.В. Свойства адсорбентов, полученных щелочной активацией александрийского бурого угля / Ю.В. Тамаркина, В.Г., Колобродов, Т.Г. Шендрик, В.А.Кучеренко // ХТТ. – 2009. – № 4. . – С. 46-50.
2. Marsh, H. Activated carbon / H. Marsh, F. Rodrigues-Reinoso. Amsterdam: Elsevier, 2006. – 542 p.
3. Тамаркина, Ю.В. Развитие удельной поверхности природного угля при термоллизе в присутствии гидроксида калия / Ю.В. Тамаркина, В.А. Кучеренко., Т.Г. Шендрик // Журн. приклад. химия – 2004. – Т. 7, вып. 9. – С. 1452 – 1455.
4. Barret, E. P. The determination of pore volume and area distributions in porous substances. Computations from nitrogen isotherms / E. P. Barret, L. C. Joyner, P. P. Halenda // J. Am. Chem. Soc. – 1951. – Vol. 73, N 1. – P. 373–380.
5. Симонова, В.В. Адсорбция тяжелых металлов углеродными сорбентами различного происхождения. / В.В. Симонова, В.А Тамко., Ю.В.Тамаркина, Л.А. Бован, Т.Г. Шендрик, А.С. Алемасова // Экология и промышленность. – 2012. – №3. – С. 32 – 36.

УДК 628.3

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ НАВОЗНЫХ СТОКОВ СВИНОКОМПЛЕКСОВ**

Т.А. Будыкина, А.Ю. Однораленко, Э.А. Дудина  
*Курский государственный университет,  
г.Курск, Россия*

Сельское хозяйство Курской области в настоящее время эффективно развивается. Среди регионов РФ Курская область находится на 14-ом месте в рейтинге регионов страны по объему производимой продукции и на 5-ом месте среди областей Центрального федерального округа по производству продукции сельского хозяйства по итогам 2015 года. Курская область занимает 15-ое место среди регионов России по производству продукции животноводства, 2-ое место – по поголовью свиней и производству свинины (2015 г.) [1].

На современных свинокомплексах сбор и переработка навозных жидких стоков производится самым распространенным и малозатратным способом – накоплением в навозохранилищах (лагунах) и выдерживании его в течение года. Такой способ утилизации навоза приводит к созданию напряженной экологической ситуации вблизи свинокомплекса, распространению резкого запаха из-за содержания аммиака и сероводорода в атмосферном воздухе, обладающих раздражающим действием для организма человека.

Основное воздействие происходит от отходов производства – жидкого навоза, количество которого,

например, для свиного комплекса производительностью 60 тыс. голов свиней откорма в год составляет величину 22500,0 т/год. Суммарное поступление загрязняющих веществ в атмосферу следующее: метан (40,5 т/год), аммиак (19,0 т/год), СО (8,3 т/год), пыль меховая (4 т/год), оксиды азота (2,1 т/год), сероводород (1,2 т/год).

Согласно литературе [2], на крупных свиных комплексах для накопления навоза недопустимо использование открытых навозохранилищ, а также необходимо предусматривать отделение жидкой от твердой фракций навоза.

Навозные стоки промышленных свиноводческих комплексов состоят из смеси твердых частиц и жидкости. Основная проблема при утилизации навоза заключается в том, чтобы вовремя отделить твердые частицы, прежде, чем их загрязняющие окружающую среду элементы растворятся в жидкости.

Поэтому с целью снижения загрязнения атмосферного воздуха от навозохранилищ и улучшения экологической обстановки вблизи свиных комплексов, в том числе, расположенных на территории Курской области, необходимо совершенствовать систему утилизации навоза с применением стадии механического разделения жидкого навоза и навозных стоков на фракции либо с использованием метода биологической очистки. Твердая составляющая после механического обезвоживания не имеет запаха и может долго складироваться. Применение биологического метода позволит, наряду с уменьшением (исключением) загрязнения атмосферы, получать биогаз, который можно полезно использовать для выработки электрической и тепловой энергии.

Для механического разделения можно



рекомендовать известные методы и оборудование [3]:

1. центробежное фильтрование на центрифугах, что позволит снизить влажность жидких навозных стоков с 98 % до 82 %;

2. механическое разделение на процеживателях до влажности твердой фракции - 82-88 %;

3. шнековые пресс-сепараторы типа СМ-260 и СМ-300 [4].

В качестве метода биологической очистки может быть применена технология метанового брожения BIOLAK (Германия) [5].

Применяя одну из указанных технологий, можно добиться главного экологического эффекта – уменьшения или полного исключения загрязнения атмосферного воздуха специфическими для свинокомплексов запахами.

Список литературы:

1. <http://ab-centre.ru> Экспертно-аналитический центр агробизнеса.

2. Методические рекомендации по проектированию систем удаления и переработки навозных стоков на свинокомплексах промышленного типа. Москва, 2009. 84 с.

3. Будыкина Т.А. [Переработка осадков сточных вод](#). Москва, ООО Издательство «Креативная экономика», 2012. 188 с..

4. <http://www.farmtechagro.ru> Рождество Техника для ферм.

5. <http://www.biolak.de> BIOLAK® Technology HOLDING GMBH.

УДК 662.813

## **УТИЛИЗАЦИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПИРОЛИЗОМ СОВМЕСТНО С ТОРФОМ**

В.М. Дударчик, В.М. Крайко

*Институт природопользования НАН Беларуси,  
г. Минск, Беларусь*

Различные виды все возрастающих объемов коммунальных и производственных отходов, содержащих в значительных количествах горючие компоненты (в первую очередь, полимерные отходы) представляют собой проблему глобального масштаба. Причем, наиболее опасными являются неразлагаемые в природных условиях материалы на основе искусственно созданных человеком различных полимеров. Около 70% пластмасс, входящих в состав отходов – полиолефины, 10–15% – полистирол, 10–13% поливинилхлорид (ПВХ), около 3–5% – другие пластмассы. Известны следующие методы ликвидации таких отходов: повторное использование отдельных видов отходов по известным технологиям переработки вторсырья (рецикл); захоронение, вывоз на свалки, что кардинально проблему не решает; сжигание. Процесс прямого сжигания сопровождается выбросом в атмосферу значительного количества экологоопасных СОЗов, включая полиароматические углеводороды, диоксины, фураны и другие супертоксиканты. Стоимость газоочистки может составлять более 60% от стоимости мусоросжигающего завода. Пластмассы относятся к отходам, индивидуальное сжигание которых затруднено также по причине текучести расплава. Перспективным способом переработки таких отходов является пиролиз.

Цель данного исследования – изучение возможности утилизации полимерных отходов методом совместного пиролиза с торфом с получением горючих газов повышенной теплотворной способности. Была проведена серия опытов по пиролизу в стационарном слое

торфа с полимерными отходами полиэтилена (ПЭ) в дозах 10–20 % при 600–800°C. Пиролиз ТПС приводит к значительному росту содержания смолы. Анализ состава пиролизного газа указывает на относительно невысокое увеличение содержания непредельных углеводородов. При увеличении содержания в смеси ПЭ независимо от температуры наблюдается рост содержания углеводородов, причем более интенсивно при более низкой температуре. Данный факт объясняется нарастанием процессов полимеризации. При 5%-ном содержании ПЭ она еще незаметна, а при более высоких дозах полимера роль ее существенно возрастает. Поэтому при получении более высококалорийной парогазовой смеси (ПГС) с большим содержанием углеводородов необходимо использовать конструкцию пиролизера, позволяющую проводить быстрый отвод ПГС из зоны реакции. Для этой цели использовали пиролизер шнекового типа с подвижным слоем топлива. Был проведен эксперимент по скоростному пиролизу в подвижном слое торфа и ТПС с содержанием ПЭ в смеси от 5 до 20% при 800°C. при скорости вращения шнека 3 об/мин, средней скорости нагрева 40°C/мин и времени нахождения вещества в зоне пиролиза 20 мин. Анализ состава полученной ПГС указал на заметный рост содержания непредельных углеводородов (в 3–3,5 раза), метана (в 1,5–2 раза) на фоне некоторого снижения содержания компонентов синтез-газа – водорода и оксида углерода. Теплотворная способность ТПС существенно (на 30–40%) увеличивается по сравнению с ТПС торфа, что указывает на перспективность такого способа утилизации полимерных отходов.

Таким образом, применение в виде добавки к торфу ПЭ в количестве 10–20% по массе позволяет значительно увеличить теплоту сгорания ПГС, что дает основание рассматривать газ в качестве высокоэффективного энергоносителя при получении тепловой и электрической энергии.

УДК 504.5:628.386

## **ПОЛУЧЕНИЕ ПИГМЕНТОВ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ЦИНКОВАНИЯ В ПРИСУТСТВИИ БЛЕСКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

М.Л. Кравченко, А.В. Лихачева

*Учреждение образования «Белорусский  
государственный технологический университет»,  
Минск, Беларусь*

Анализ производственной деятельности гальванических производств Республики Беларусь показал, что в технологии цинкования чаще всего используют в качестве блескообразователей СБЦ-1 и СБЦ-2. Для определения влияния блескообразователей на выход и качество получаемых пигментов из отработанных электролитов цинкования сложного состава, в работе создавались модельные растворы, содержащие разные концентрации блескообразователей.

В ходе исследований было установлено, что в присутствии СБЦ-1 соединения цинка из отработанного электролита цинкования осаждаются в виде фосфата цинка и цинк-аммоний фосфата, а в присутствии СБЦ-2 – только в виде фосфата цинка.

Для определения оптимальных параметров осаждения соединений цинка из отработанных электролитов цинкования использовали метод потенциометрического титрования. По результатам строили интегральные и дифференциальные кривые титрования.

Используя построенные кривые, мы определяли величины рН и соотношения осадителя к осаждаемому

металлу, соответствующие началу и окончанию осаждения фосфата цинка и цинк-аммоний фосфата для отработанных электролитов цинкования с добавлением СБЦ-1, и фосфата цинка для отработанных электролитов с добавлением СБЦ-2.

Из полученных результатов видно, что изменение концентрации СБЦ-1 существенно влияет на условия осаждения фосфата цинка, т.е. чем меньше концентрация, тем большее влияние оказывается. Следует отметить, что осаждение фосфата цинка начинается при более низких значениях рН, а именно от 5,4 до 6, вместо 6,2, а заканчивается при более высоких.

Блескообразователь СБЦ-1 также влияет и на осаждение цинк-аммоний фосфата, но только на рН начала осаждения. Данное изменение в большей степени наблюдается в увеличении концентрации СБЦ-1 и имеет тенденцию снижения рН начала осаждения цинк-аммоний фосфата. Но интересно заметить, что на окончание осаждения цинк-аммоний фосфата СБЦ-1 влияет незначительно.

Присутствие блескообразователя в отработанных электролитах цинкования влияет на количество осадителя, которое необходимо добавить к отработанному электролиту для осаждения присутствующего в нем цинка. Следует отметить, что при определенном соотношении наблюдается осаждение и фосфат цинка и цинк-аммоний фосфата, и определить какое именно из двух веществ осаждается весьма затруднительно. Также видно, что присутствие СБЦ-1 влияет на окончание осаждения цинк-аммоний фосфата, но не зависит от концентрации блескообразователя в пробе.

В присутствии СБЦ-2, как уже было отмечено, цинк

осаждается в виде одного соединения – фосфата цинка, при этом осаждение начинается при меньших значениях величины рН. Диапазон значений рН, при которых начинается осаждение, шире, чем если блескообразователь отсутствует, а именно от 5,3 до 6, вместо 6,2. СБЦ-2 влияет и на окончание осаждения, но не зависит от концентрации блескообразователя.

В зависимости от концентрации СБЦ-2, осаждение начинается при меньшем количестве добавляемого осадителя, а заканчивается при незначительном увеличении количества осадителя, по сравнению с пробой не содержащей СБЦ-2.

Полученные данные помогут получить оптимальные условия для осаждения цинка в зависимости от содержания в них блескообразователя СБЦ-1 и СБЦ-2, которые влияют главным образом за счет адсорбционных процессов, на рост кристаллов осажденного металла, способствуют: превращению крупнокристаллического осадка в мелкокристаллический; изменению структуры осадка и др.

Полученные результаты будут учтены при разработке технологии получения цинксодержащих пигментов из отработанных электролитов гальванического цинкования.

Получение пигментов из отходов является актуальным в наше время, т.к. природные цинксодержащие сырьевые ресурсы относятся к исчерпаемым и запасы их сильно ограничены. В такой ситуации в качестве сырьевых ресурсов необходимо рассматривать техногенные отходы, в том числе и гальванического производства.

УДК 504.5:672

## **ПОЛУЧЕНИЕ ПИГМЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ ОАО «РЕЧИЦКИЙ МЕТИЗНЫЙ ЗАВОД»**

А.В. Лихачева, Н.Н. Рылко

*Белорусский государственный технологический  
университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

ОАО «Речицкий метизный завод» специализируется на выпуске крепежных изделий, проволоки, гвоздей, а также нанесению цинкового покрытия горячим способом на стальные трубы и конструкции. В технологическом процессе обработка черных металлов приводит к образованию разных по составу железосодержащих отходов.

Известно, что соединения железа обладают хромоформными свойствами и поэтому могут использоваться в качестве пигментов.

Целью работы являлось исследование способов получения железосодержащих пигментов из отходов гальванического производства ОАО «Речицкий метизный завод».

В данной работе объектами исследований являлись:

– отходы, образующиеся в производственном цикле ОАО «Речицкий метизный завод»: отработанные травильные растворы (ОТР) (сернокислотные и солянокислые); железный купорос, образующийся при регенерации солянокислых отработанных травильных растворов; гальванический шлам из ванн травления; осадки сточных вод, образующиеся при обезвреживании отработанных травильных растворов совместно с промывными сточными водами на локальных очистных сооружениях;

– железосодержащие пигменты, полученные из отходов ОАО «Речицкий метизный завод».

В таблице 1 приведены результаты элементного

(рентгено-флуоресцентного) анализа отходов ОАО «Речицкий метизный завод».

Таблица 1  
Результаты рентгено-флуоресцентного анализа  
отходов ОАО «Речицкий метизный завод»

| Элемент | Содержание элемента в отходе, % мас.      |      |                          |          |                |                                                           |      |                                                                   |
|---------|-------------------------------------------|------|--------------------------|----------|----------------|-----------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------|
|         | гальва-<br>ношлам из<br>ванн<br>травления |      | осадок<br>сточных<br>вод |          | ОТ<br>Р<br>(П) | отход,<br>образую-<br>щийся при<br>регенерации<br>и флюса |      | железный<br>купорос<br>(регенерация<br>соляно-<br>кислого<br>ОТР) |
|         | С                                         | П    | С                        | П        |                | С                                                         | П    |                                                                   |
|         |                                           |      |                          |          |                |                                                           |      |                                                                   |
| Si      | –                                         | –    | –                        | 0,7<br>8 | –              | –                                                         | –    | –                                                                 |
| S       | 21,<br>6                                  | 17,8 | 1,1                      | 0,9      | 23,<br>5       | –                                                         | –    | 22,5                                                              |
| Cl      | 1,6                                       | 0,8  | 4,3                      | 3,3      | 2,1            | 46,<br>7                                                  | 7,3  | 0,7                                                               |
| Cr      | –                                         | –    | 6,2                      | 5,8      | –              | –                                                         | –    | –                                                                 |
| Fe      | 75,<br>4                                  | 77,2 | 47,<br>0                 | 43,<br>7 | 71,<br>7       | 30,<br>8                                                  | 87,1 | 72,3                                                              |
| Zn      | 1,4                                       | 4,2  | 34,<br>1                 | 36,<br>3 | 2,8            | 22,<br>6                                                  | 5,6  | 4,6                                                               |
| P       | –                                         | –    | 2,4                      | 3,1      | –              | –                                                         | –    | –                                                                 |
| K       | –                                         | –    | 1,1                      | 1,4      | –              | –                                                         | –    | –                                                                 |
| Ca      | –                                         | –    | 3,9                      | 5,0      | –              | –                                                         | –    | –                                                                 |

Примечание: С – сухая проба; П – прокаленная проба.

Результаты анализа показали, что состав гальваношлама, отработанного травильного раствора, железосодержащего отхода, образующегося в результате регенерации флюса, и железного купороса, образующегося при регенерации отработанного солянокислого раствора, содержат значительное количество железа и не относятся к многокомпонентным. Этот факт свидетельствует о возможности получения из них железосодержащих



продуктов достаточно высокой чистоты.

По результатам рентгенофазового анализа (таблица 2), сделано предположение, что эти отходы после термической обработки могут обладать пигментными свойствами.

Таблица 2  
Результаты рентгенофазового анализа отходов

| Состав отхода                                                                  |                                                                                                                 |         |                                                              |                                       |                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| гальваношлам из ванн травления                                                 |                                                                                                                 | ОТР (П) | отход, образующийся при регенерации флюса                    |                                       | железный купорос (регенерация солянокислого ОТР) |
| С                                                                              | П                                                                                                               |         | С                                                            | П                                     |                                                  |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub><br>FeOOH<br>FeSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>FeOOH<br>Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub><br>ZnCl <sub>2</sub> |         | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>FeOOH<br>FeSO <sub>4</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>FeO |                                                  |

Примечание: С – сухая проба; П – прокаленная проба.

После получения данных о составе отходов определялись показатели, нормируемые для пигментов, для того чтобы выявить обладают ли отходы пигментными свойствами и поэтому для них определялись показатели, нормируемые для пигментов: pH водной суспензии, содержание растворимых солей, маслосмолность, укрывистость, цвет пигмента, содержание железа.

Полученные результаты сравнивали с характеристиками железосодержащих пигментов таких производителей как: ПТП «Ухоловский Пигмент» (Уфа), ООО «Пангея», Компания Пигмент (Нижний Новгород) и предприятиями Республики Татарстан и было установлено, что исследуемые отходы по данным показателям могут использоваться в качестве пигментов марки – красная охра.

УДК: 553.97

**МОНИТОРИНГ РАСТИТЕЛЬНОЙ  
БИОМАССЫ ВЫРАБОТАННОГО ТОРФЯНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ**

В. А. Ракович

*Государственное научное учреждение Институт  
природопользования Национальной академии наук  
Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Торфяное месторождение Докудовское (кадастровый номер 189) расположено в Лидском районе Гродненской области Республики Беларусь, рядом с торфобрикетным заводом (ТБЗ) Лидский, производящим минибрикеты из торфа и биомассы.

До 2013 года ТБЗ производил брикеты из смеси торфа с соломой рапса или кострики из льняного производства и древесной щепы. В 2013-2015 годах в рамках реализации проекта международной технической помощи «Энергия болот» на заводе введены в производство брикеты из торфа и болотной растительной биомассы и чисто растительной биомассы. В настоящее время биомасса не рассматривается в качестве полной замены торфа, но в долгосрочной перспективе это возможно на базе выработанного торфяного месторождения Докудовское.

Торфяное месторождение Докудовское находится в пределах провинции Белорусских возвышенных холмисто-эрозионных и вторично моренных ландшафтов и

относится к району Любчанской водно-ледниковой низины. Болото сформировалось на водно-ледниковой низине, расчлененной большим количеством ложбин.

Частично площади выработанного торфяного месторождения уже заболочены, а частично будут заболачиваться в ближайшее время, поэтому Докудовское может стать опытной площадкой для проведения исследований стадий повторного заболачивания. Для этого были выбраны репрезентативные площадки на выработанных повторно заболоченных (площадки № 1, 2, 3) и осушенных (площадки № 4, 5) участках болота, расположенных в юго-западной части торфяного массива Докудовское.

Проектные площадки расположены в самом крупном понижении в западной части торфяника Докудовское, простирающемся с севера на юг через все торфяное месторождение. Процессы торфообразования в этом понижении соответствовали всем правилам развития торфяного месторождения сточной котловины.

Растительная биомасса на повторно заболоченных участках (площадки № 1, 2, 3) состоит в основном из тростниковых и осоковых фитоценозов, а на осушенных участках (площадки № 4, 5) – из двудольных трав.

Исследования проводились в течение четырех лет. Установлено, что на всех повторно заболоченных участках продуктивность растительной биомассы была значительно выше, чем на выработанных осушенных участках. На площадках №№ 1-3 (выработанные повторно заболоченные участки) максимальное количество биомассы образовалось к концу вегетативного периода 2013 г. и составило 10,4-14,2 т/га сухого вещества, тогда

как в 2014 г. – 10,1-11,8 т/га, в 2015 г. – 9,7-11,1 т/га, а в 2016 г. – 12,1-13,2 т/га.

На скашиваемой части повторно заболоченных участков в 2014 г. биомасса составила 10,3–11,1 т/га сухого вещества, в 2015 г. – 9,7–10,9 т/га, в 2016 г. – 11,1-12,8 т/га. Как видно, существенной разницы в воспроизводстве биомассы в 2014, 2015 и 2016 гг. на участках без скашивания и со скашиванием не обнаружено. На площадках №№ 4 и 5 (выработанные осушенные участки) в 2013 г. прирост растительной биомассы был крайне низким – от 0,1 до 7,0 т/га сухого вещества, в 2014 г. – 1,1-7,2 т/га, в 2015 – 0,1-7,4 т/га, в 2016 г. – 0,2–4,2 т/га.

Низкий урожай биомассы на повторно заболоченных площадках в 2014 и 2015 гг. обусловлен малым количеством осадков в период вегетации растительной биомассы. В 2013 г. выпавшие осадки за май–август составили 334,2 мм, тогда как в 2014 г. – 283,4 мм, в 2015 – 206,6 мм.

Результаты проведенных исследований показали, что по агрономическим показателям торфяного слоя и величине pH повторно заболоченная часть выработанного торфяного месторождения Докудовское подходит для выращивания растительной биомассы. Поскольку урожайность этой биомассы не подвержена значительным колебаниям, полудикультура может быть использована в качестве сырьевой базы для дальнейшего устойчивого производства пеллет и минибрикетов на ТБЗ «Лидский». Это позволит заменить часть торфа, который является невозобновимым источником энергии, на возобновляемую растительную биомассу, тем самым внося вклад в продвижение экологобезопасных технологий.

УДК 628.315

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ПОЧВ И ГРУНТОВ**

Л.М. Шаповалова, М.В. Ижицкая, Л.И. Бут

*ТашНИИ ВОДГЕО,*

*г. Ташкент, Узбекистан*

Очистка почвенного покрова от загрязнения нефтью – одна из сложных задач рекультивации земель. Процесс самоочищения почвы при аварийных разливах нефти может длиться более 10 лет.

Проведение только агротехнических мероприятий (фрезеровка, внесение минеральных удобрений) эффективно лишь на участках старых нефтеразливов или на объектах с невысоким уровнем нефтяного загрязнения, т.е. там, где степень естественной биологической активности почв достаточно высока. Как показали результаты практических очистных работ, поверхностные методы очистки, например, с помощью специализированных культур микроорганизмов или агротехнологий, не позволяют в большинстве случаев решить данную проблему.

В ходе проведения исследований была разработана технология с использованием биопрудов для очистки нефтезагрязненных почв и грунтов. Ранее биопруды использовались для биологической очистки исключительно сточных вод.

Биопруды с естественной аэрацией являются открытой, самонастраивающейся системой, в основе

работы которых лежат процессы самоочищения. Нефтепродукты и сопутствующие им вещества, содержащиеся в загрязненных грунтах, подвергаются в прудах глубокой деградации, как за счет биологических, так и физико-химических процессов. В результате загрязнения частично преобразуются в остаточную биомассу гидробионтов, не содержащую токсичные продукты, а основная масса нефтезагрязнений разлагается до углекислоты и воды.

На работу этих систем огромное влияние в первую очередь оказывают факторы внешней среды, такие как температура, интенсивность солнечного излучения, pH.

Биопруды представляют собой канал, перегороденный по дну поперек потока затопленными дамбами, с высшей водной растительностью, которая является не только носителем микрофлоры, но также способствует механическому улавливанию нефтепродуктов. В междамбовых участках высаживается погруженная растительность типа хары, рдеста и роголистника. Вода из последнего отсека прудов периодически возвращается в первый, при этом производится взмучивание грунта и вымывание углеводов нефти в толщу воды.

Необходимые условия для обеспечения максимальной биodeградации нефтепродуктов – нормальная и бесперебойная работа биопрудов по биodeградации нефтезагрязнений в грунтах достигается созданием оптимальных условий для протекания этих процессов.

В пруд подается вода из емкости (культиватора), куда в свою очередь она подается из ближайшей реки, и в качестве закваски добавляется легкоокисляемая органика, а затем грунт, загрязненный нефтепродуктами, содержащий адаптированную нефтеокисляющую микрофлору. После 6-7 суток пребывания данной смеси, в пруду формируется активный природный биоокислитель. Слабосоленая речная вода не является препятствием для развития бактериальной микрофлоры и различных водорослей. При этом температура воды должна лежать в пределах 26-29 °С. Подобные температуры обеспечат максимальное развитие нефтеокисляющих бактерий *Bacterium aliphaticum*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas*, *Pseudomonas sp.* и преобладание в составе биоценоза сине-зеленых водорослей *Oscillatoria tenuis* *agardh*, *Phormidium foveolarum* *jomont*, *Diatoma sp.*, *Navicula sp.*, наиболее активно участвующих в процессах биодegradации.

Было замечено, что при постепенном снижении температуры процесс биодegradации углеводов нефти не изменяется, т.е. изменение температуры не влияет на скорость очистки почвы от углеводов нефти.

Процесс биодegradации велся при поддержании в системе постоянного количества биогенных элементов – азота и фосфора. Состав и концентрация солей с содержанием азота и фосфора были выбраны исходя из условий культивирования нефтеокисляющей микрофлоры.

Оптимальная периодичность возврата очищенной воды из последнего отсека в первый установлена экспериментально. Когда очищенную воду из последнего

отсека возвращают в первый, происходит взмучивание грунта и вымывание углеводородов нефти в толщу воды, и окисление сорбированных на поверхности грунта углеводородов нефти, так как частица почвы полностью окружена водой. Также установлено, что прикрепленная к твердому субстрату микрофлора лучше развивается и живет. Периодичность возврата не должна быть менее суток и более 3 суток, так как при ежесуточном обороте воды процесс деградации нефти нарушался из-за ухудшения условий жизнедеятельности биоценоза и нефтеокисляющей микрофлоры. Прикрепленная микрофлора отделяется от субстрата, что приводит к уменьшению численности нефтеокисляющей микрофлоры. Также из-за ежесуточного взмучивания почвы нарушается условия освещения, и тем самым ухудшаются условия жизнедеятельности водорослевой составляющей биоценоза.

При интенсивности оборота воды 1 раз в 4 суток происходит слеживание грунта, и соответственно нарушаются условия отмывки углеводородов нефти в толщу воды. Окисление углеводородов нефти кислородом происходит только в тонком слое на границе раздела вода-почва, поскольку из-за слеженности грунта диффузия кислорода в более глубокие слои почвы затруднена.

Данная технология позволяет значительно снизить концентрацию углеводородов нефти в почве после разлива до фоновых концентраций не прибегая к значительным экономическим и ресурсозатратам. В итоге получаем почву, которую можно вернуть в природные условия.



УДК 502.3/.7:630\*237.4

## **ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ**

Ю.А. Винограденко, Е.А. Пендюрин  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В. Г. Шухова,  
г.Белгород, Россия*

Белгородская область - регион Российской Федерации, расположенный в центрально-черноземной зоне России, в 500-700 км к югу от Москвы.

Она считается одной из самых развитых сельскохозяйственных территорий РФ, каждый 5-й килограмм мяса в РФ производится такими крупными компаниями как «Мираторг», «Приосколье», «Агро-Белогорье», находящимися на территории Белгородской области. Но при выращивании мяса птицы, свинины, и КРС, образуется много отходов жизнедеятельности с/х животных. Суммарный годовой объем отходов отраслей птицеводства, свиноводства и разведения КРС составляет около 13 млн. тонн. Причём большая часть этих отходов не утилизируется. Эти органические отходы повсеместно пытаются захоранивать в земле, большую часть без соответствующего регламента, вывозят и выливают на поля. Обычный навоз, барду или другие отходы можно эффективно использовать в качестве удобрения только после 3-5 лет естественного компостирования. Так как в чистом виде они токсичны, токсический эффект был более 20%, кроме побочных продуктов мокрой магнитной сепарации. В смеси токсичность новых органоминеральных удобрений была в пределах нормы.

На сегодняшний день Белгородчина является лидером по производству железной руды, цемента, лимонной кислоты, при производстве которых тоже образуется огромное количество побочных продуктов,

которые складываются на полигонах и не используются во вторичном производстве, отчуждая плодородные земли и загрязняя окружающую среду.

Следует отметить, что в настоящее время на территории области происходит снижение содержания гумуса почв, что является одной из острейших агроэкологических проблем региона. Черноземы области за последние сто лет потеряли около трети общих запасов органического вещества.

Одним из вариантов решения проблемы может являться биотехнологическая переработка органических отходов и побочных продуктов промышленных производств в гранулированные органоминеральные удобрения с высокими физико-химическими и питательными свойствами.

Нами был произведен эксперимент биотехнологической переработки органических отходов и побочных продуктов промышленных производств.

Побочные продукты промышленных производств и продукты жизнедеятельности с/х животных смешивались в различных пропорциях, впоследствии гранулировались в органоминеральные удобрения с высокими физико-химическими и питательными свойствами. Так как использование гранулированного органоминерального удобрения улучшает его свойства при хранении, транспортировке и продаже. Самая большая польза от гранулирования удобрений – это появление пролонгированного эффекта. Проще говоря, гранулы обладают замедленным высвобождением и увеличенным временем действия. Частицы удобрения не сразу растворяются и впитываются в грунт, как порошок, а медленно тают.

Разработанные в лаборатории опытные образцы исследовались в полевых условиях на темно-серой средне-гумусной малопродуктивной почве села Никольское.

Оценка эффективности использования новых органоминеральных удобрений проводилась на

мелкоделяночных опытах. Органоминеральные удобрения вносили в почву в количестве 5 тонн на гектар и анализировали их влияние на агрохимические показатели почвы, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1  
Агрохимические показатели почвы

| Наименование показателей                  | Образцы почвы |      |      |          |
|-------------------------------------------|---------------|------|------|----------|
|                                           | 1             | 2    | 3    | Контроль |
| Гумус, %                                  | 4,52          | 4,33 | 4,22 | 3,94     |
| Фосфаты, мг/100г.                         | 4,86          | 4,8  | 4,82 | 4,74     |
| Аммонийный азот, мг/кг.                   | 43,7          | 44,1 | 43,5 | 50,35    |
| pH                                        | 7,24          | 7,27 | 7,26 | 7,37     |
| Сумма поглощенных оснований, мг•экв/100г. | 67,6          | 67,4 | 67,8 | 68,4     |
| Калий, мг/100г.                           | 6,25          | 6,2  | 6,28 | 6,31     |

Таким образом, проведенные исследования показали, что новые разработанные образцы органоминеральных удобрений, созданные из побочных продуктов промышленных производств и продуктов жизнедеятельности с/х отходов животных, положительно влияют на агрохимические показатели почвенного плодородия и могут быть рекомендованы к производству.

#### Список литературы:

1. Винограденко, Ю.А. Разработка способа создания органоминеральных удобрений из побочных продуктов промышленных производств/ Ю.А. Винограденко, Е.А. Пендюрин // Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов: сб. докл. III Междунар. Молодёжной науч. конф., 10-11 нояб. 2015 г. / Белгор. Гос. Технол. Ун-т. – Белгород: изд-во БГТУ, 2015. – Ч.1. – 343 с.

УДК 502.3:712.25

## **МОНИТОРИНГ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ГОРОДА БЕЛГОРОДА**

А. Д. Семченкова, Е.А. Пендюрин

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В. Г. Шухова,  
г. Белгород, Россия*

Зеленые насаждения в жизни человека не поддаются оценке, они создают условия для жизни животного мира, являясь для него средой обитания, поддерживают экологического равновесие, формируют климат и почвы. Растения очищают воздух от вредных веществ, убивают болезнетворные микроорганизмы, выделяя фитонциды. Водно-зеленые подсистемы обеспечивают благоприятный микроклимат в природной среде и его распространение и за ее пределами. Пребывание на свежем воздухе способствует восстановлению физических и эмоциональных сил. Зеленый цвет листвы благоприятно воздействует на человека, способствует лучшему кровообращению, не утомляет глаза, снижает артериальное давление. В настоящее время развитие научно-технического прогресса накладывает определенный отпечаток на мир растений, но, несмотря на это, роль зеленых насаждений в жизни человека не уменьшается, а, наоборот, увеличивается, становясь все более значимой [1]. Поэтому мониторинг зеленых растений в городской среде весьма актуален.

Белгород представляет собой город, расположенный в южной части России, является административным центром Белгородской области. Площадь Белгорода равняется 153,1 км<sup>2</sup>. В городе автомобильный транспорт является главным источником загрязнения воздуха, воды, ландшафта (в этом ему уступают даже промышленные предприятия). Наблюдается постоянный рост уровня урбанизации Белгорода. Для того, чтобы нейтрализовать негативное воздействие автотранспорта на экологию города возникает необходимость устройства лесных и парковых массивов, озелененных территорий, водных источников, благоустроенных мест для отдыха на природе.

Проведя мониторинговую оценку зеленых насаждений, можно сделать вывод, что площадь зеленых насаждений и лесопарковой зоны (парки, рощи, скверы, бульвары, газоны, цветники) составляет 721,3 тыс. м<sup>2</sup>. Согласно СНИП 2.07.01.-89, уровень зеленых насаждений в городской черте должен составлять не менее 40% территории городской черты [2]. На сегодняшний день уровень озеленённой составляет 47,1% территории города Белгорода. В основном, крупные зеленые насаждения города представлены несколькими парками.

Основная площадь зеленых насаждений находится в Центральном парке культуры и отдыха, городском парке Победы и Парке павших воинов имени Ю. А. Гагарина, в лесопарковой зоне Сосновка, парке Южном, Ботаническом саду, и многих различных скверах. Также примечательна Архиерейская роща, которая представляет собой остатки леса, носившего одноименное название. Проведя мониторинговое исследование зеленых растений

городской черты, можно отметить, что основные зеленые насаждения представлены древесно-кустарниковой растительностью: каштан, липа, тополь, сосна, береза, дуб, акация, рябина, сирень, спирея, форзиция, жасмин. В городе достаточно ухоженные газоны (смесь злаковых и бобово-злаковых культур) и цветники, которые представлены однолетними и многолетними растениями (пионы, розы, тюльпаны, петуния, бархатцы, канны).

Согласно статистическим данным, по основным экологическим показателям город Белгород из 82 городов Российской Федерации входит в топ 20 городов России и, таким образом, является благоприятным для проживания. Однако зеленые растения испытывают негативные воздействия человека и нуждаются в постоянном обновлении и уходе. Именно поэтому необходимо высаживать больше деревьев и кустарников, обновлять клумбы, организовывать новые парки и скверы.

#### Список литературы

1. Громадин, А. В. Дендрология: учебник для студ. /А. В. Громадин, Д. Л. Матюхин . – 6-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. — 368 с.
2. СНиП 2.07.01-89\* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document /5200163> дата обращения 20. 04. 2017.

## СОДЕРЖАНИЕ

### *Секция 1. Ресурсы, качество, водопользование, охрана водоемов и их бассейнов*

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Бузунова Р.И.</b> Характеристика водных ресурсов Кемеровской области.....                                                                         | 3  |
| <b>Сколубович Ю.Л., Краснова Т.А.</b> Ресурсная база подземных вод и их использование для водоснабжения населенных пунктов Кемеровской области ..... | 13 |
| <b>Пакурина А.П., Платонова Т.П., Тарасенко О.В., Лобарев С.А.</b> Содержание микроэлементов в водах малых рек – левобережных притоков Амура.....    | 18 |
| <b>Гармаев Е.Ж., Мункуев Ж.Л.</b> К вопросу совместного использования и охраны водных ресурсов трансграничной реки Селенга.....                      | 23 |
| <b>Сакаш Г.В., Сакаш К. Г.</b> Состояние окружающей среды города Красноярска.....                                                                    | 30 |
| <b>Шепелев В.В., Федорова С.В.</b> Дуплексная система водоснабжения – путь к повышению качества питьевых вод и экономии их ресурсов.....             | 37 |
| <b>Тами Аль-Харами</b> Проблемы водоснабжения и водоотведения городов Ирака и пути их преодоления.....                                               | 43 |
| <b>Лопатин С.А., Терентьев В.И.</b> Вода - здоровье сохраняющий фактор промышленного региона (на примере Ленинградской области).....                 | 46 |
| <b>Кармалов А.И., Филимонова С.В.</b> Восстановление дебита артезианских скважин.....                                                                | 52 |
| <b>Шачнева Е.Ю.</b> Влияние полиакриламидного флокулянта на величину цветности модельных систем...                                                   | 56 |

|                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Тановицкая Н.И., Ратникова О.Н.</b> Экологическая реабилитация нарушенных торфяников Беларуси.....                                                                                         | 60 |
| <b>Козел Н.В., Ракович В.А., Серебренникова О.В., Стрельникова Е.Б., Аверина Н.Г.</b> Анализ содержания токоферолов в торфе естественных и восстанавливаемых болотных экосистем Беларуси..... | 63 |
| <b>Фоменко А.И., Соколов Л.И.</b> Извлечение редкоземельных элементов из золы мусоросжигательных заводов.....                                                                                 | 66 |
| <b>Жубатов Ж., Степанова Е.Ю.</b> Оценка экологической устойчивости почвы на местах падения фрагментов отработавших частей МБР РС-18 в северном Казахстане (РП 213).....                      | 72 |

## *Секция 2. Новые сорбционные и ионообменные материалы*

|                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Лиштван И.И.</b> Новые материалы на основе глубокой переработки торфа и бурого угля.....                                                                                                            | 77 |
| <b>Янута Ю.Г., Абрамец А.М.</b> Гуминовые препараты торфа как сорбенты ионов поливалентных металлов для очистки сточных вод.....                                                                       | 84 |
| <b>Семенова С.А., Авид Б.</b> Переработка некондиционных углей Монголии для решения экологических проблем региона.....                                                                                 | 87 |
| <b>Аккулова З.Г., Жакина А.Х., Амирханова А.К., Василец Е.П., Кудайберген Г.К., Арнт О.В., Рапиков А.Р.</b> Сорбенты для очистки сточных вод горной промышленности Казахстана от тяжелых металлов..... | 94 |



|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Горелова О.М., Сатинова И.В.</b> Разработка технологии получения сорбентов с заданными свойствами для водоочистки.....                                     | 97  |
| <b>Сомин В.А., Куталова А.В.</b> Умягчение подземных вод сорбционно-ионообменными материалами из отходов растениеводства.....                                 | 100 |
| <b>Ulziidelger, Dugarjav J., Purevsuren B., Shirchin B., Avid B., Patrakov Y.F.</b> Oxidation of baganuur brown coal by hot air and mechanic activation.....  | 104 |
| <b>Коврик С.И., Сосновская Н.Е., Соколов Г.А., Бамбалов Н.Н.</b> Сорбенты на основе торфа, сапропеля и трепела для очистки почвы от ионов тяжелых металлов... | 110 |

*Секция 3. Ресурсосберегающие технологии в промышленности и водоподготовке*

|                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Комарова Л.Ф., Сомин В.А., Чигаев И.Г.</b> Современные методы водоподготовки и водоочистки с использованием мембранных и сорбционных процессов..... | 113 |
| <b>Шапошник В.А.</b> Оценка экологичности предприятий химической и пищевой промышленности.....                                                         | 117 |
| <b>Мигалатий Е.В., Браяловский Г.Б., Никифоров А.Ф., Насчетникова И.А.</b> Локальные установки для получения питьевой воды.....                        | 121 |
| <b>Сколубович Ю.Л., Войтов Е.Л., Крутков А.Е., Цыба А.А.</b> Эффективность очистки сточных вод предприятий угледобывающей промышленности.....          | 124 |
| <b>Сколубович Ю.Л., Войтов Е.Л., Цыба А.А.</b> Очистка поверхностных сточных вод.....                                                                  | 129 |

|                                                                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Браяловский Г.Б., Мигалатий Е.В., Насчетникова О.Б., Старухина В.В.</b> Переработка промывных вод станций очистки поверхностных вод.....                                                          | 133 |
| <b>Чепкасова Н.И., Федотов Р.В., Игнатенко С.И.</b> Исследование применимости алюминиевых и железных коагулянтов в технологии реагентного умягчения воды для нужд питьевого водоснабжения.....       | 136 |
| <b>Краснова Т.А., Шульженко Ю.С., Тимошук И.В., Тарка Ривлан Олукунби</b> Исследование адсорбции органических соединений из природных вод.....                                                       | 139 |
| <b>Шевченко Т.В., Устинова Ю.В.</b> Усовершенствование технологии разделения промышленных суспензий методом флокуляции.....                                                                          | 145 |
| <b>Лазарев С.И., Головин Ю.М., Холодилин В.Н., Хорохорина И.В., Поликарпов В.М.</b> Дифрактометрические исследования структурных превращений в ацетатцеллюлозных ультрафильтрационных мембранах..... | 148 |
| <b>Полетаева М.А., Мягкова Ю.Ю.</b> Исследование по применению антискалантов в теплоэнергетическом производстве.....                                                                                 | 151 |
| <b>Учайкин А.В., Короткая Е.В.</b> Ресурсосберегающая технология водоподготовки в производстве восстановленного молока.....                                                                          | 154 |
| <b>Сакаш Г.В, Сакаш К. Г.</b> Экологические аспекты выбора топлива для ТЭС Сибири.....                                                                                                               | 157 |
| <b>Амджад Захид; Пух Джефф</b> Пути повышения эффективности эксплуатации обратноосмотических установок.....                                                                                          | 162 |

|                                                                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Белогорский А. А., Лапшин В. К.</b> Использование мембранных технологий при очистке продувочных вод из оборотных систем предприятий и возврат их в производственный цикл.....   | 164 |
| <b>Славинская Г.В., Куренкова О.В.</b> Уменьшение объема сточных вод при обессоливании воды.....                                                                                   | 167 |
| <b>Вергунов А.И., Федотов Р.В., Лапина И.А.</b> Опыт использования биосорбционно-мембранного метода очистки воды из поверхностных источников с целью питьевого водоснабжения.....  | 174 |
| <b>Алейникова С.Е., Чигаев И.Г.</b> Перспективный метод обезжелезивания природных подземных вод на примере Алтайского края.....                                                    | 177 |
| <b>Токарева К.П., Чигаев И.Г.</b> Очистка подземных вод с применением многофункциональных ионообменных загрузок.....                                                               | 183 |
| <b>Пчельников И.В., Териков А.С., Федотов Р.В.</b> Исследования получения низкоконцентрированного гипохлорита натрия электролизом воды Персидского залива и Средиземного моря..... | 187 |
| <b>Шачнева Е.Ю.</b> Закономерности процессов флокуляции модельных систем с участием полиакриламидного флокулянта.....                                                              | 191 |

#### *Секция 4. Технологии очистки природных и сточных вод*

|                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Абоносимов О.А., Лазарев С.И., Котенев С.И.</b> Технологическая эффективность электробаромембранного удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод очистных предприятий..... | 198 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Кирсанов М.П., Горелкина А.К., Авраменко А.С.</b><br>Исследование эффективности углеродных сорбентов<br>различных марок при очистке сточных вод<br>производства пестицидов..... | 201 |
| <b>Горелова О.М., Послова М.Н.</b> Очистка сточных вод от<br>ионов тяжелых металлов с использованием<br>органоминеральных сорбентов.....                                           | 206 |
| <b>Куренкова О.В., Славинская Г.В.</b> Использование<br>электродиализа при очистке воды от некаля.....                                                                             | 209 |
| <b>Свинцов А.П., Жамил Мирюу</b> Концентрирование<br>солей в электродиализаторе с непроточными<br>рассольными камерами.....                                                        | 215 |
| <b>Ковалева О.А., Лазарев С.И., Ковалев С.В.</b><br>Исследование конструктивных особенностей<br>электробаромембранного аппарата трубчатого типа.....                               | 222 |
| <b>Вязовов С.А.</b> Экспериментальные исследования<br>технологии обратноосмотической очистки<br>белофоросодержащих сточных вод.....                                                | 225 |
| <b>Субочева М.Ю.</b> Технология очистки промышленных<br>сточных вод анилинокрасочных производств.....                                                                              | 231 |
| <b>Хорохорина И.В.</b> Экспериментальное исследование<br>ультрафильтрационной очистки сточных вод<br>автомоек.....                                                                 | 234 |
| <b>Хорохорина И.В.</b> Электроультрафильтрационная<br>очистка промышленных растворов и стоков от<br>анионных поверхностно-активных веществ.....                                    | 239 |
| <b>Беляева О.В., Беляева Е.Е.</b> Адсорбция пиридина из<br>водных растворов предварительно прогетыми<br>активными углями.....                                                      | 245 |

|                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Краснова Т.А., Самойлова Н.А., Кравчук Н.С.</b><br>Исследование адсорбции органических соединений из<br>сточных вод предприятий химической<br>промышленности..... | 248 |
| <b>Краснова Т.А., Гора Н.В., Шабунова Т.В.</b> К вопросу<br>об очистке сточных вод фармацевтической<br>промышленности.....                                           | 252 |
| <b>Шачнева Е.Ю.</b> Способ фотометрического определения<br>сульфанола с органическим реагентом.....                                                                  | 255 |
| <b>Нифталиев С.И., Перегудов Ю.С., Эйвазова Ю.З.</b><br>Влияние температуры и pH на сорбцию ионов железа<br>(III) волокном ВИОН КН-1.....                            | 260 |
| <b>Перегудов Ю.С., Астапов А.В., Обидов Б.А.</b> Сорбция<br>ионов кадмия волокнистым сорбентом ФИБАН X-1.....                                                        | 263 |
| <b>Потехина Л.Н., Чистикина А.А.</b> Выделение ценных<br>компонентов из вторичного молочного сырья как<br>способ охраны окружающей среды.....                        | 266 |
| <b>Гришин Б.М., Андреев С.Ю., Хазов С.Н.</b> Влияние<br>дисперсионного состава органических загрязнений<br>сточных вод на скорость их биохимической очистки.....     | 269 |
| <b>Будыкина Т.А., Соболев А.И.</b> Экологические<br>проблемы горнодобывающей промышленности Курской<br>области.....                                                  | 271 |

#### *Секция 5. Утилизация твердых отходов*

|                                                                                                                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Аккулова З.Г., Жакина А.Х., Амирханова А.К., Арнт<br/>О.В., Василец Е.П., Кудайберген Г.К., Рапиков А.Р.</b><br>Сорбционный метод снижения токсичности лежалых<br>хвостов обогащения свинцово-цинковых руд..... | 274 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Янута Ю.Г., Абрамец А.М., Якута Е.А.</b> Зольные отходы торфа как сырье для производства продукции природоохранного назначения.....              | 278 |
| <b>Шевченко Т.В., Новикова Я.А.</b> Возможные пути утилизации твердых угольных отходов.....                                                         | 281 |
| <b>Патраков Ю.Ф., Семенова С.А., Клейн М.С.</b> Использование химически модифицированных отработанных моторных масел в качестве флотореагентов..... | 284 |
| <b>Благоразумова А.М., Резанов В.В.</b> Переработка осадков сточных вод вермикультивированием.....                                                  | 289 |
| <b>Кузьмин О.В., Тамаркина Ю.В., Шендрик Т.Г.</b> Перспективы использования древесных отходов пищевой промышленности для получения адсорбентов..... | 295 |
| <b>Будыкина Т.А., Однораленко А.Ю., Дудина Э.А.</b> Экологические проблемы утилизации навозных стоков свинокомплексов.....                          | 302 |
| <b>Дударчик В.М., Крайко В.М.</b> Утилизация углеродсодержащих отходов пиролизом совместно с торфом.....                                            | 305 |
| <b>Кравченко М.Л., Лихачева А.В.</b> Получение пигментов из отработанных электролитов цинкования в присутствии блескообразователей.....             | 307 |
| <b>Лихачева А.В., Рылко Н.Н.</b> Получение пигментов из отходов ОАО «Речицкий метизный завод».....                                                  | 310 |
| <b>Ракович В.А.</b> Мониторинг растительной биомассы выработанного торфяного месторождения, используемой в энергетических целях.....                | 313 |

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Шаповалова Л.М., Ижицкая М.В., Бут Л.И.</b><br>Биологическая рекультивация нефтесодержащих почв и<br>грунтов.....            | 316 |
| <b>Винограденко Ю.А., Пендюрин Е.А.</b> Влияние новых<br>органоминеральных удобрений на агрохимические<br>показатели почвы..... | 320 |
| <b>Семченкова А.Д., Пендюрин Е.А.</b> Мониторинг зеленых<br>насаждений города Белгорода.....                                    | 323 |

ЛР №020524 от 02.06.97.

Подписано в печать 3.10.2017. Формат 60х90<sup>1/8</sup>

Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Уч.-изд. л. 41,75. Тираж 300 экз.

Заказ № 88

ПЛД №44-09 от 10.10.99.

Отпечатано в лаборатории множительной техники  
ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт  
пищевой промышленности (университет)»  
650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 7

