

УДК 628.16

Г.Б. АБУОВА

кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения
Астраханский инженерно-строительный институт

Л.В. БОРОНИНА

кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения
Астраханский инженерно-строительный институт

В.И. КИЧИГИН

доктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СОРБЕНТА ОБР-1 ДЛЯ ДООЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

*STUDY OF SORBENT OBR -1 CHARACTERISTIC FOR TERTIARY TREATMENT OF DRINKING WATER FROM
HEAVY METAL IONS AND ORGANIC SUBSTANCES*

Установлена высокая сорбционная емкость ОБР-1 по отношению к исследуемым веществам. Показано, что десорбция (элюирование) с ОБР-1 изученных органических и неорганических соединений практически не происходит в условиях получения очищенной воды (рН, температура, концентрации). Проведено теоретическое изучение адсорбции органических и неорганических соединений на отдельных структурных составляющих ОБР-1 с использованием современных квантово-химических методов, что позволяет представить обоснованные экспериментом и теорией модели адсорбционных комплексов.

Ключевые слова: *характерные загрязнения, десорбция, адсорбция, квантово-химические методы, модели комплексов.*

В настоящее время сложилась напряженная водохозяйственная обстановка, вызванная загрязнением водных источников. Характерными загрязняющими компонентами являются нефтепродукты, фенолы, аммонийный и нитритный азот, тяжелые металлы, хлорорганические пестициды [1]. Из-за высокого загрязнения водоемких объектов традиционные технологии стали недостаточно эффективными и не всегда обеспечивают надежную водоподготовку и подачу населению питьевой воды гарантированного качества.

Все это приводит к тому, что более 50 % населения России употребляет недоброкачественную питьевую воду, а в некоторых регионах - это значе-

High sorption capacity of OBR-1 in relation to the studied substances is determined. It is shown that the desorption (elution) of the studied organic and nonorganic compounds from OBR-1 doesn't practically occur in conditions of getting treated water (pH, temperature, concentration). The article describes the theoretical study of organic and nonorganic compounds at particular structural units of OBR-1 using the up-to-date quantum-chemical method that makes it possible to represent the experiment and theory-based models of adsorption units.

Keywords: *typical pollutions, desorption, adsorption, quantum-chemical method, models of units.*

ние доходит до 80 %. Особенно остро эта проблема возникает в сельских населенных пунктах Астраханской области [2].

Высокоэффективными методами улучшения качества питьевой воды являются: ультрафильтрация, нанофильтрация, гиперфильтрация, электродиализ, но все эти методы отличаются высокой стоимостью и трудны в эксплуатации [3]. На наш взгляд, наиболее приемлемым для Астраханской области способом доочистки воды от ионов тяжелых металлов и органических веществ является сорбционный метод.

На данный момент известен широкий спектр сорбционных материалов: активированный уголь, цеолиты, алюмогели, алюмосиликаты, органические

полимерные сорбенты и т. д. [4]. Все перечисленные сорбенты высокоэффективные, но дорогостоящие. Нами предлагается новый сорбент на местном сырье из отходов буровых работ (ОБР), которые представляют собой поликомпозиционные материалы. Содержание основных компонентов в отходах (в схватившихся, т.е. при трехдневном хранении), %: SiO_2 – 39,88; Al_2O_3 – 7,78; CaCO_3 – 15,01; H_2O – 27,45; соли – до 10.

Большое количество ОБР накопилось в Астраханской области в Икрянинском районе, куда их сваливают в специально приготовленные и оборудованные прорытые ёмкости в Беровских буграх. Транспортируют отходы с мест бурения нефтяных скважин на территории Каспийского моря.

Отходы состоят из буровых сточных вод, отработанного бурового раствора и бурового шлама, в ряде случаев перемешанных в шламовых амбарах.

Отходы бурения в Каспийском море - радиационно-безопасный продукт (имеется санитарно-эпидемиологическое заключение отдела надзора за радиационной безопасностью центра гигиены и эпидемиологии в Санкт-Петербурге, протокол № 1864/06 от 01.11.2006). Суммарная удельная эффективная активность составляет 78 ± 10 Бк/кг при норме 370 Бк/кг.

Адсорбенты, как природные, так и синтетические, характеризуются рядом свойств (гранулометрический состав, насыпная, истинная и кажущаяся плотности, пористость, распределение пор по размерам, средний диаметр пор, удельная поверхность, механическая прочность и др.), которые позволяют оценить их качество, возможность и эффективность использования в различных технологических адсорбционных процессах.

Нами был получен новый сорбент ОБР-1 [5]. Сорбционные характеристики были изучены в лабораторных условиях на базе ВПО ОГОУ «АИСИ».

По результатам опытов первой серии строили градуировочные графики в координатах «оптическая плотность (интенсивность флуоресценции) – концентрация». По градуировочным графикам, с использованием результатов опытов второй серии, определяли равновесные концентрации исследуемых веществ. Строили изотермы сорбции в координатах «сорбция (A) – равновесная концентрация» [2].

Сорбцию (Γ) рассчитывали по уравнению

$$\Gamma = \frac{(C_0 - x) \cdot M \cdot V}{1000 \cdot m}, \quad (1)$$

где C_0 – исходная концентрация сорбата в пробе объемом V (обычно 10 см^3), моль/дм³;

x – остаточная (равновесная) концентрация сорбата, моль/дм³;

M – молярная (или атомная) масса сорбата, г/моль;

m – масса сорбента, г.

Изотермы сорбции изучаемых веществ на сорбенте ОБР-1 можно отнести к S-типу, т.е. это изотермы по Ленгмюру.

На основе изотерм сорбции, путем графического решения уравнения Ленгмюра в прямой форме, определили предельную сорбцию Γ_∞ (ёмкость сорбента) и константы сорбции K для T_1 , T_2 и T_3 .

Различие в адсорбции при разных температурах позволило рассчитать термодинамические характеристики сорбции: изменение энтальпии (ΔH), изобарно-изотермического потенциала (ΔG) и энтропии (ΔS), необходимые для трактовки механизма сорбции.

$$\Delta H = \frac{RT_i T_k \ln \frac{K_i}{K_k}}{T_i - T_k}, \quad (2)$$

$$\Delta G_i = -RT_i \ln K_i, \quad (3)$$

$$\Delta S_i = \frac{\Delta H - \Delta G_i}{T_i}. \quad (4)$$

Основные характеристики сорбции ионов тяжелых токсичных металлов некоторых органических соединений сорбентом ОБР-1 из водных растворов приведены на рис. 1.

Как видно из рис. 1, сорбция изученных веществ возрастает с понижением температуры. В табл. 1 приведены термодинамические характеристики сорбции ионов тяжелых токсичных металлов (ТТМ) и органических веществ сорбентом ОБР-1 из водных растворов.

Как видно из табл. 1, отрицательные значения изменений изобарно-изотермического потенциала и энтальпии свидетельствуют о самопроизвольном и экзотермическом процессе. Для всех сорбционных процессов характерен достаточно крутой начальный участок изотерм кинетики сорбции. Процесс сорбции протекает быстро и практически заканчивается через несколько минут.

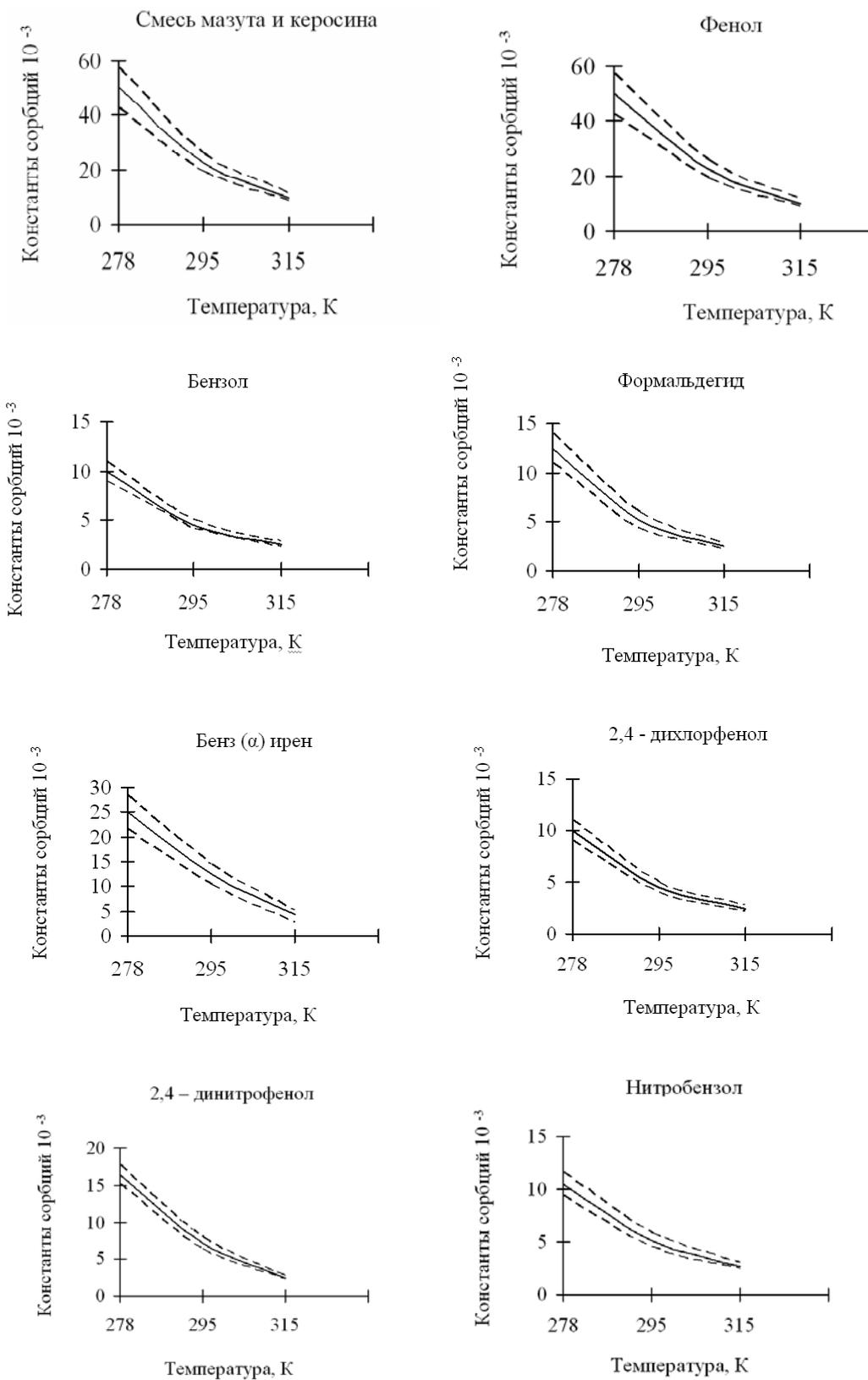


Рис. 1. Сорбция органических соединений сорбентом ОБР-1

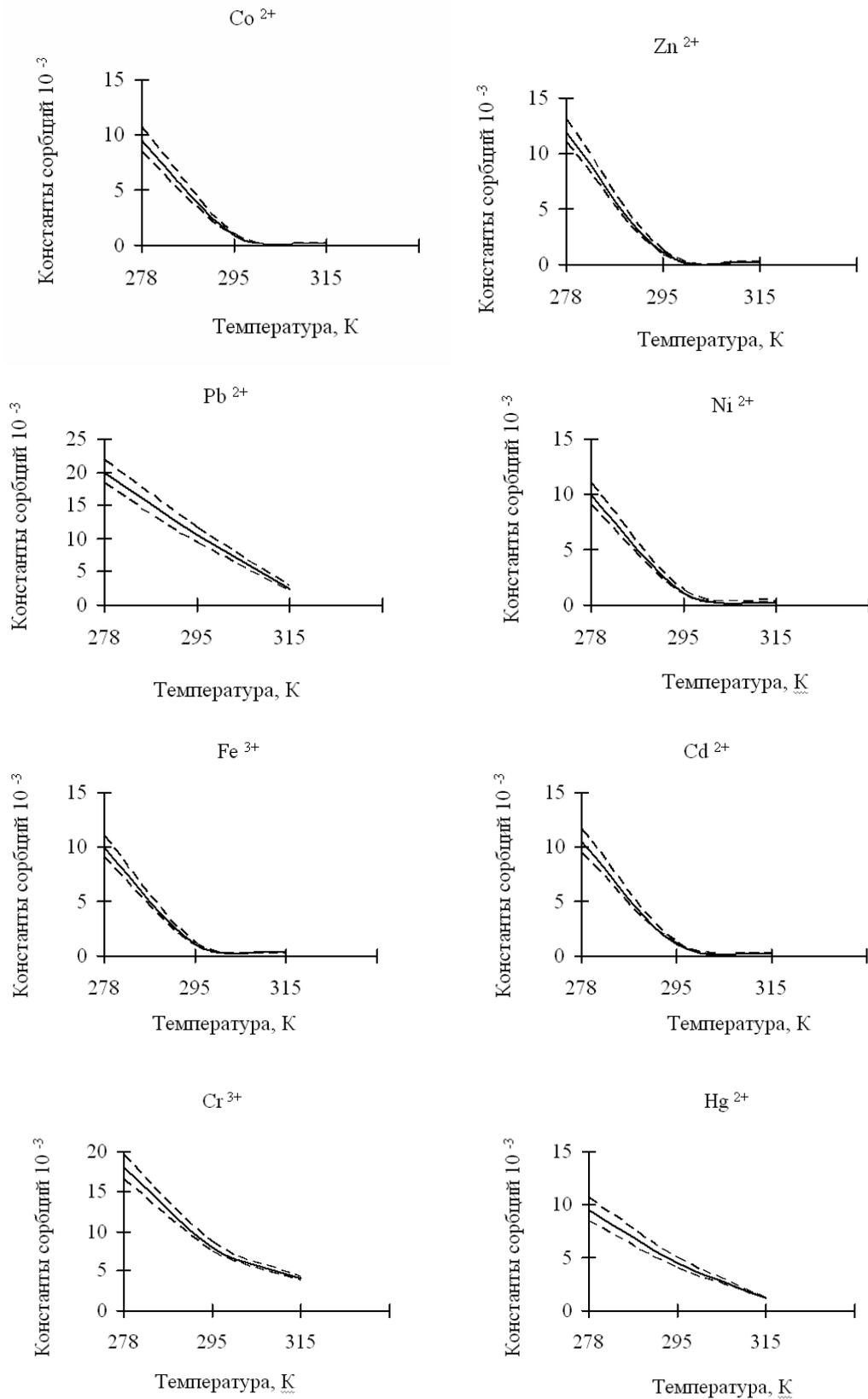


Рис. 2. Сорбция ионов тяжелых металлов сорбентом ОБР-1

Таблица 1

Основные термодинамические характеристики сорбции ионов ТТМ
и органических веществ сорбентом ОБР-1 из водных растворов

Ион ТТМ	Γ_{∞} , мг/г при 298К	$-\Delta H$, кДж/моль	$-\Delta G_{295}$, кДж/моль при 298 К	ΔS_{295} , Дж/моль·К при 298 К
Fe ³⁺	160	42,98±5,20	17,35±2,05	86,01±7,50
Co ²⁺	160	71,47±7,05	17,09±1,52	182,5±17,3
Ni ²⁺	150	71,00±2,00	17,29±1,50	177,0±10,0
Zn ²⁺	180	80,44±7,50	17,21±1,85	212,0±15,5
Cd ²⁺	320	77,82±6,50	17,44±1,50	202,6±15,1
Cr ³⁺	140	29,55±3,50	22,44±1,80	24,50±2,20
Смесь мазута и керосина (1:1)	1000	31,32 ± 2,80	24,97 ± 3,50	21,3±2,5
Фенол	10,0	68,25 ± 6,15	17,35 ± 1,75	17,08±19,5
Формальдегид	15,0	31,62± 3,10	26,87 ± 2,50	15,9 ± 1,5
Бензол	10,0	27, ± 2,50	26,51 ± 2,60	2,3±0,3

Число параллельных опытов равно 6, степень надежности 0,95, критерий Стьюдента 2,57.

Таким образом, установлена высокая сорбционная емкость ОБР-1 по отношению к исследуемым веществам. Показано, что десорбция (элюирование) с ОБР-1 изученных органических и неорганических соединений практически не происходит в условиях получения очищенной воды (рН, температура, концентрации). Проведено теоретическое изучение адсорбции органических и неорганических соединений на отдельных структурных составляющих ОБР-1 с использованием современных квантово-химических методов, что позволяет представить обоснованные экспериментом и теорией модели адсорбционных комплексов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абуова, Г.Б. Общая технико-экологическая оценка водопотребления в Астраханской области [Текст] / Л.В. Боронина, Е.А. Захаренко, Ю.Г. Избеков // Научно-технический журнал «Геология, география и глобальная энергия». - 2008. - С. 134-138.
2. Региональная программа «Обеспечение населения Астраханской области питьевой водой на 2000-2010 гг.» [Текст].
3. Журба, М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. - Т. 2. Очистка и кондиционирование природных вод [Текст]. - Вологда-Москва: ВОГТУ, 2001.-188 с.
4. Алыков, Н.М. Сорбционное удаление из воды ионов тяжелых металлов [Текст] / Г.Б. Абуова, А.В. Павлова, Кхань Зуй Нгуен, Н.В. Утюбаева // Безопасность жизнедеятельности. - №4. - 2010. - С. 17-20.
5. Алыков, Н.М. Сорбент ОБР-1 для очистки воды [Текст] / А.В. Павлова, Г.Б. Абуова и др. // Технические условия ТУ 5711-013-02079218-2009.