

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ  
ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

**Кравець Наталья Михайловна, аспирант**

**Трач Ирина Анатольевна, к.т.н., доцент**

**Винницкий национальный технический университет**

Kravets Natalia, postgraduate, [kravets19950401@gmail.com](mailto:kravets19950401@gmail.com)

Trach Iryna, PhD, [trachiryna@vntu.edu.ua](mailto:trachiryna@vntu.edu.ua)

Vinnitsa National Technical University

*Проведен анализ способа очистки сточных вод от ионов хрома (III), который может быть использована в промышленных установках металлургической, металлообрабатывающей, легкой промышленности, а также для хозяйственно-питьевого назначения.*

***Ключевые слова:** природные сорбенты, очистки, ионы, бентонит, адсорбционные технологии, сточные воды.*

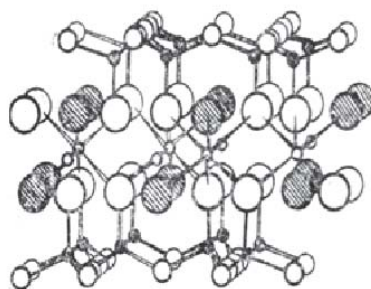
Объектом исследования избран сточные промышленные воды. Непосредственно для исследования использовали модельные водные растворы, содержащие сверхурочные количества ионов хрома (III) в концентрациях, соответствующих реальной содержания ионов хрома в сточных водах промышленности.

Для проведения исследования метода определения ионов хрома в объектах исследования готовили модельные растворы. Сначала отбирали навеску хрома нитрата  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  - 4,58 г, что вносилась в колбу объемом 1 л. К приготовленному раствор соли доливали дистиллированную воду и содержание тщательно перемешивалось до полного растворения. Приготовленный раствор довели дистиллированной водой до объема 1 л.

Из полученного раствора отбирали 8 проб объемом: 2 мл, 10 мл, 20 мл, 40 мл, 80 мл и 120 мл, 160 мл, 200 мл и вносили в мерные колбы объемом 200 мл. Содержание каждой из проб довели дистиллированной водой до метки. Данный процесс проводили по статических условиях при температуре  $20 \pm 1$  С. Количество параллельных опытов равна 3. Для исследования сорбционной способности бентониту по ионов хрома в статических условиях готовили раствор  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ , содержал 0,5, 1, 1,5, 2 г /  $\text{дм}^3$  ионов  $\text{Cr}^{3+}$ .

При использовании высокоактивных сорбентов воду можно очищать от загрязняющих веществ в практически нулевых остаточных концентраций. Значительными преимуществами метода является то, что сорбенты могут извлекать вещества из воды при любых концентрациях, в том числе и достаточно малых, когда другие методы очистки оказываются неэффективными. Предметом исследования является процесс очистки сточных вод от ионов хрома (III) природными дисперсными сорбентами, в частности бентонитовых глин Черкасского (Украина) месторождения.

Бентониты – полезные ископаемые, есть тонкодисперсными высокопластичные горными породами смектинового состава (в основном монтмориллонит и байделит), которым в разной степени присущи вяжущие и сорбционные свойства [1]. Кристаллическая решетка всех состоит из слоев. В элементарную ячейку входят 3 слоя, которые образуют пакеты: крайние верхние и нижний слой пакета состоят из тетраэдров Al,  $\text{SiO}_4$  и называются тетраэдрическое. Между тетраэдрическое слоями расположен слой, состоящий из октаэдров Al и Fe, и называется октаэдрических [2]. Для бентонита характерна структура типа 2: 1, в которой кристаллы монтмориллонита состоят из слоев, что, в свою очередь, составлены из двух слоев кремнийкисневых тетраэдров, соединенных слоев алюмогидроксилкисневых тетраэдров. Тетраэдрические положения заполнены катионами кремния. В случае замещения части его катионами алюминия дефицит в положительных зарядах, который возникает, компенсируется обменными катионами ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), размещенными между слоями (рис. 1.).



**Рисунок 1. – Структура бентонита**

Бентонитовые глины в естественном или активированном виде, то есть после химической обработки кислотами, имеют высокие адсорбционные свойства и широко используются как естественный адсорбент для очистки продуктов нефтеперерабатывающей, коксохимической, и пищевой промышленности. Так, по крупности фракции 0,5-1 мм, емкость поглощения катионов тяжелых металлов природного монтмориллонитового бентонита составляет 1821 мг экв / 100 г. Приме-

няют бентонит в горнодобывающей промышленности для приготовления буровых растворов, а также как природный адсорбент, наполнитель [3].

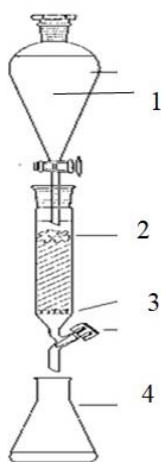
Процесс подготовки бентонита состоял из нескольких этапов.

Сначала материал поломали на небольшие кусочки, а затем раздробили в крошку. Сырье, вышла отправляли в сушильный шкаф на 45 минут. При этом соблюдались температурного режима. Для сушки бентонита установили температуру до 120 градусов.

После этого кусочки глины снова измельчили до состояния порошка. Для этого использовали ступку с пестиком, просеивали на ситах. Готовый сорбент загружали в колонну. Подготовленные поверхности бентонита в загрузки в колонну и после полного насыщения ионами хрома в 50-ти кратном увеличении соответственно.

Описание лабораторной установки: очистка воды проводилось на лабораторной адсорбционной колонне, которая имеет диаметр 35 мм и высоту 600 мм, при использовании бентонитовой глины.

После подготовки глины, ее засыпали в колонну. Общая масса сорбента в адсорбционной колонне составила 15 и 20 г. Высота слоя сорбента в колонке составляла 2,25 и 2,4 см (рис.2)



**Рисунок 2. - Адсорбционная колонна: 1 - делительная воронка с модельным раствором; 2 - сорбент; 3 стекловата; 4 - очищенный раствор**

Ряд производств сбрасывает сточные воды, содержащие соли хрома (III) или хромовой кислоты: гальванические цеха машиностроительных, приборостроительных автомобильных, авиационных заводов и т.п., цеха текстильных предприятий, кожевенные заводы, на которых проводят хромовое дубление, химические заводы, которые выпускают хромпик и хромовые квасцы и др [4].

Определить общее содержание хрома в таких водах можно относительно легко. В кислых неокрашенных сточных водах также легко можно определить содержание хрома (VI) [5].

Для установления диапазона режимных параметров, по которым необходимо проводить детальное исследование процессов адсорбции, была выполнена серия предыдущих экспериментов, что позволило сделать следующие предварительные выводы:

1) колебания температуры от +10 до + 30°C не оказывает заметного влияния на ступень адсорбции ионов  $\text{Cr}^{3+}$  бентонитом;

2) оптимальная средняя скорость прокачки модельного раствора через адсорбционную колонну заданной высоты является 0,3 ÷ 0,5мл / мин, при большей скорости снижается количество адсорбированного  $\text{Cr}^{3+}$ , а меньшая скорость увеличивает вероятность сильного загустения пульпы, вследствие чего усложняются процессы дальнейшей фильтрации;

3) интервал исследованных концентраций (0,5-2,0 г /  $\text{дм}^3$ ) ионов хрома был избран, исходя из практических соображений в соответствии с возможным содержанием катиона  $\text{Cr}^{3+}$  реальных стоках;

4) предварительно установлено, что полное насыщение бентонитовой глины ионами  $\text{Cr}^{3+}$  достигается при слое адсорбента  $15 \div 20$  г, за 1-3 суток, в зависимости от концентрации модельного раствора.

Обобщение результатов исследований изменения концентраций ионов хрома в воде на выходе из колонны представлены на рис.3 и 4.

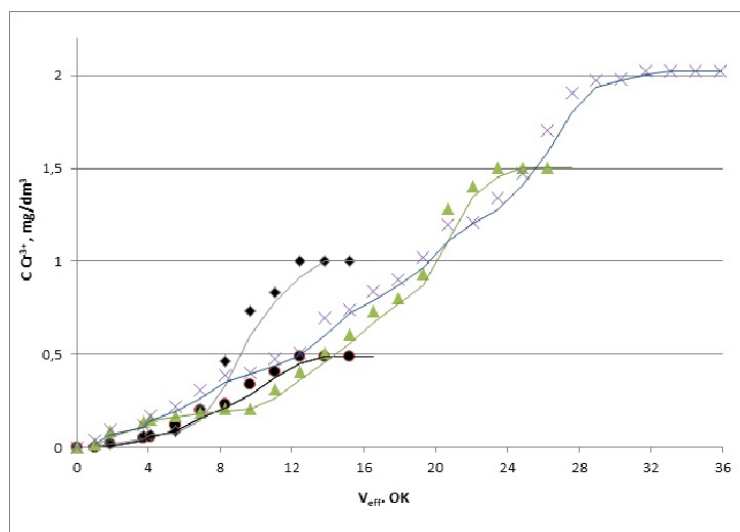


Рисунок 3. – Кривые насыщения бентонита массой 15г модельным раствором с исходной концентрацией  $\text{Cr}^{3+}$ , г/дм³: ●-0,5;◆-1; ▲-1,5; х-2,0

Наибольший эффективный объем при прокачке модельного раствора через слой сорбента в 15 г составляет 30,34, а при пропускании раствора через 20 г сорбента - 41,4.. Исключениями являются зависимости при концентрации ионов хрома 0,5 г / л - в этом случае увеличение концентрации на выходе из колонны имеет линейный характер.

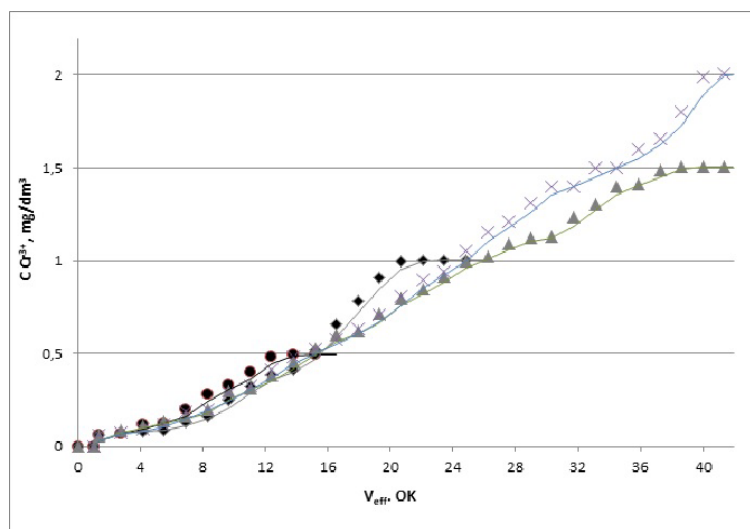


Рисунок 4. – Кривые насыщения бентонита массой 20г модельным раствором с исходной концентрацией  $\text{Cr}^{3+}$ , г / дм³: ● 0,5; ◆ 1; ▲ 1,5; х-2,0

Как свидетельствуют результаты эксперимента, максимальное поглощение ионов хрома (III) составляет  $70,2 \div 83,2\%$  за расходов сорбента массой 20 г и  $63,5 \div 82,2\%$  в случае массы сорбента 15г (таблицы 1, 2). Эффективность адсорбции возрастает при увеличении слоя адсорбента, что можно объяснить развитием активной сорбционной поверхности.

Таблица 1. – Показатели эффективности сорбции при различных начальных концентрации ионов хрома в растворе. Масса бентонита 15 г

№	Время загрузки (t), мин.	C <sub>0</sub> (Cr <sup>3+</sup> ) г/дм <sup>3</sup>	Первые следы (Cr <sup>3+</sup> ) в очищенном растворе, ОК	Эффективный объем (V <sub>eff</sub> ), ОК	Динамическая обменная емкость (Т)	α, %	
						a <sub>max</sub>	$\bar{a}$
1	1080	0,5	1,39	11,03	0,001	95,6	82,2
2	1230	1,0	1,39	12,41	0,002	97,5	81,0
3	2480	1,5	0,92	23,45	0,002	98,6	74,0
4	3205	2,0	0,92	31,72	0,003	98,9	63,5

Небольшое значение динамической обменной емкости обусловлено тем, что первые следы поллютантами определены уже за 1-2 ОК, а это значение гораздо ниже, чем в случае прокачки модельных растворов с ионами других поллютантов [5], хотя при этом степень очистки первых объемов высокий - 95,6 ÷ 99% для растворов с различными концентрациями Cr<sup>3+</sup>. Первые следы ионов хрома появляются раньше при использовании 20г бентонита, также значение динамической обменной емкости несколько ниже при использовании большего количества адсорбента.

Таблица 2. – Показатели эффективности сорбции при различных начальных концентрации ионов хрома в растворе. Масса бентонита 20 г

№	Время загрузки (t), мин.	C <sub>0</sub> (Cr <sup>3+</sup> ) г/дм <sup>3</sup>	Первые следы (Cr <sup>3+</sup> ) в очищенном растворе, ОК	Эффективный объем (V <sub>eff</sub> ), ОК	Динамическая обменная емкость (Т)	α, %	
						a <sub>max</sub>	$\bar{a}$
1	1380	0,5	1,03	13,79	0,0008	95,9	83,2
2	2520	1,0	0,69	22,07	0,0010	97,8	80,2
3	3720	1,5	0,69	38,06	0,0015	98,7	78,3
4	4100	2,0	0,69	41,38	0,0020	98,9	70,2

При увеличении массы бентонита в колонне, эффективность адсорбции увеличивается для всех вариантов концентрации, также наблюдается увеличение показателя эффективного объема. Такие результаты исследований указывают на выбор слоя сорбента 20г как более удачного варианта. При таких расходах сорбента степень очистки модельного раствора составляет 83,2% (C<sub>0</sub>(Cr<sup>3+</sup>) = 0,5 г / дм<sup>3</sup>) при малейшей концентрации поллютантов и 70,2% по самой начальной концентрации ионов хрома в растворе (C<sub>0</sub>(Cr<sup>3+</sup>) = 2, 0 г / дм<sup>3</sup>).

Итак, проведенные исследования подтвердили эффективность применения бентонитовых глин в технологических схемах очистки сточных

#### Список использованных источников

1. Запольский А.К., М.А. Мешочная-Клименко и др. Физико-химические основы технологии очистки сточных вод. К.: Либра, 2000 552с.
2. A. Malovanyu, E. Płaza, Y. Yatchyshyn, J. Trela, M. Malovanyu. Removal of nitrogen from the mainstream of municipal wastewater treatment plant with combination of ion exchange and canon process (IE-canon) -effect of NaCl concentration. Future urban sanitation to meet new requirements for water quality in the Baltic Sea region, Joint Polish-Swedish Reports. 2011. vol. 2. P. 17-19.
3. Сакалова Г. В. Научно - теоретические основы комбинированных процессов очистки водных сред с использованием природных сорбентов: дис ... докт. техн. наук: 21.06.01. Львов, 2016. - 329 с.

4. В. Сакалова Очистка сточных от от ионов хрома природными дисперсными сорбентами. Технологические аспекты. Вестник ХНУ, 2018, №6 (267), Ч.2. С.109-115.

5. Филипчук В.Л. Очистка современных металлосодержащих сточных вод от ионов тяжелых металлов. Вестник Житомирского инженерно-технологического института. Технические науки. Житомир, 2002. Выпуск 1, (20). С 37 – 44.