

Разработанная технология предусматривает направлять очищенные промывные воды в резервуар чистой воды или в водонапорную башню промывной воды, поэтому очищенная вода должна соответствовать требованиям СанПиН 10-124 "Вода питьевая". При использовании данного метода дозы реагентов для каждого конкретного случая должны быть определены пробными испытаниями. Учитывая, что очищенная промывная вода перед дальнейшим использованием направляется на барьерный фильтр, дозы вводимых реагентов могут быть снижены до 70 мг/л, 50 мг/л для  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Na_3PO_4$  соответственно. В таблице 3 приведены основные показатели очищенных промывных вод после отстаивания, и после фильтрования, которые определены экспериментально.

Алюминий в виде  $Al(OH)_3$  выпадет в осадок, так как произведение растворимости его составляет  $PR_{Al(OH)_3} = 10^{-32}$ . При введении в воду  $Na_3PO_4$ , образovanного сильным основанием и слабой кислотой, создается буферная смесь, pH которой превышает 8, такая среда является благоприятной для осаждения  $Al(OH)_3$ , поэтому остаточная концентрация его в воде не будет превышать 0,5 мг/л.

Внедрение эффективной и надежной технологии обработки промывных вод позволит резко уменьшить расходы воды

УДК 628.3

**Житенев Б.Н., Белая А.В.**

## ПЕРСПЕКТИВЫ УДАЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ТОРФА И ТРЕПЕЛА

Проблема эффективной и дешевой очистки поверхностного стока промышленных сточных вод от нефтепродуктов, ионов тяжелых металлов имеет большое экологическое и хозяйственное значение.

Одним из наиболее универсальных и эффективных, позволяющих достичь практически полного извлечения загрязнений, является сорбционный метод очистки. К преимуществам сорбционного метода относятся: возможность удаления загрязнений чрезвычайно широкой природы практически до любой концентрации независимо от их химической устойчивости, отсутствие вторичных загрязнений и управляемость процессом.

Для сорбционной очистки воды используют множество материалов естественного и искусственного происхождения, однако чаще других применяют высокопористые углеродные материалы – активные угли. Их получают из древесины, других растительных материалов (солоты, скорлупы орехов, морских водорослей, фруктовых косточек), тканей и крови животных, торфа, ископаемых углей, полимерных смол и пр. Исходные материалы с относительно низким содержанием углерода (например, древесину, скорлупу) вначале подвергают пиролизу, а затем обугленные вещества активируют. Активацию, приводящую к повышению удельной поверхности, осуществляют различными методами. Активирующими агентами могут быть кислород, водяной пар, углекислый и сернистый газы, а также неорганические соединения, такие как хлориды цинка и кальция, сульфат, сульфид или карбонат калия, различные фосфаты [1]. В частности, угли растительного происхождения обрабатывают водяным паром при  $750^0 - 900^0$  С. В этих условиях происходит частичное окисление углерода, удаляются смолы и другие летучие продукты пиро-

лиза, открываются поры, что увеличивает удельную поверхность в несколько раз [2]. Активация – наиболее сложная и ответственная стадия в процессе получения активированных углей; как правило, ей сопутствует большой расход реагентов, топлива, электроэнергии; кроме того, приходится иметь дело с дорогостоящим оборудованием. Поэтому стоимость высокоактивных промышленных активных углей достаточно высока как в нашей стране, так и за рубежом.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Р.А. Станкевич. Обезжелезивание подземных вод в водоносном пласте: предпосылки и методы // Вода, №10, 2001. – с. 22-23.
2. Гуринович А.Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников: проблемы и решения / А.Д. Гуринович – Мн.: "ТЕХНОПРИНТ", - 2001. – 305 с. – ISBN 985-464-021-3
3. Б.Н.Житенев, Л.Е.Шейна. Интенсификация очистки промывных вод станций обезжелезивания реагентным осаждением // Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология. – 2003. №2(20). – с. 65-69.
4. Саутин С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. Л., "Химия", 1975.
5. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. – М.: "Наука", - 1977. - стр. 356.
6. Алексеев В.Н. Курс качественного химического полумикроанализа. Изд. 5-е, перераб. и доп. под ред. д-ра хим. наук П.К.Агасяна. М., "Химия", 1973.

лиз, обнаруживаются поры, что увеличивает удельную поверхность в несколько раз [2]. Активация – наиболее сложная и ответственная стадия в процессе получения активированных углей; как правило, ей сопутствует большой расход реагентов, топлива, электроэнергии; кроме того, приходится иметь дело с дорогостоящим оборудованием. Поэтому стоимость высокоактивных промышленных активных углей достаточно высока как в нашей стране, так и за рубежом.

Вторую большую группу составляют силикатные сорбенты. В их число входит силикагель, получаемый высушиванием геля кремневой кислоты. Его скелет состоит из связанных друг с другом очень мелких шарообразных частиц  $SiO_2$  [3]. При определенных условиях синтезируют также алюмосиликаты особой каркасной структуры, в решетках кристаллов которых имеются полости. Такие алюмосиликаты называются цеолитами. Поры в цеолитах имеют размеры небольших молекул (около 1 нм). По этой причине цеолиты сорбируют лишь молекулы веществ, критический размер которых меньше эффективного размера входного окна. Известно более 30 видов природных цеолитов, но лишь часть из них образует крупные месторождения, удобные для промышленной разработки.

В последнее время значительное внимание уделяется изучению принципиально новых углеродных сорбентов с улучшенными технологическими характеристиками – углеродных волокнистых материалов. Обусловлено это высокой сорбционной способностью углеродных волокнистых материалов и повышенной (по сравнению с активными углями) удельной поверхностью – до  $2000 \text{ м}^2 / \text{г}$ . Сырьем для получения углеродных волокнистых материалов являются полимеры (гидратцеллюлозные и полиакрилонитриловые волокна).

**Житенев Борис Николаевич**, доцент, к.т.н., зав. каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

**Белая Алла Викторовна**, аспирантка каф. водоснабжение, водоотведение и теплоснабжение Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика

**Таблица 1.** Результаты очистки сточных вод некоторых предприятий с использованием гранулированных образцов торфа.

Томский инструментальный завод			АО РОЛТОМ				
Элемент	Массовая доля в сточной воде, %		Степень извлечения, %	Элемент	Массовая доля в сточной воде, %		Степень извлечения, %
	До очистки	После очистки			До очистки	После очистки	
Pb	$4,8 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-6}$	98	Mg	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	95
Ni	$4,7 \cdot 10^{-4}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$	96	Al	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$9,1 \cdot 10^{-5}$	98
Fe	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	97	Cu	$3,3 \cdot 10^{-3}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	86
Mn	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	98	Fe	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$	65
V	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$	72	Cr	$5,0 \cdot 10^{-5}$	–	100
Mo	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$6,4 \cdot 10^{-6}$	98	Ti	$3,0 \cdot 10^{-6}$	–	100
Cr	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$	98	НП	2,4	0,06	98

**Таблица 2.** Результаты очистки модельного раствора нефтепродуктов при различных дозах сорбента (время контакта 5 мин).

Навеска торфа, г	Объем модельного раствора НП, мл	Содержание НП до очистки, мг/дм <sup>3</sup>	Содержание НП после очистки, мг/дм <sup>3</sup>	Эффективность очистки, %
0,3	100	7,6	1,84	76
0,5	100	7,6	1,03	86
0,7	100	7,6	0,67	91
1,0	100	7,6	0,65	93

Углеродные волокнистые материалы получают термообработкой искусственных и синтетических волокон в потоке инертных газов при 600<sup>0</sup>–1050<sup>0</sup>С с обгаром 12 – 53 % [4]. Применение данных сорбентов позволяет извлекать тяжелые металлы и нефтепродукты достаточно эффективно, однако способы их получения многостадийны, реагенты для их синтеза достаточно дорогостоящие.

Сорбенты – и в первую очередь активные угли – недешевые материалы, поэтому использование их для очистки производственных сточных вод без регенерации в большинстве случаев нерационально по экономическим соображениям. Отсюда следует, что сорбционная очистка воды должна включать и узел регенерации сорбента. Однако методы регенерации сорбентов либо довольно сложны, либо недостаточно эффективны, чем и обусловлена высокая стоимость такой очистки воды. Все это вынуждает прибегать к поиску более дешевых, эффективных сорбентов.

Наиболее перспективным для решения данной проблемы является торф. Его применение связано с созданием малоотходных и безотходных производств, работающих по замкнутому циклу, что является экологически и экономически выгодным. Кроме того, это сырье доступно. В пределах республики около 7 тысяч месторождений торфа общей площадью более 2,5 миллионов гектаров; до начала разработки запасы составляли более 5,7 миллиарда тонн, оставшиеся запасы оцениваются в 2,3 миллиарда тонн. Торф – неоднороднопористый сорбент с довольно значительным объемом микропор. Химический состав торфа (в %): углерод 50 – 60, кислород 30 – 40, водород 5 – 6,5, азот 1 – 3, сера 0,1 – 1,5. Сорбционные свойства торфа связаны со способностью функциональных групп, в основном карбоксильных и аминогрупп, к взаимодействию с ионами загрязнений, находящихся в растворе [5].

Анализ литературных данных отечественных и зарубежных ученых, работающих в этом направлении, показал эффективность использования торфа для выделения и утилизации ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов из производственных сточных вод [6 – 8].

Проведенные исследования выявили достаточно высокую сорбционную емкость гранулированного торфа Барабинского месторождения Томской области, что позволило использовать его для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов. В таблице 1 приведены результаты очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов [8].

Контроль за содержанием ионов  $Me^{n+}$  осуществлялся методом атомно-эмиссионного спектрального анализа, концентрацию нефтепродуктов определяли люминесцентным методом.

Обобщая зарубежный опыт применения неразложившегося сфагнового торфа для очистки сточных вод, следует подчеркнуть его универсальность. Он может быть использован и как ионообменник, и как сорбент с большой площадью удельной поверхности, и как фильтр для задержания твердых примесей. Высокая поглощающая способность торфа в отношении нефти и нефтепродуктов из нестойких водно-масляных эмульсий, многообразие химических ингредиентов, удаляемых с его помощью, а также сохранение ионообменных свойств при фильтровании стоков, содержащих значительные количества взвешенных веществ, делают его перспективным для использования в качестве фильтрующей загрузки при очистке малоконцентрированных в ионном отношении сточных вод с многообразным и изменчивым компонентным составом, каковым, по существу, является поверхностный сток с городских, и в частности с промышленных территорий [9].

Проведенные на кафедре водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения БрГТУ исследования выявили высокую сорбционную способность сорбента на основе торфа для очистки сточных вод от нефтепродуктов.

В работе использовали гранулированный торф с размерами частиц 0,1-0,3 см, образцы торфа со связующим гранулировали в лабораторных условиях. Обменную емкость гранулированных образцов торфа по отношению к нефтепродуктам определяли методом насыщения в статических условиях при постоянном встряхивании. Контроль осуществляли флуориметрическим методом, который основан на экстракции нефтепродуктов, содержащихся в растворе, гексаном и измерении интенсивности флуоресценции экстракта на приборе “Флюорат-02”. Содержание НП в модельных системах составляло 7,6 мг/дм<sup>3</sup>. Навеска сорбента варьировала от 0,3г до 1,0г.

Оптимальное время пребывания навески сорбента в растворе определили экспериментально по аналогичной методике, изменяя время контакта от 1 мин до 10 мин. В ходе эксперимента установили, что наиболее эффективное извлечение нефтепродуктов наблюдается при продолжительности контакта 3 – 5 мин. Таким образом, время пребывания исследуемого сорбента в растворе при определении сорбционной способности составило 5 мин. Результаты представлены в таблице 2.

Основные сведения о сорбционных свойствах торфа и характере сорбции на нем нефтепродуктов могут быть получены из изотерм сорбции, характеризующих зависимость сорбционной способности от концентрации сорбируемого компонента при постоянной температуре. Изотерма сорбции, полученная на основе экспериментальных данных, представлена на рис. 1.

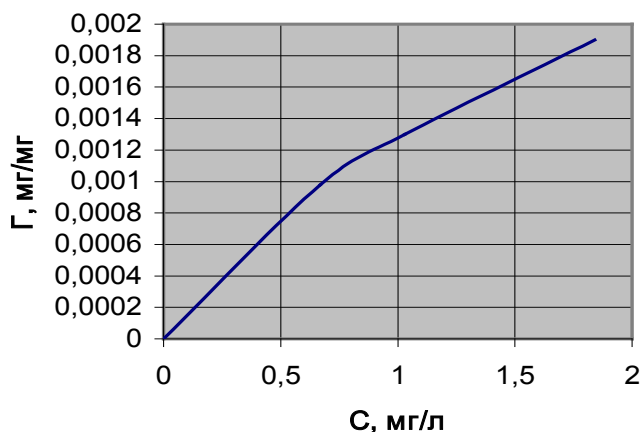


Рис. 1. Изотерма сорбции нефтепродуктов из водного раствора на гранулированном торфе.

По результатам исследований выявили достаточно высокую сорбционную емкость гранулированного торфа. Как видно из приведенных данных, торфяной сорбент эффективно очищает модельные сточные воды от нефтепродуктов. Степень очистки составляет 76 – 93 %. После достижения сорбционного равновесия, торф можно регенерировать, например, путем промывки горячей водой, или использовать в качестве топлива, что целесообразнее, так как торф после извлечения содержит значительное количество нефтепродуктов.

Кроме торфа территория Республики Беларусь богата значительными запасами трепела, который обладает высокими сорбционными свойствами. По химическому составу основными компонентами трепела являются оксиды кремния, кальция и алюминия. Плотность трепела 2000 – 3000 кг/м<sup>3</sup>, пористость 60,2 – 64%. Отличительной особенностью белорусских трепелов является высокое содержание в их составе карбонатов кальция [10]. Самым крупным карьером является месторождение Стальное Могилевской области, где трепел

УДК 628.094.3

**Житнев Б.Н., Лычук Т.П.**

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Белорусское Полесье имеет значительный запас водных ресурсов, которые сосредоточены в поверхностных источниках. По сравнению с подземными водами, поверхностные являются более мягкими и слабominерализованными, что выгодно отличает их при использовании для технических целей, в которых накладывается ограничения на жесткость и соленосодержание. Водоёмы Полесья имеют преимущественно болотное питание, и цветность воды в них колеблется от 30 до 180 градусов [1]. Это затрудняет использование таких вод в качестве источников для нужд производственного, а тем более хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Основными источниками окрашенных соединений, обу-

злегают на глубине от 1 до 15 метров, что дает возможность разрабатывать месторождение открытым способом, а это значительно удешевляет стоимость сорбента.

**Выводы:** 1. Гранулированный торф является дешевым и эффективным сорбентом при очистке сточных вод от нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов.

2. Сведения о сорбционной емкости торфа залегающего на территории Республики Беларусь по отношению к нефтепродуктам, ионам тяжелых металлов в литературе молчаливы.

3. На территории Республики Беларусь имеются значительные запасы природного сорбента – трепела, данные по сорбции им нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов отсутствуют.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. – Л.: Химия, 1982. – 168с.
2. Кинле Х. Активные угли и их применение. – Л.: Химия, 1984. – 216с.
3. Захарченко В.Н. Коллоидная химия. – М.: Высшая школа, 1989. – 286с.
4. Ермоленко И.Н., Люблинер И.П., Гулько Н.В. Элементы-содержащие угольные волокнистые материалы. – Мн.: Наука и техника, 1982. – 254с.
5. Довнар В.А., Томсон А.Э., Зюзин Б.В. Применение торфяных сорбентов для очистки сточных вод ливневой канализации // Вода. – 2001. -№ 5. - с. 22-23.
6. Белькевич П.И., Чистова Л.Р. Торф и проблема защиты окружающей среды. – Мн.: Наука и техника, 1979. – 157с.
7. Наумова Л.Б., Горленко Н.П., Отмахова З.И. Торф как природный сорбент для выделения и утилизации металлов из сточных вод // Журнал прикладной химии. – 1995. – т.68. – вып. 9 – с.1461-1465.
8. Наумова Л.Б., Горленко Н.П., Отмахова З.И., Мокроусов Г.М. Использование торфов Томской области при очистке сточных вод от тяжелых металлов и нефтепродуктов // Химия в интересах устойчивого развития. – 1997. – №5. – с.609-603.
9. Климова В.Ф. Перспективы использования торфа для очистки поверхностного стока с городских территорий. – Мн.: БелНИИТИ, 1978. – 31с
10. Гуринович А.Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников. – Мн.: Технопринт, 2001. – 305с.

славливающих цветность природных вод, являются гумусовые вещества, вымываемые из почв и торфов. Согласно современным представлениям гумусовые вещества можно отнести к полиэлектролитам со слабо выраженными кислотными свойствами. Исследование функциональных групп гумусовых веществ показало, что в их составе имеются карбоксильные группы (COOH) и фенольные гидроксилы (OH), которые и обуславливают кислотные свойства этих соединений [2]. Благодаря наличию большого количества связанных анионов (COO<sup>-</sup>) частицы гумусовых веществ несут суммарный отрицательный заряд.

Среди известных в настоящее время гумусовых веществ

*Лычук Татьяна Петровна, аспирантка каф. водоснабжение, водоотведение и теплоснабжение Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*

*Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика*