

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОРБЕНТОВ	3
ФИЗИКО ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОРБЕНТОВ	4
Термоксид-3А	4
Термоксид-3	5
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОРБЕНТОВ	5
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ	6
СОРБЦИОННЫЕ СПОСОБНОСТИ СОРБЕНТА ТЕРМОКСИД-3А	7
по катионам щелочных металлов	7
по катионам щелочноземельных металлов	8
сорбции солей жесткости из питьевой воды	9
сорбции Fe^{2+} из питьевой воды	. 11
сорбции Cu^{2+} из питьевой воды (конц. 4,0 мг/л)	. 12
сорбции Cu^{2+} из питьевой воды (конц. 0,47 мг/л)	. 13
сорбции $\mathrm{Mn^{2+}}$ из питьевой воды	. 14
сорбции Pb ²⁺ из дистиллированной воды	. 15
сорбции радионуклида ¹³⁷ Cs из питьевой воды	. 16
удаление активного хлора из питьевой воды	. 17
сорбции NH ⁺ 4 аммиака из питьевой воды	. 18
СОРБЦИОННЫЕ СПОСОБНОСТИ СОРБЕНТА ТЕРМОКСИД-3	. 19
сорбции кремния из природной воды	. 19
сорбции кремния из природной воды в зависимости от рН исходной воды	. 20
удаление бора из водных сред.	. 20
удаление мышьяка из питьевой воды.	. 21
ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ СМЕСИ СОРБЕНТОВ	. 21

ВВЕДЕНИЕ

В связи с естественным истощением природных источников пресной воды, а также их постоянным загрязнением техногенными примесями, решение проблемы обеспечения населения чистой питьевой водой, является общемировой задачей.

В справке представлена краткая информация, позволяющая обосновать выбор перспективных технических и технологических решений, применяемых в проектах реконструкции, модернизации, строительства объектов централизованных систем водоснабжения населения, а также частных домовладений.

Система водоснабжения в процессе эксплуатации должна удовлетворять требованиям безопасности, надежности, экологичности и экономичности. В настоящее время разработаны и повсеместно применяются различные системы/технологии очистки питьевой воды, в которых используются мембранные, электрохимические, сорбционные и другие методы.

Из сорбционных методов наибольший интерес представляют селективные сорбенты, способные избирательно удалять из воды токсичные вещества органической и неорганической природы, не изменяя природной ценности воды. К селективным неорганическим сорбентам относятся в том числе сорбенты марки «Термоксид» («Термоксид-3» - гидроксид циркония и «Термоксид-3А» - фосфат циркония), обладающие исключительно низкой растворимостью, химической и термической устойчивостью и ярко выраженной селективностью к поливалентным металлам, радионуклидам и ряду других примесей. Селективность неорганических сорбентов марки «Термоксид» (далее – сорбенты) обусловлена хемосорбционным эффектом, усилением гидролиза катиона в фазе ионообменника, "цеолитным" и "ситовым" эффектами. Сорбенты гидродинамические высокие имеют характеристики, позволяющие использовать их в насыпных фильтрах.

Эффективность сорбентов подтверждена многолетним опытом применения в системах очистки питьевой воды.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОРБЕНТОВ

Сорбенты применяются в качестве фильтрующей засыпки:

- > В установках очистки воды из подземных источников;
- ▶ В установках доочистки воды централизованных систем водоснабжения населения;
- > В бытовых фильтрах и фильтр-системах доочистки воды;
- **В** установках доочистки воды из поверхностных источников, в составе технологических систем очистки воды.

При выборе системы/технологии очистки питьевой воды, в первую очередь учитывается химический состав исходной воды того или иного водоисточника, а также региональные особенности, климатические и гидрогеологические условия и другие факторы, влияющие на выбор наиболее эффективного технического решения по очистке воды до качества питьевой. В любом случае, такие системы/технологии очистки питьевой воды должны соответствовать требованиям безопасности, надежности, экологичности и экономичности.

ФИЗИКО ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОРБЕНТОВ

Термоксид-3A - бифункциональный катинообменник средней силы. Проявляет повышенную селективность к Сs, Pb, Be, Ga, Tl, Th, U, лантаноидам и др. На величину емкости и селективность существенное влияние оказывают рН среды и природа поглощаемого катиона. В зависимости от области применения и условий эксплуатации выпускаются различные модификации сорбента. По кинетическим характеристикам сорбент не уступает среднесшитым органическим сульфокатионообменникам.

Применяется для очистки питьевой воды от железа, марганца, алюминия, аммиака, аминов, тяжелых и токсичных металлов (Cd, Pb, Be, Cu и др), активного хлора, радионуклидов, умягчения воды, стабилизации значения рH, и улучшения органолептических показателей воды.

В табл. 1 приведены основные физико-химические свойства сорбента Термоксид-3А. По химическому составу он представляет собой обводненный фосфат циркония, содержащий до 35 - 40 масс % воды. Атомное отношение X=P/Zr может изменятся в пределах от 1,2 до 2,0. По внешнему виду Термоксид-3А представляет собой стеклообразные гранулы сферической формы размером 0,4 - 1,0 мм, имеющие высокую механическую прочность не менее 5 МПа.

Таблица 1. Физико-химические свойства сорбента Термоксил-3A

Физико-химические своиства соросита термоксид-зд						
Наименование показателя	Значение					
1. Внешний вид	Стеклообразные гранулы,					
	близкие к сферической					
	форме					
2. Солевая форма	Водородная, натриевая					
3. Химический состав, масс %:						
- содержание ZrO ₂	26,0-31,0					
- содержание P ₂ O ₅	26,0-32,0					
- содержание модификатора:						
- Na	3-4					
- содержание воды	остальное					
4. Влажность, масс %	35-40					
5. Размер гранул, мм	0,4-1,0					
6. Содержание рабочей фракции, масс.%	не менее 98					
7. Насыпная плотность, кг/см ³	1,0-1,1					
8. Механическая прочность, МПа	не менее 5					
9. Статическая обменная емкость по	1,3-1,8					
щелочным металлам при рН=7,0, моль/кг						

Термоксид-3 - представляет собой неорганический полимерный материал с аморфной структурой, гидроксид циркония $Zr(OH)_4 \cdot nH_2O$, обладающий повышенной селективностью к многозарядным анионам (кремния, мышьяка, молибдена, хрома, селена, фосфора и др.), а также к радионуклидам стронция в слабощелочной области рН 8,5 - 12. Физико-химические свойства сорбента представлены в табл. 2. Применяется для очистки питьевой воды от многозарядных анионов (фосфатов, арсенатов, молибдатов, хроматов, и др), бора, фтора, кремния, мышьяка, активного хлора, органических примесей и улучшения органолептических показателей воды.

Таблина 2.

Физико-химические свойства сорбента Термоксид-3

Наименование показателя	Значение	
1. Внешний вид	Стеклообразные гранулы,	
	близкие к сферической	
	форме	
2. Химический состав, масс %:		
- содержание ZrO ₂	40-50	
- содержание воды	остальное	
3. Влажность, масс %	40-50	
4. Размер гранул, мм	0,4-1,0	
5. Содержание рабочей фракции, масс %	не менее 98	
6. Насыпная плотность, кг/дм ³	1,0-1,1	
7. Механическая прочность, МПа	не менее 5	

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОРБЕНТОВ

- > Высокая химическая, термическая и радиационная стойкость;
- \triangleright Сорбенты одинаково эффективно работают при t от +5 до +100 °C;
- Обладают радиационной стойкостью не менее 100 МГр;
- Высокая селективность по отношению к радионуклидам, токсичным и тяжелым металлам и другим загрязнениям;
- Низкое гидродинамическое сопротивление насыпных слоев;
- Не растворимы в воде и водных растворах;
- Работают в динамическом режиме;
- Высокая механическая прочность гранул и устойчивость к истиранию;
- > Сорбенты не токсичны, не пожароопасные, что обусловлено их химическим составом и структурой.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Сорбенты марок «Термоксид-3» и «Термоксид-3А» успешно используются как в виде механической смеси в соотношении 1÷1, так и в отдельности для доочистки питьевой воды в зависимости от химического состава исходной воды. После исчерпания емкости механическая смесь не подлежит регенерации. После взрыхляющей отмывки может восстанавливать ионообменные свойства. Сорбент марки «Термоксид-3А» после исчерпания емкости может быть отрегенерирован раствором соляной кислоты с последующим переводом в натриевую форму раствором щелочи или соды и отмывкой обессоленной водой.

Высота загрузки насыпного фильтра сорбентом — не менее 0.8 м и не более 2.0 м. Отношение диаметра фильтра к его высоте -1/4.

Насыпная плотность для сорбентов составляет от 1,0 - 1,1 кг/дм³.

Линейная скорость фильтрации водных сред: Min - 4 - 6 м/ч; Max - 20 м/ч.

Время контакта сорбента с водной средой – не менее 10 мин.

Объемная скорость фильтрации 10-30 колоночных объемов в час (час-1).

Один колоночный объем равен объему загруженного сорбента (час-1),

$$v = \frac{Ve}{Vc}$$
 , где Vв- объем воды, пропущенный за 1 час (л/час);

Vc- объем сорбента (л).

Например, через 1 л сорбента следует пропускать воду со скоростью 20-30 л/час.

Методические рекомендации испытаний сорбентов марки «Термоксид» в производственной лаборатории:

- 1. В колонку объемом 25 см³ и диаметром 12 15 мм, помещают 10 15 см³ сорбента
- 2. Проводят прямоточную промывку 150 200 см дистиллированной водой
- 3. Проводят испытания на водных растворах
- 4. Скорость фильтрации самотеком (средняя скорость 0,4 л/ч)

При хранении и эксплуатации необходимо предотвращать высыхание сорбентов, которое оказывает отрицательное влияние на прочностные свойства и сорбционно-кинетические характеристики. Хранятся сорбенты при температуре от +5 до + 40 °C в герметично закрытой таре (с целью недопущения высыхания). Гарантийный срок хранения составляет 36 месяцев.

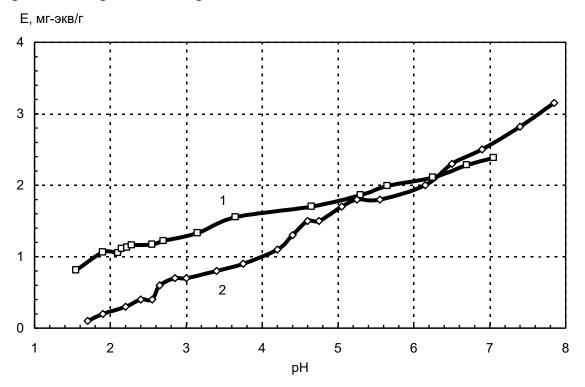
Сорбенты поставляются в пластиковой таре ёмкостью от 1 до 51 литра.

На все сорбенты получены Паспорта безопасности химической продукции в соответствии с ГОСТ 30333-2007 и Экспертные заключения Роспотребнадзора.

СОРБЦИОННЫЕ СПОСОБНОСТИ СОРБЕНТА ТЕРМОКСИД-ЗА

На рис. 1 приведены кривые титрования Термоксид-3A (X=2,0) по катионам щелочных металлов. Емкость катионообменника зависит от природы катиона и увеличивается с повышением pH, достигая в нейтральных средах величины 2,5 - 3,0 мг - экв/г.

Кривые титрования Термоксид-3А по катионам щелочных металлов

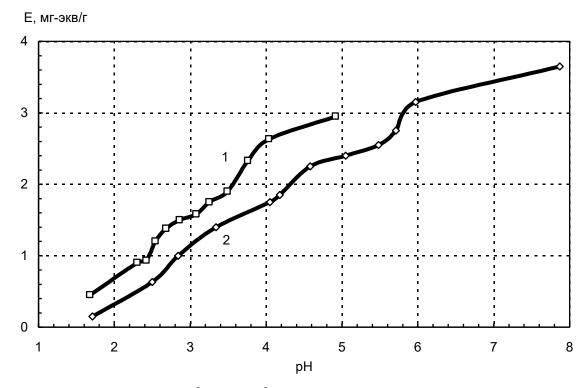


1 - Cs^+ , 2 - Na^+ . E - емкость, мг-экв/г Рис. 1.

На рис. 2 приведены кривые титрования сорбента Термоксид-3A (X=2,0) по катионам щелочноземельных металлов. Емкость сорбента увеличивается с повышением рH, достигая в нейтральных средах значений 3,0 - 3,5 мг-экв/г.

Процесс поглощения поливалентных катионов на фосфате циркония в дополнение к чисто ионному обмену носит более сложный характер и сопровождается хемосорбционным взаимодействием с образованием на поверхности катионообменника труднорастворимого соединения из поглощенного катиона и фосфатных групп матрицы.

Кривые титрования Термоксид-3А по катионам щелочноземельных металлов



1 - Mg^{2+} , 2 - Ca^{2+} . E - емкость, мг-экв/г Рис. 2.

Для характеристики сорбционно-селективных свойств Термоксид-3A (X=2,0) были сняты выходные кривые сорбции поливалентных катионов Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} и радионуклида ^{137}Cs из питьевой воды. Питьевая вода для исследования имела следующий химический состав по основным примесям (табл.3).

Таблица 3. Химический состав питьевой воды

No	Показатель	Значение показателя		
1.	pH	6,7-7,0		
2.	Щелочность, мг-экв/л	1,35-1,5		
3.	Перманганатная окисляемость, мг О2/л	0,95-1,1		
4.	Сухой остаток, мг/л	114-125		
5.	Концентрация примесей, мг/л:			
5.1.	Ca^{2+}	18-24		
5.2.	Mg^{2+}	7-11		
5.3.	Na ⁺	15-20		
5.4.	K^+	42-50		
5.5.	Fe	0,15-0,20		
5.6.	Cu	0,005-0,006		
5.7.	$\mathrm{SO_4}^{2 ext{-}}$	15-20		
5.8.	Cl ⁻	1,5-2,5		

В питьевую воду вводили поливалентные катионы в виде соли хлорида металла (для свинца- азотнокислую соль) до определенной концентрации и затем фильтровали ее через насыпной слой сорбента с объемной скоростью 20 - 30 колоночных объемов в час в направлении сверху - вниз. Периодически в исходном растворе и фильтрате определяли содержание металлов по стандартным методикам. В случае необходимости в питьевую воду вводили соли жесткости и другие примеси.

На рис. 2.1 приведена выходная кривая сорбции солей жесткости из питьевой воды на данном ионообменном материале в Na-форме (кривая 2) при объемной скорости фильтрации 30 ч-1. Исходная вода имела следующий химический состав:

рН 6,7 - 7,2; Щелочность 1,20 - 1,38 мэкв/дм³

Перманганатная окисляемость $0.96 - 1.10 \text{ мг } 02/\text{дм}^3$

Сухой остаток $110 - 116 \text{ мг /дм}^3$

Прокаленный остаток $70 - 75 \text{ мг/дм}^3$

Общая жесткость 1,50 - 1,52 мэкв/дм³

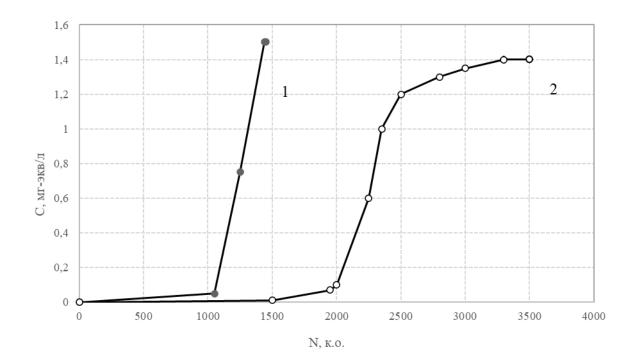
Калий 40 - 45 мг/дм³; Натрий 15 - 20 мг/дм³

Железо $0,11 - 0,13 \text{ мг/дм}^3$

Сульфат-ионы $15.0 - 15.6 \text{ мг/дм}^3$

Хлорид-ионы $1,3 - 1,6 \text{ мг/дм}^3$

Выходные кривые сорбции солей жесткости из питьевой воды

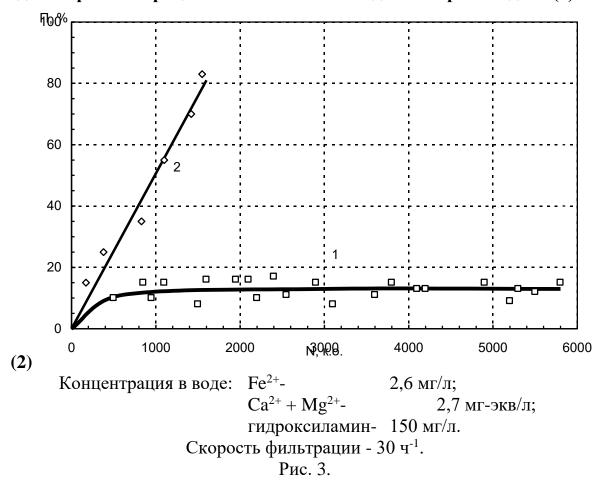


Катионообменник: 1 - КУ-2-8чс; 2 - Термоксид-ЗА. С - концентрация солей жесткости в фильтрате; N - количество пропущенных колоночных объемов. Рис. 2.1

Обменная емкость катионообменника Термоксид-3A до проскока (значение коэффициента очистки более 100) составляет величину 2,4 - 2,5 мэкв/см³, а полная динамическая обменная емкость в данных условиях 3,5 - 3,6 мэкв/см³. Для сравнения на этом же рисунке приведена выходная кривая сорбции солей жесткости на органическом катионообменнике КУ-2-8чс в Na-форме (кривая 1) в таких же условиях, полная динамическая обменная емкость которого составила 1,8 - 1,9 мэкв/см³.

На рис. 3 приведена выходная кривая сорбции Fe^{2+} из питьевой воды. Стабилизацию двухвалентного состояния железа добивались введением в водный раствор гидроксиламина в количестве 150 мг/л. Исходная концентрация железа в воде составляла 2,6 мг/л, что почти в 10 раз превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) его в питьевой воде. На оси ординат показан проскок $\Pi=C_{\varphi}/C_{\circ}\cdot 100\%$, где C_{φ} - концентрация металла в фильтрате, C_{\circ} - его концентрация в исходной воде. На оси абсцисс показано количество пропущенных колоночных объемов N=W/V, где W- объем пропущенной воды, V- объем сорбента.

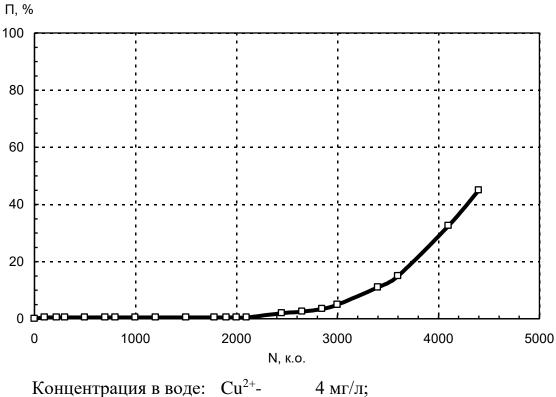
Выходные кривые сорбции Fe²⁺ из питьевой воды на Термоксид-3A (1) и КУ-2



Как видно из рисунка, на протяжении всего времени эксперимента при пропускании 6000 колоночных объемов наблюдалась эффективная очистка воды от железа, средний коэффициент очистки составил величину около 10 и ресурс загрузки далеко не исчерпан. Визуально видно образование гидроокиси железа в верхнем слое сорбента, т.е. наблюдается случай усиления гидролиза с образованием фазы сорбата в слое ионообменника.

На рисунке для сравнения приведена выходная кривая сорбции Fe^{2+} на сильнокислотном катионите KY-2 в аналогичных условиях. Для этого катионообменника наблюдается быстрый проскок и выход на насыщение. Из приведенных на рисунке сравнительных данных преимущество селективного сорбента выглядит достаточно убедительно.

Выходная кривая сорбции Cu²⁺ из питьевой воды на Термоксид-3A



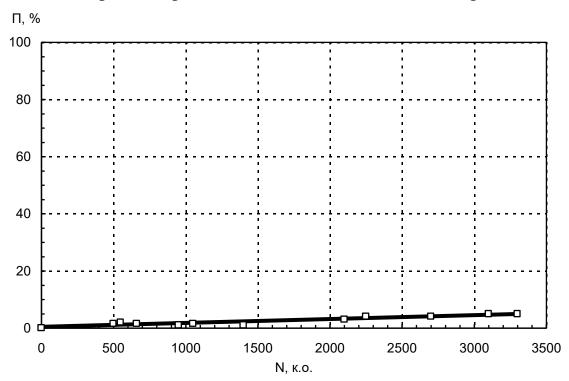
Концентрация в воде: Cu^{2+} - 4 мг/л; $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ - 1,7 мг-экв/л. Скорость фильтрации - 20 ч⁻¹. Рис. 4.

На рис. 4 приведена выходная кривая сорбции Cu²⁺ из питьевой воды. Концентрация меди в исходной воде составляла 4 мг/л, что в 4 раза больше ее ПДК в питьевой воде. Несмотря на это, а также присутствие конкурирующих катионов (солей жесткости, натрия, калия), концентрация меди в фильтрате до 2000 колоночных объемов была ниже чувствительности применяемого метода анализа 0,01 мг/л, т.е. коэффициент очистки составил величину более 400. Даже после пропускания 3300 колоночных объемов эффективность очистки составила величину не менее 90%. Динамическая обменная емкость Термоксид-3A по меди составила величину 16 мг/г. При содержании меди в питьевой воде, равному ПДК или 1 мг/л, расчетный ресурс работы сорбента составит не менее 16000 колоночных объемов или 16000 литров на 1 литр сорбента.

На рис. 5 показана выходная кривая сорбции меди при концентрации ее в воде 0,47 мг/л, т.е. ниже ПДК. Содержании солей жесткости при проведении эксперимента увеличивали до 5 мг-экв/л, а также добавляли ион аммония в количестве 7,8 мг/л. Несмотря на высокую концентрацию конкурирующих макрокатионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} , NH_4^+) наблюдается эффективная очистка питьевой воды от меди селективным ионообменником.

Даже после прохождения 3300 колоночных объемов эффективность очистки составила величину не ниже 95%.

Выходная кривая сорбции Cu²⁺ из питьевой воды на Термоксид-3A



Концентрация в воде: $Cu^{2+} - 0.47 \text{ мг/л}$;

 Ca^{2+} - 3,3 мг-экв/л;

 ${
m Mg}^{2+}$ - 1,7 мг-экв/л;

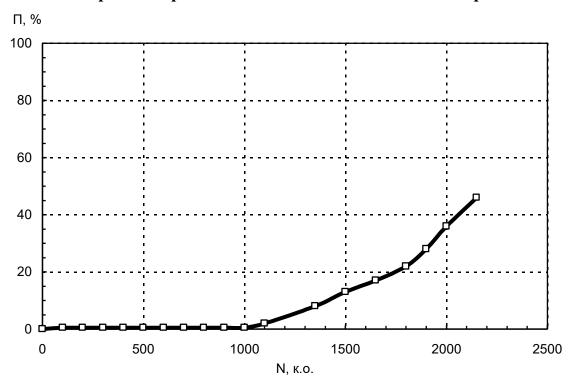
 NH_4^+ - 7,8 мг/л.

Скорость фильтрации - 20 ч⁻¹.

Рис. 5.

На рис. 6 приведена выходная кривая сорбции марганца из питьевой воды сорбентом Термоксид-3А. Исходная концентрация марганца в питьевой воде составляла 11 мг/л, что превышало в 110 раз его ПДК в питьевой воде (0,1 мг/л). Наблюдалась эффективная очистка питьевой воды от Mn²⁺. Содержание марганца в фильтрате при пропускании первых 1000 колоночных объемов было ниже чувствительности химического метода анализа 0,01 мг/л. Коэффициент очистки составил величину более 1000. Динамическая емкость Термоксид-3А по марганцу оказалась равной 11 мг/г. При содержании марганца в питьевой воде 1 мг/л (10 ПДК) расчетный ресурс работы сорбента составит не менее 11000 колоночных объемов

Выходная кривая сорбции Mn²⁺ из питьевой воды на Термоксид-3A

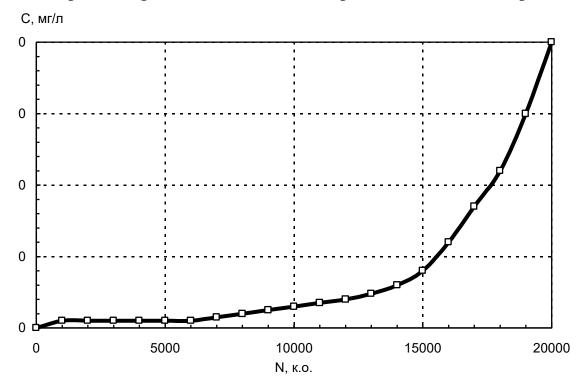


Концентрация в воде: Mn^{2+} 11 мг/л; $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ 1,7 мг-экв/л. Скорость фильтрации - 20 ч $^{-1}$. Рис. 6.

Из представителей тяжелых металлов наиболее подробно на Термоксид-3A исследовано поведение свинца. Коэффициент распределения катионов Pb^{2+} из нейтральных растворов на данном сорбенте при его концентрации $20 \,\mathrm{mr/n}$ составляет величину более 10^4 , что указывает на очень высокую селективность катионообменника к данному виду примесей. Катионы натрия практически не оказывают конкурирующего влияния на поглощение свинца до их содержания $1 \,\mathrm{моль/n}$.

Выходная кривая сорбции Pb^{2+} из обессоленной воды при его концентрации 10 мг/л, что в 330 раз превышает его ПДК в питьевой воде (0,03 мг/л), приведена на рис.7. До 6000 колоночных объемов коэффициент очистки по свинцу составил величину более 1000. Проскок свинца, равный ПДК в питьевой воде, достигался после пропускания через колонку 15000 колоночных объемов воды.

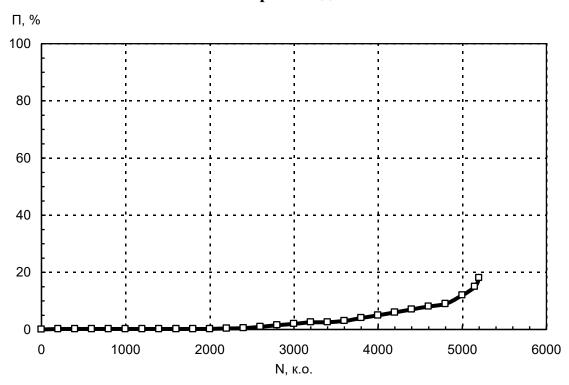
Выходная кривая сорбции Рь2+ из дистиллированной воды на Термоксид-3А



Концентрация Pb^{2+} в исходном растворе - 10 мг/л; С - концентрация Pb^{2+} в фильтрате. Скорость фильтрации- 50 ч⁻¹. Рис. 7.

Для некоторых регионов России, актуальной является проблема очистки питьевой воды от следовых количеств радионуклидов. На рис. 8 приведена выходная кривая Термоксид-3А наиболее распространенного в питьевой радионуклида ¹³⁷Cs при объемной скорости фильтрации 30 ч⁻¹. Наблюдается эффективная очистка питьевой воды от радионуклида ¹³⁷Cs. Активность радионуклида ¹³⁷Cs при пропускании до 2000 колоночных объемов воды была ниже применяемого чувствительности радиоспектроскопического $(1\times10^3 \,\mathrm{Бк/л})$. Коэффициент очистки в этот период составил величину более 500. С дальнейшим увеличением количества пропущенных колоночных объемов имел место проскок, но даже после прохождения 5000 колоночных эффективность очистки составляла не менее 90 %.

Выходная кривая сорбции радионуклида ¹³⁷Cs из питьевой воды на Термоксид-3A



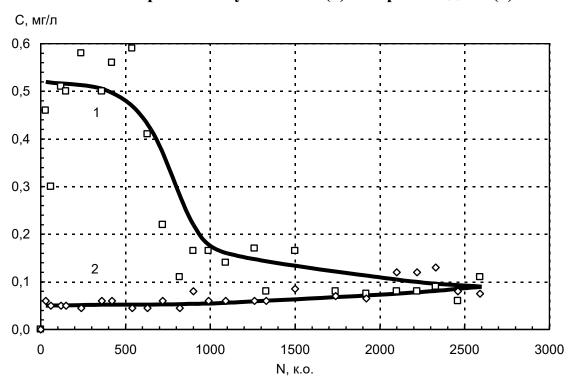
Концентрация в воде: активность 137 Cs - $^{4,8\times10^5}$ Бк/л; $^{2+}$ + $^{4,8\times10^5}$ Бк/л; 5 Скорость фильтрации - 30 ч $^{-1}$. Рис. 8

Из изложенного следует, что Термоксид-3А рассматривать онжом как "коллективный" сорбент ПО отношению К поливалентным металлам радионуклидам из питьевой воды.

Помимо этого, Термоксид-3А выполняет функции стабилизации значения рН, умягчения воды, очистки воды от сероводорода, активного хлора и других примесей.

На рис. 9 приведена выходная кривая удаления активного хлора из питьевой воды сорбентом Термоксид-3А. Исходное содержание активного хлора составляло 3,03 мг/л, в фильтрате- менее 0,1 мг/л, то есть наблюдалось практически полное удаление активного хлора. Эффективность работы во времени стабильная. Ресурс может быть большим, т.к. процесс носит каталитический характер. Для сравнения в аналогичных условиях испытывался активированный уголь марки АР-В. Для угля имеет место инкубационный начальный период, когда эффективность процесса разложения активного хлора существенно ниже, чем на Термоксид-3А. Однако после прохождения 2500 колоночных объемов эффективность разложения выравнивается.

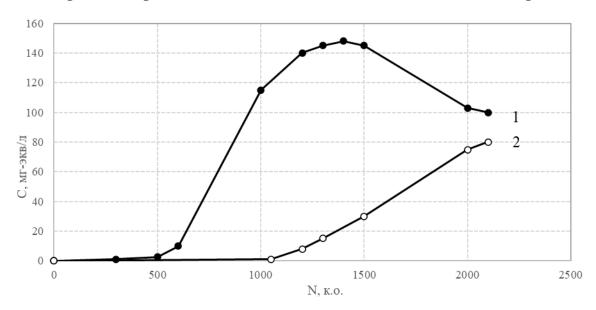
Выходные кривые удаления активного хлора из питьевой воды на активированном угле АР-В (1) и Термоксид-3А (2)



Концентрация активного хлора в исходной воде - 3,03 мг /л; С - концентрация активного хлора в фильтрате. Скорость фильтрации - 10 ч⁻¹. Рис. 9.

На рис. 10 приведены выходные кривые сорбции по аммиаку и солям жесткости из питьевой воды сорбентом Термоксид 3А.

Выходные кривые сорбции NH+4 аммиака из питьевой воды на Термоксид-3А



Выходные кривые сорбции $NH^+{}_4$ (1) и жесткости (2) из питьевой воды на Термоксид-3A

Концентрация в воде: NH^+_4 - 11 мг/л; $Ca^{2+} + Mg^{2+}_3 - 1,7$ мг-экв/л. Рис. 10.

СОРБЦИОННЫЕ СПОСОБНОСТИ СОРБЕНТА ТЕРМОКСИД-3

Выходная кривая сорбции кремния из природной воды на сорбенте Термоксид-3

pH=7,5; кремний - 19 мг/л; щелочность - 3,9 мг-экв/л.

На рис. 11 приведена входная кривая сорбции кремния. Объемная скорость фильтрации 20 колоночных объемов в час (ч $^{-1}$). Емкость по кремнию составила приблизительно 22 мг Si/cм 3 сорбента.

Выходная кривая сорбции кремния

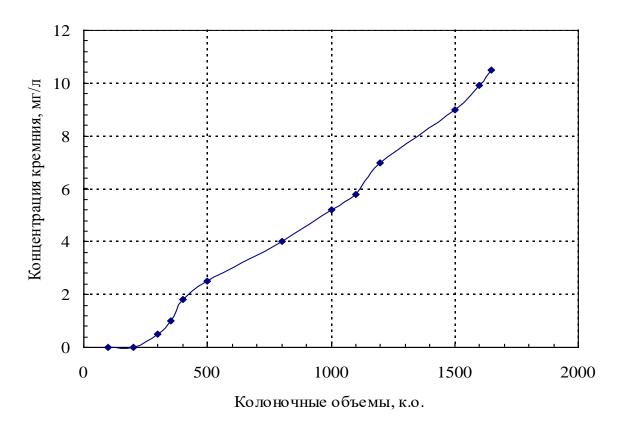


Рис. 11.

Выходная кривая сорбции кремния из природной воды на сорбенте Термоксид-3, в зависимости от рН исходной воды.

pH=7,5; кремний - 19 мг/л; щелочность - 3,9 мг-экв/л.

На рис. 12 приведена выходная кривая сорбции кремния. Объемная скорость фильтрации 20 колоночных объемов в час (q^{-1}). В результате эксперимента исходную воду титровали раствором соляной кислоты до pH=6,5 и pH=6,0.

Выходная кривая сорбции кремния

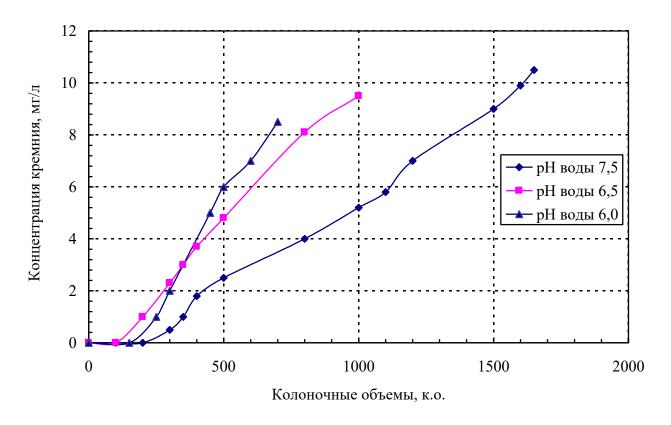


Рис. 12.

Емкость по кремнию увеличивается с увеличением значения рН исходной воды. Так же на сорбцию кремния оказывает влияние значение рН сорбента. Его необходимо поддерживать в пределах 7,0 - 8,0.

Ресурс зависит от: значения pH исходной воды, от химического состава воды. Наибольшей емкости по кремнию можно достигнуть при pH исходной воды более 7,4.

Ресурс работы сорбента составляет не менее 40 000 колоночных объемов (к.о.).

Термоксид-3 применяется для удаления бора из водных сред.

Его емкость составляет более $60~\rm Mr~B_2O_3/cm^3$. Экспериментально доказано, что солесодержание до $90\rm r/cm^3$ не оказывает заметного влияния на поглощение бора сорбентом.

Термоксид-3 применяется для удаления мышьяка из питьевой воды.

Проведены испытания в динамическом режиме. Водопроводную воду с добавлением мышьяка As (V) (0.2 мг/дм^3) при pH=7,5 пропускали порциями по 5000 см³ (500 к.о.) со скоростью 6 - 10 к.о./ч. В растворе после сорбции определяли pH и концентрацию мышьяка. После прохождения раствора в количестве 11300 к.о. проскок не был достигнут, концентрация мышьяка в равновесном растворе оставалась на уровне ПДК 0.001 мг/дм^3 .

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ СМЕСИ СОРБЕНТОВ ТЕРМОКСИД-ЗА И ТЕРМОКСИД-3

(соотношение 1:1)

Наименование показателя	Единица измерения	СанПин 2.1.4.1074-01	Значение в исходной воде	Значение в очищенной воде
1. Запах	баллы	<2,0	0	0
2. Цветность	градусы	<20,0	35,0	бесцветная
3. Мутность	$M\Gamma/ДM^3$	<1,5	1,7	отсутствует
4. pH	единицы	6,0-9,0	7,2	6,5-7,2
5. Свободный	$M\Gamma/дM^3$	0,3-0,5	0,034	<0,005
6. Окисляемость	${ m M}{ m \Gamma}~{ m O}_2/{ m Д}{ m M}^3$	<5,0	4,64	2,0
7. Аммиак	$M\Gamma/дM^3$	<2,0	0,29	0,2
8. Общая	$M\Gamma$ -ЭКВ/Д M^3	<7,0	2,1	1,0
9. Сухой остаток	$M\Gamma/дM^3$	<1000,0	140,0	100,0
10. Железо	$M\Gamma/дM^3$	<0,3	0,43	0,1
11. Медь	$M\Gamma/дM^3$	<1,0	0,019	<0,01
12. Цинк	$M\Gamma/дM^3$	<5,0	0,11	<0,005
13. Молибден	$\mathbf{M}\Gamma/\mathbf{Д}\mathbf{M}^3$	<0,25	<0,25	<0,25
14. Ртуть	$M\Gamma/ДM^3$	<0,0005	<0,0005	<0,0005
15. Мышьяк	$M\Gamma/дM^3$	< 0,05	< 0,05	<0,05
16. Свинец	$M\Gamma/дM^3$	< 0,03	<0,03	<0,03
17. Алюминий	$M\Gamma/дM^3$	<0,5	0,099	0,01
18. Бор	$M\Gamma/дM^3$	<0,5	0,023	<0,01
19. Бериллий	$M\Gamma/ДM^3$	<0,0002	$0,35 \times 10^{-4}$	<0,35x10 ⁻⁴
20. Марганец	$M\Gamma/ДM^3$	<0,1	0,65	<0,05