

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖКХ

УДК 628.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Е. В. Москвичева, Г. Б. Абуова, И. Ю. Болотина, А. М. Тюрин

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет

Рассмотрена эффективность сорбента модифицированной опоки для очистки природной воды. В процессе работы были определены динамические объемные емкости выбранного материала и оптимальные условия процессов сорбционного извлечения ионов железа (III) в динамических условиях. Применение опоки для сорбционного фильтрования может обеспечить удаление из водных сред токсичных веществ до нормативов воды, используемой в хозяйственно-питьевых целях.

Ключевые слова: сорбция, опока, фильтрат, адсорбер, динамические условия.

MODELING OF SORPTION PROCESSES FOR WATER PURIFICATION

Ye. V. Moskvicheva, G. B. Abuova, I. Yu. Bolotina, A. M. Tyurin

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering

The efficiency of the purification sorbent modified flasks for purification of natural water. In the process you have defined the dynamic volumetric capacity of the selected material and optimal conditions of the sorption processes of extraction of ions of iron (III) in dynamic conditions. The use of moulding boxes for sorption filter can ensure the removal from water of toxic substances to the standards of water used for drinking purpose.

Key words: sorption, flask, filtrate, canister, dynamic conditions.

Сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки воды. Большое значение в последние годы придается природным сорбентам, полученным на основе природных материалов. При использовании высокоактивных сорбентов воду можно очистить от загрязняющих веществ практически до нулевых остаточных концентраций. Эффективность адсорбционной очистки достигает 80–95 % и зависит от химической природы адсорбента, его структуры и величины адсорбционной поверхности [1].

Основным объектом исследований являлась опока – обычная и модифицированная путем обработки реагентами и прокаливанием. Для сравнения сорбционных показателей проведен ряд экспериментов на опоке Каменоярского месторождения Астраханской области.

Визуально это однородная довольно прочная порода, преимущественно белого и серого цвета. Для проведения эксперимента использовалась серая опока. Химический анализ опоки представлен в таблице 1.

В процессе работы были определены динамические объемные емкости выбранного материала [2] и определены оптимальные условия процессов сорбционного извлечения ионов железа (III) в динамических условиях.

Эксперименты по определению этих параметров и условий проведения процессов глубо-

кой очистки промывных вод станции обезжелезивания г. Урюпинска от ионов железа проводились в динамических условиях фильтрованием модельных растворов соли железа (III) через модели фильтров, загруженные опокой.

Таблица 1

Химический состав исследуемого минерала

Наименование компонента	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	H ₂ O	CaSO ₄	CaCO ₃
% содержания	75–80	18–22	0,5–1,0	0,2–0,5	0,3–0,5	0,12–0,8

Испытания минерала различных фракций проводились в лабораторном насыпном фильтре, схема которого показана на рис. 1. Испытуемый сорбент помещался в стеклянный адсорбер 3. Между напорным сосудом 1 и адсорбером 3 был установлен моностаг – открытый сверху цилиндр 2 из стекла для замера гидравлического сопротивления сорбента, контроля и установления расхода воды.

Загрузку адсорбера производили сверху. Разборку адсорбера и удаление слоя адсорбента выполняли в обратном порядке.

Испытания по удалению ионов железа в динамических условиях проводились в течение ~1,0 месяца. За этот период через фильтр с загрузкой сорбента опока пропущено ~120 л модельного раствора (железа).

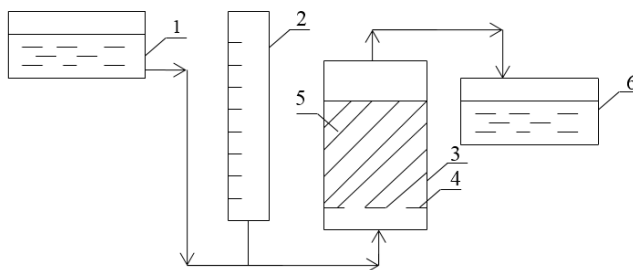


Рис. 1. Схема лабораторной установки:

1 – приемный резервуар; 2 – индикатор давления; 3 – адсорбер; 4 – поддерживающая сетка; 5 – слой сорбента – опоки; 6 – приемный резервуар для очищенной воды

Общая масса опоки в фильтре составляла 530 г.

Для проведения экспериментов по извлечению ионов металлов приготавливались растворы хлорида железа с концентрацией ионов металла ~15–18 мг/л, что соответствовало концентрации металла в реальной воде.

В процессе экспериментов приготовленный раствор соли железа подавался в реактор с постоянным расходом – 4,0–4,4 л/сут при этом скорость фильтрования составляла 0,50–0,58 м/ч, а время пребывания в адсорбере – в среднем 5,4 ч.

Периодически – первоначально 2–3 раза в сутки, а затем 1 раз в сутки (последующие опыты) – отбирались пробы фильтрата после адсорбера 3, в которых определялась остаточная концентрация иона железа (III) и эффектив-

ность его удаления. В исходном растворе концентрация железа (III) составляла в среднем 15–18 мг/л.

Цель экспериментов по изучению процесса сорбции ионов железа (III) в динамических условиях состояла в определении динамической объемной емкости опоки и условий процесса извлечения ионов железа (III) из модельных растворов [3].

В таблице 2 приведены результаты экспериментов по изучению сорбционной емкости гранулированного алюмосиликатного сорбента – опоки в динамических условиях по отношению к ионам железа (III), мг/л.

Экспериментальные данные таблицы 2 приведены в виде выходных кривых поглощения ионов металла на рис. 2–4.

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований сорбционных характеристик опоки в динамических условиях

№ п/п	Объем воды, л/с	Исходная концентрация железа (III), мг/л	Остаточная концентрация железа (III), мг/л			Эффект очистки, %			Сорбционная емкость, мг/г		
			№ опыта			№ опыта			№ опыта		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	4,5	150	0,31	0,32	0,31	99,8	99,8	99,8	0,50	0,50	0,50
2	9,0	150	0,32	0,30	0,31	99,8	99,8	99,8	0,56	0,56	0,56
3	13,5	150	0,3	0,31	0,31	99,8	99,8	99,8	0,64	0,64	0,64
4	18,0	150	0,30	0,30	0,32	99,8	99,8	99,8	0,69	0,69	0,69
5	22,5	150	0,31	0,31	0,30	99,8	99,8	99,8	0,75	0,75	0,75
6	27,0	180	0,51	0,52	0,50	99,4	99,4	99,4	0,79	0,79	0,79
7	31,5	180	0,50	0,50	0,53	99,4	99,4	99,4	0,88	0,88	0,88
8	35,0	160	0,32	0,33	0,30	99,6	99,6	99,6	1,02	1,02	1,02
9	39,5	160	0,33	0,32	0,35	99,6	99,6	99,6	1,09	1,09	1,08
10	44,0	180	0,52	0,53	0,55	99,4	99,4	99,4	1,10	1,10	1,11
11	48,5	180	0,51	0,51	0,53	99,4	99,4	99,4	1,15	1,15	1,15
12	53,0	150	0,31	0,30	0,30	99,8	99,8	99,8	1,25	1,25	1,25
13	58,5	150	0,30	0,30	0,32	99,8	99,8	99,8	1,29	1,29	1,28
14	63,0	150	0,32	0,31	0,31	99,8	99,8	99,8	1,36	1,36	1,36
15	67,5	170	0,43	0,43	0,40	99,7	99,7	99,7	1,40	1,40	1,41
16	72,0	170	0,43	0,41	0,41	99,7	99,7	99,7	1,49	1,49	1,49
17	77,5	170	0,43	0,43	0,41	99,7	99,7	99,7	1,54	1,54	1,55
18	82,0	160	0,40	0,39	0,37	99,7	99,7	99,7	1,54	1,54	1,54
19	86,5	160	0,40	0,40	0,43	99,6	99,6	99,6	1,78	1,78	1,79
20	91,0	160	0,40	0,41	0,41	99,6	99,6	99,6	1,85	1,85	1,85
21	95,5	160	0,41	0,42	0,42	99,6	99,6	99,6	2,10	2,10	2,10
22	100,0	150	0,32	0,33	0,32	99,8	99,8	99,8	2,20	2,20	2,20
23	104,5	150	0,32	0,31	0,30	99,8	99,8	99,8	2,30	2,30	2,30
24	109,0	170	0,45	0,45	0,41	99,7	99,7	99,7	2,30	2,30	2,30
25	113,5	170	0,45	0,42	0,40	99,7	99,7	99,7	2,30	2,30	2,30
26	118,0	170	0,44	0,45	0,42	99,7	99,7	99,7	2,35	2,35	2,35
27	122,0	180	0,50	0,48	0,51	99,8	99,8	99,8	2,40	2,41	2,40

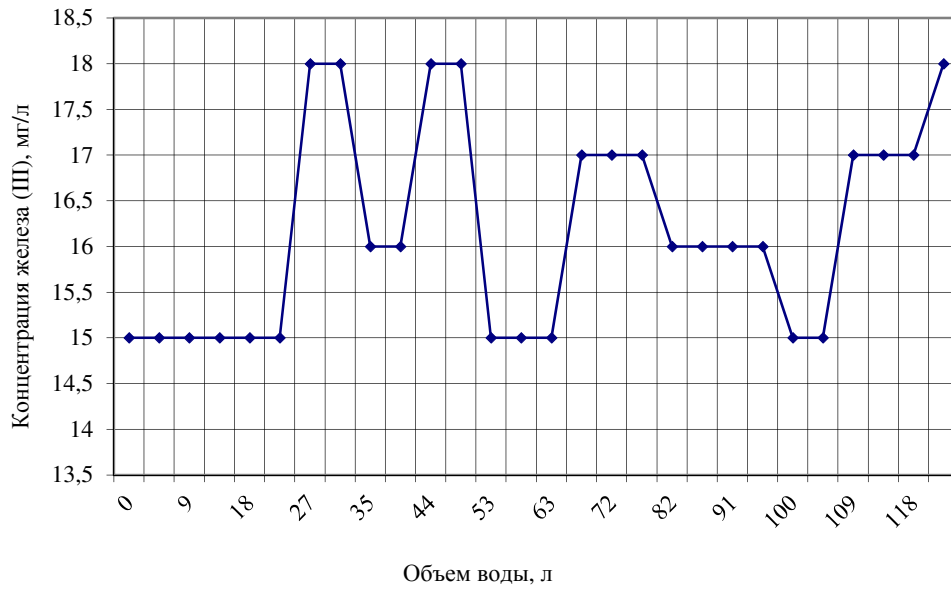


Рис. 2. График подачи модельного раствора (объем пропущенного модельного раствора) и исходная концентрация железа (III) в модельном растворе, мг/л

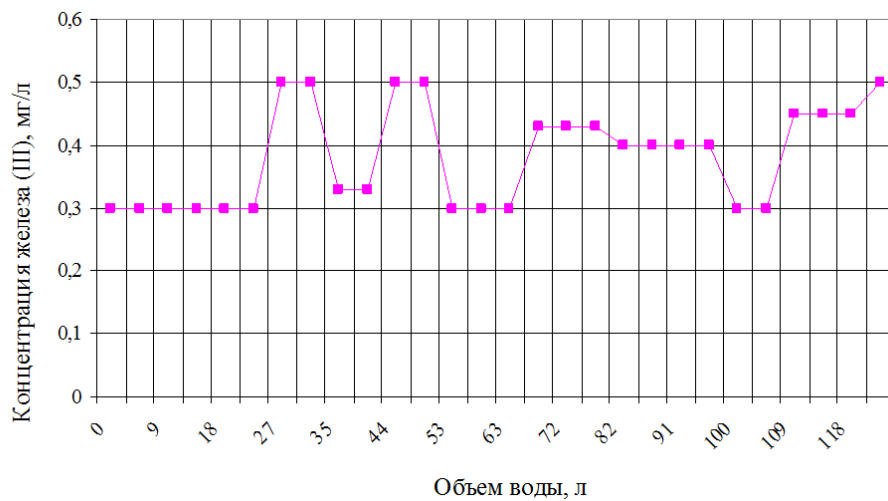


Рис. 3. Зависимость остаточной концентрации железа (III) от объема пропущенного модельного раствора

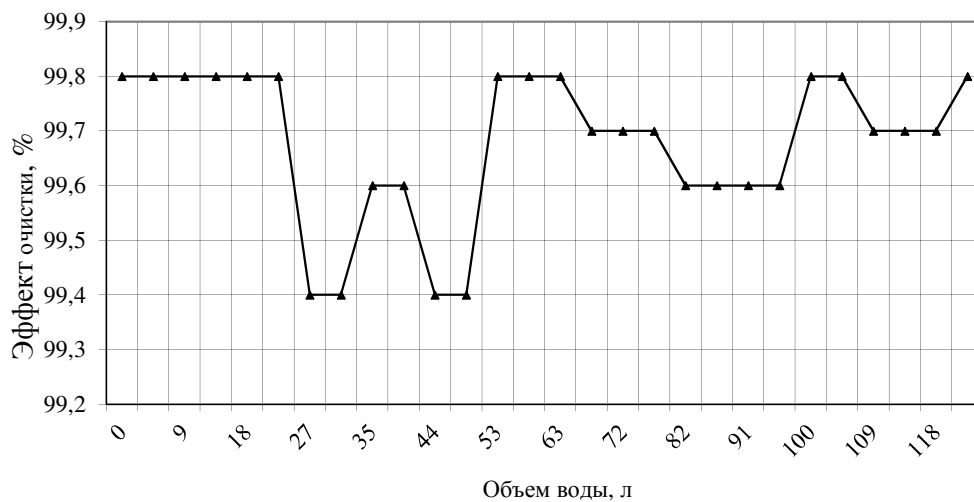


Рис. 4. Зависимость эффекта очистки модельных растворов железа (III) от объема пропущенного модельного раствора

Практически с начала эксперимента ионы железа (III) полностью извлекаются из раствора, и в фильтрате на выходе их концентрация составляет от 0,3 до 0,51 мг/л. Эффективность сорбции ионов железа (III) достигала 99,8 %.

За весь период эксперимента пропущено 122,5 л воды с концентрацией ионов железа (III)

в среднем 15,8 мг/л, то есть подано 1985,5 мг железа (III).

С фильтратом из адсорбера 3 (рис. 1) вышло 61,25 мг железа (III).

На рис. 5 представлена изотерма сорбции ионов железа на опоке в динамических условиях.

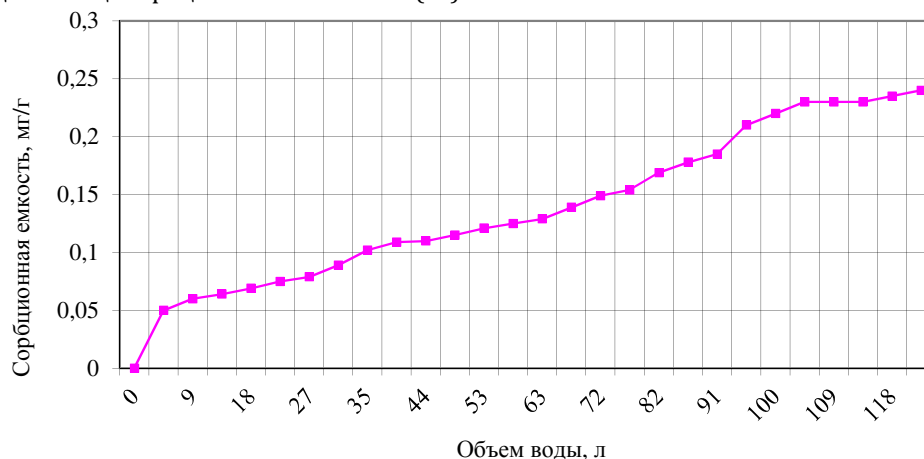


Рис. 5. Зависимость динамической сорбционной емкости опоки от объема пропущенного модельного раствора

Из рис. 5. видно, что сорбционные (поглощающие) свойства опоки характеризуются эффективным извлечением ионов железа (III).

Проведенные экспериментальные исследования в динамических условиях позволяют сделать следующие выводы:

1. Установлено, что применение опоки для сорбционного фильтрования может обеспе-

чить удаление из водных сред ионов железа (III) до нормативов воды, используемой на хозяйственно-питьевые нужды, – до 0,3 мг/л.

2. Динамическая сорбционная емкость опоки при остаточных концентрациях, равных ПДК, для железа составляет 0,24 мг/г.

3. Установлено, что на сорбционную емкость опоки влияет расход очищаемой воды.

Список литературы

1. Тарасевич Ю. И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев : Наукова думка, 1981. 206 с.
2. ГОСТ 20255.2–89. Методы определения динамической обменной емкости. М. : Стройиздат, 1989. 5 с.
3. Алыков Н. М., Павлова А. В., Абуова Г. Б., Нгуэн Кхань Зуй, Утюбаева Н. В. Сорбционное удаление из воды ионов тяжелых металлов // Безопасность жизнедеятельности. 2010. № 4. С. 17–20.

© Е. В. Москвичева, Г. Б. Абуова, И. Ю. Болотина, А. М. Тюрин

Ссылка для цитирования:

Москвичева Е. В., Абуова Г. Б., Болотина И. Ю., Тюрин А. М. Моделирование сорбционных процессов для очистки природных вод // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2017. № 1 (19). С. 35–38.