

$$\theta = -5 \cdot 10^{-9} \cdot Q \cdot Fo^2 + 2 \cdot 10^{-8} Fo \cdot Q + 0,0003 \cdot Q + 5,1(0,0004 \cdot k_p + 0,947) \quad (5)$$

где Fo - критерий Фурье, θ - безразмерная температура, Q - безразмерный активный тепловой поток, k_p - коэффициент регенерации.

В рамках исследовательской работы, получено критериальное уравнения, позволяющие учи-

тывать цикличность тепловых нагрузок и режимы эксплуатации систем теплоснабжения и кондиционирования с учётом их сезонного характера работы, а также возможность распространения полученных результатов исследований на широкий круг объектов проектирования различных климатических регионов.

Список литературы

1. Васильев В. Г. Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения и эффективность их применения в климатических условиях России // АВОК. Теплоснабжение. 2007. № 5. http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3685. (дата обращения 17.02.2016 г.)
2. Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев земли: дис. ... д-ра тех. наук: 05.23.03. М., 2006. С. 423.
3. Амерханов Р. А. Тепловые насосы. М: Энергоиздат, 2005. 160 с.
4. Амерханов Р. А. Теплоэнергетические установки и системы сельского хозяйства; под ред. Б.Д. Драганова. М.: Колос-Пресс, 2002. 426 с.
5. Серьогин А. А. Охлаждение оборотной воды сахарного завода с использованием грунтовых контуров тепловых насосов // Вестник АМУ. Серия. Техніка. 2014. № 2. С.122–132.
6. Денисова А. Е. Моделирование тепловых процессов в грунтовой тепловой трубе теплонасосной системы тепло- и хладоснабжения // Труды Одесского политехнического университета. 2006. №1(25). С. 65–69.
7. Мацевитый Ю. М. Восстановление теплового потенциала грунта за счет выбора рациональных режимов работы теплонасосной системы // Тезисы докладов и сообщения XIV Минского международного форума по тепло- и массообмену. 2012. Т. 1. С. 736–739.
8. Федянин В. Я. Использование грунтовых теплообменников в системах теплоснабжения // Ползуновский вестник. 2006. №4. С.98–103.
9. Шишкин Н. Д. Оценка эффективности применения теплонасосных установок в системах теплоснабжения Астраханской области // Известия АЖКХ. 2000. № 4. С. 7.
10. Васьков Е. Т. Термодинамические основы тепловых насосов. СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. 2007. 127 с.
11. Сапрыкина Н. Ю. Исследование естественного изменения температурного поля при многолетней эксплуатации теплового насоса // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 4 (57). С. 117-125.
12. Сапрыкина Н. Ю. Моделирование температурного поля эксплуатируемого грунтового массива в условиях длительной эксплуатации геотермального теплонасосного оборудования // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал. 2015. № 4 (14). С. 60-66.
13. Сапрыкина Н. Ю. Исследование влияния режимов работы геотермальной скважины с системами теплоснабжения и кондиционирования в комплексе с тепловым насосом на температуру грунтового пласта // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 4(52). С. 105-116.
14. Сапрыкина Н. Ю. Исследование изменения температурного поля грунтового массива при воздействии циклическим знакопеременным тепловым потоком (регенерация температурного поля) // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 4 (52). С. 117-128.
15. Сапрыкина Н. Ю. Исследование факторов, влияющих на работу грунтовых тепловых насосов при длительных сроках эксплуатации // Известия КГАСУ. 2018. № 2 (44). С. 177–183.

© Яковлев П. В., Сапрыкина Н. Ю.

Ссылка для цитирования:

П. В. Яковлев, Н. Ю. Сапрыкина Повышение эффективности работы систем теплоснабжения и кондиционирования, работающих в комплексе с тепловым насосом // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 1 (27). С. 27–33.

УДК 658.567.1

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕОЛИТА ДЛЯ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ

А. В. Москвичева*, **Е. В. Москвичева***, **А. В. Щербаков***,
Л. В. Олефиренко*, **О. П. Радченко***, **Л. В. Боронина****

Волгоградский государственный технический университет

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет

Представлены результаты исследований доказывающие высокий эффект применения сорбционного метода для доочистки сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованием опоки в качестве сорбента, так как это позволит получить допустимые концентрации указанных ионов в очищенной воде, установленные нормативами допустимого сброса ионов тяжелых металлов со стоками в городскую канализационную сеть или поверхностный водоем, относящийся к рыбохозяйственной категории.

Ключевые слова: доочистка сточных вод, сорбция, минеральные сорбенты, доочистка стоков от ионов тяжелых металлов.

SOME ASPECTS OF THE USE OF THE ZEOLITE FOR PURIFICATION OF WASTEWATER FROM METAL IONS

A. V. Moskvicheva *, E. V. Moskvicheva*, A. V. Scherbakov*, L. V. Olefirenko*, O. P. Radchenko*, L. V. Boronina**

Volgograd state technical University

Astrakhan state University of Architecture and Civil Engineering

The results of studies proving the high effect of using the sorption method for the purification of waste water from heavy metal ions using flask as a sorbent are presented, since this will allow us to obtain the permissible concentrations of these ions in purified water, established by the standards for allowable discharge of heavy metal ions with sewage into the city sewer network or surface water belonging to the fishery category.

Key words: tertiary treatment of wastewater, sorption, mineral sorbents, tertiary treatment of wastewater from heavy metal ions.

Одной из самых острых и неотложных проблем устойчивого развития в наступившем столетии может стать обеспечение населения качественной питьевой водой. В настоящее время вследствие антропогенного воздействия около 70 % рек и озер, а также примерно 30% месторождений подземных вод России не могут быть использованы как источники питьевого водоснабжения.

По данным Московского НИИ гигиены им. Эрисмана, наиболее часто выше регламентированных величин в питьевой воде обнаруживается железо (80 % проб), марганец (29 %), остаточный алюминий (15 %), в 11–14 % проб регистрируется повышение регламента мышьяка, никеля, цинка и свинца. Поступление металлов в водоемы происходит как из природных, так и из техногенных источников.

Немаловажным является и то, что ежегодные потери десятков тысяч тонн тяжелых металлов, сбрасываемых со сточными водами промышленных предприятий, наносят ущерб экономике России [1], одновременно отравляя около 500 км² природных вод при общем стоке рек страны 4500 км² в год.

Установление более жестких требований к очищаемой воде, сбрасываемой в открытые водоемы ведет к постоянному совершенствованию технологии очистки как природных, так и сточных вод. В таблице 1 представлены результаты анализа городских сточных вод, прошедших очистку на канализационных очистных сооружениях, а также концентрации веществ, допустимые к сбросу в поверхностный водоем, на примере одного из населенных пунктов Волгоградской области.

Из данных, представленных в таблице 1 видим, что превышение концентрации, допустимой к сбросу в водный объект, характерно для таких загрязнений как взвешенные вещества, БПК_{полн}, а также по ионам тяжелых металлов – медь, цинк, никель и алюминий. Из этого следует, что на рассматриваемых канализационных очистных сооружениях необходимо предусмотреть сооружения доочистки сточных вод, позволяющие не только снижать концентрации взвешенных веществ и растворенных органических соединений, характеризующихся величиной БПК_{полн}, но и количество ионов тяжелых металлов, так как они представляют наибольшую опасность.

Таблица 1

Значения концентраций загрязнений городских сточных вод, прошедших очистку на канализационных очистных сооружениях, а также концентрации веществ, допустимые к сбросу в поверхностный водоем (р. Волга)

Наименование показателей	С _{ндс} , мг/л	Концентрации в очищенной воде, мг/л		
		I квартал 2018г.	II квартал 2018г.	III квартал 2018г.
Взвешенные вещества, мг/л	4,55	21,5	22,0	21,2
БПК _{полн} , мг/л	2,86	15	16,4	15,8
Медь, мг/л	0,001	0,004	0,0041	0,0031
Цинк, мг/л	0,01	0,011	0,014	0,012
Никель, мг/л	0,0051	0,005	0,005	0,005
Алюминий, мг/л	0,029	0,03	0,02	0,03
Железо общее, мг/л	0,25	0,233	0,235	0,173
Хром общий, мг/л	0,026	0,01	0,011	0,014

Сравнительный анализ существующих технологий очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов показал, что сорбционный метод является одним из перспективных путей решения проблемы загрязнения гидросферы ионами тяжелых металлов.

При всем разнообразии существующих сорбентов и методов их модифицирования остается актуальным поиск новых сорбционных материалов, а также способов увеличения сорбционной их емкости и улучшения кинетических показателей.

Обзор литературных источников [2–7] показывает, что сорбционная емкость цеолитов значительно превышает аналогичный показатель всех известных природных ионитов и большинства синтезированных, что делает их привлекательными в качестве эффективного природного сорбента для очистки природных и техногенных вод широкого спектра. Это также подтверждается результатами исследования сорбционных свойств опок, проведенными в Астраханском Государственном Университете под руководством д.х.н., профессора Н. М. Алыкова.

Опока проявляет высокие сорбционные свойства по отношению к ионам металлов в статических и динамических условиях как для моно-, так и для поликомпонентных водных растворов. Это указывает на возможность ее использования и для доочистки сточных вод, и для очистки концентрированных растворов с последующим возвратом ценных компонентов в производственный цикл. Высокая сорбционная емкость опоки по отношению к тяжелым металлам стимулирует необходимость детального и всестороннего изучения этого материала.

Все вышеперечисленное свидетельствует об актуальности проведения работ по исследованию сорбционных свойств опок – для извлечения из сточных вод ионов тяжелых металлов. С этой целью были определены адсорбционные свойства исследуемого минерального материала: сорбционная емкость и кинетические характеристики.

В качестве объекта исследования выбрана опока Каменоярского месторождения, расположенного вблизи села Камерный яр Черноярского района Астраханской области.

Для получения представлений о процессах сорбции опокой ионов тяжелых металлов (Cu^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Ni^{2+}) из водных сред были проведены эксперименты в статических условиях методом переменных концентраций.

Работа адсорбционных аппаратов, в которых сточные воды перемещаются с адсорбентом, так же, как и работа адсорбционных колонн, в значительной степени определяется закономерностью протекания процесса во времени в отдельной грануле адсорбента, т. е. кинетикой адсорбции. Общая скорость процесса определяется либо скоростью переноса молекул из раствора к внешней поверхности зерна адсорбента (т. е. скоростью внешнедиффузионного массообмена), либо скоростью переноса молекул внутри зерна по его порам (т. е. скоростью внутридиффузионного массопереноса)[5].

При использовании опоки в качестве сорбента необходимо время для диффузии ионов металла из внешней среды к поверхности частицы адсорбента, а также диффузии молекул от внешней поверхности этой частицы к её центру по каналам пор различного сечения. В каждом случае минимальное время для достижения максимальной величины адсорбции различно.

Наиболее простым и удобным является статический метод определения кинетических свойств сорбента. Для определения скорости поглощения ионов этим методом семь навесок опоки помещали в колбы с модельным раствором. Статическую сорбционную емкость опоки, измельченной до крупности 0,1–1 мм, по отношению к ионам металлов (Cu^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Ni^{2+}) определяли при следующих условиях проведения экспериментов: модельные растворы готовили растворением навески сульфатов меди, алюминия, цинка и никеля в дистиллированной воде, концентрации модельных растворов от 100 мг/л, перемешивание осуществляли на магнитных мешалках при градиенте скорости $G=2000 \text{ с}^{-1}$, масса навески сорбента - 50 мг, температура воды – 20 °С, рН воды – 7,0, объем модельного раствора – 100 мл, время перемешивания варьировалось от 5 до 60 мин. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

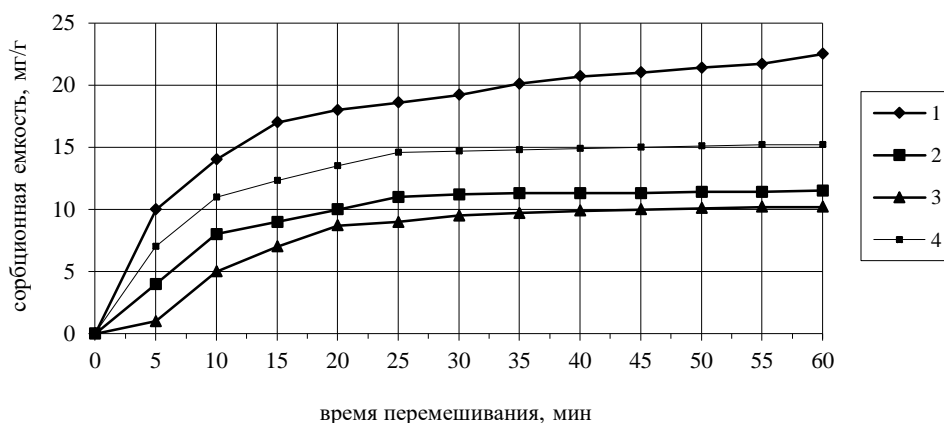


Рис. 1. Кинетические кривые сорбции ионов тяжелых металлов опокой:

 1 – Cu^{2+} ; 2 – Zn^{2+} ; 3 – Al^{3+} ; 4 – Ni^{2+} .

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что в среднем сорбционное равновесие устанавливается через 25–40 мин (при градиенте скорости перемешивания раствора $G=2000 \text{ с}^{-1}$).

Статическую сорбционную емкость опоки при извлечении ионов Cu^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} определяли при концентрациях модельных растворов

от 10 до 100 мг/л при условиях, описанных выше. При этом, время перемешивания составляло 30 мин. Результаты измерения величины сорбционной емкости опоки в зависимости от исходной концентрации сульфатов металлов в растворе представлено в таблице 2.

Таблица 2

Сорбционная емкость опоки по ионам меди, алюминия, цинка и никеля

$C_{\text{н}}, \text{мг/л}$	Cu^{2+}		Al^{3+}		Zn^{2+}		Ni^{2+}	
	$C_{\text{равн}}, \text{мг/л}$	$A, \text{мг/г}$	$C_{\text{равн}}, \text{мг/л}$	$A, \text{мг/г}$	$C_{\text{равн}}, \text{мг/л}$	$A, \text{мг/г}$	$C_{\text{равн}}, \text{мг/л}$	$A, \text{мг/г}$
10	3,30	22,50	4,20	11,60	3,90	12,20	3,50	13,00
25	12,10	33,80	18,10	21,80	13,00	19,40	13,80	31,10
50	27,90	44,20	35,40	30,20	31,20	37,60	28,60	42,80
75	48,60	52,80	57,60	41,80	56,90	36,20	51,30	51,10
100	69,10	61,80	74,70	51,60	72,80	54,40	71,20	57,60

В целом, по исследованным ионам тяжелых металлов для опоки характерна высокая сорбционная емкость по отношению к меди, цинку и никелю, и несколько меньшая к алюминию.

Таким образом, проведенные исследования показали, что:

1. опока проявляет высокую сорбционную емкость по отношению к ионам меди, алюминия, цинка и никеля в водной среде, что подтверждено экспериментально;

2. сорбционная емкость опоки по отношению к рассматриваемым металлам не одинакова и уменьшается в ряду: $\text{Cu}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Al}^{3+}$;

3. применение сорбционного метода с использованием опоки в качестве сорбента позволит получить допустимые в соответствии с нормативами допустимого сброса концентрации ионов тяжелых металлов в очищенной воде.

Список литературы

- Губанов Л. Н. Очистка сточных вод гальванических производств : учеб. пособие. Нижний Новгород, 1996. 111 с.
- Найденко В. В. Губанов Л. Н. Очистка и утилизация промстоков гальванических производств. Нижний Новгород: ДЕКОМ, 1999. 364 с.
- Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство / под ред. В. Н. Кудрявцева. М. : Глобус, 1998. 302 с.
- Нещадин С. В. Эколого-химические аспекты гальванокоагуляционного метода очистки производственных сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов : автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 2004. 25 с.
- Сартбаев М. К. Воде – вторую жизнь (Очистка сточных вод природными сорбентами). Фрунзе : Кыргызстан, 1979. С. 20–72.

6. Рязанцев А. А., Цыцыктуева Л. А. Доочистка сточных вод на фильтрах с цеолитовой загрузкой // Водоснабжение и санитарная техника. 1994. № 2. С. 28–29.

7. Когановский А. М., Левченко Т. М. и др. Адсорбционная технология очистки сточных вод. Киев : Техника, 1981. 175 с.

© А. В. Москвичева, Е. В. Москвичева, А. В. Щербаков,
Л. В. Олефиренко, О. П. Радченко, Л. В. Боронина

Ссылка для цитирования:

А. В. Москвичева, Е. В. Москвичева, А. В. Щербаков, Л. В. Олефиренко, О. П. Радченко, Л. В. Боронина. Некоторые аспекты применения цеолита для доочистки сточных вод от ионов металлов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 1 (27). С. 33–37.

УДК 666.97

**КОМПОЗИЦИОННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ
ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ**

Н. А. Страхова*, Б. Б. Утегенов, А. М. Кокарев**, В. А. Позднякова**,
Л. П. Кортювенко**, Б. Н. Середин***, Н. А. Белова******

*Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова (г. Новороссийск)

** Астраханский государственный архитектурно-строительный университет (г. Астрахань)

***ПО МБУ «Архитектура» (г. Астрахань)

****НО ЧУ ВО Московский финансово-промышленный университет «Синергия» (г. Астрахань)

В последнее время повысился интерес к проблемам использования серы в качестве вяжущего полностью в бетонных конструкциях и частично заменяющего дорожный битум в асфальтобетонных смесях.

Ключевые слова: новые материалы, высокая прочность, сера в качестве вяжущего, сера в бетонных конструкциях, модифицированный серный бетон.

A COMPOSITE CONSTRUCTION HIGH TENSILE STRENGTH MATERIAL

N. A. Strakhova*, B. B. Utegenov, A. M. Kokarev**, V. A. Pozdnyakova**,
L. P. Kortovenko**, Bn. Means***, N. A. Belova******

*State Maritime University named after Admiral F. F. Ushakov (Novorossiysk)

** Astrakhan state University of architecture and civil engineering (Astrakhan)

***ON MBU "Architecture" (Astrakhan)

**** Moscow University for Industry and Finance "Synergy" (Astrakhan)

Recently interest in problems of use of sulfur as vyakzhushchy completely in concrete structures and partially replacing road bitumen in asphalt concrete the smeksyakh increased.

Keywords: new materials, high durability, it is gray as vyakzhushchy, is gray in concrete structures, the modified sulfuric concrete.

Применение серы как связующего агента известно, с доисторических времен, однако разработки модифицированного серного бетона получили развитие лишь в последнее время. Развитию этого направления использования серы послужили не только ее избыток и низкие цены, но и характерные отличительные особенности серных бетонов от бетонов на портландцементе. Стойкие к коррозии серные бетоны обладают рядом преимуществ во многих случаях промышленного применения [1]. Серные бетоны представляют собой относительно новые материалы, в состав которых входят инертные заполнители и модифицированное серное вяжущее. Производство, применение и испытание, а также обращение с серными бетонами существенно отличаются от соответствующих условий для бетонов на портландцементе.

Производство серного бетона осуществляется путем горячего смешения инертных материалов при 135°-150 °С с расплавом жидкой модифицированной серы. Отсутствие необходимо-

сти применения воды для приготовления серного бетона является его преимуществом для засушливых и безводных районов.

Серные бетоны обладают рядом положительных свойств по сравнению с другими видами бетонов. Одно из них - это более высокая прочность при быстром ее наборе. Но при этом, серные бетоны, полученные путем горячего смешения инертных материалов с не модифицированной жидкой серой, в условиях циклического воздействия знакопеременных температур быстро разрушаются. Дело в том, что после смешения в горячем состоянии инертных материалов с не модифицированной (элементарной) жидкой серой и укладки такого серного бетона, жидкая сера при охлаждении сначала кристаллизуется в моноклинную S b при температуре от 119°С и ниже, уменьшаясь при этом в объеме до 7%. В процессе дальнейшего охлаждения ниже 95,5 °С сера S b переходит в орторомбическую серу S a, которая представляет собой устойчивую форму серы при температурах окружающей