

### **Использование природного минерала селадонита в процессах улучшения качества водной среды**

В настоящее время для улучшения качества вод питьевого назначения традиционно используются методы, обычно включающие в себя отстаивание, фильтрование и обеззараживание. Как показывают работы ряда ученых, (Штанников, Врочинский и др.), что традиционные методы не всегда служат барьером на пути проникновения загрязняющих веществ в водопроводную воду. А при традиционном способе обеззараживания - хлорировании иногда появляются новые более токсичные соединения.

Фильтрованию обычно проводят через фильтры, где в качестве зернистого фильтрующего материала используется главным образом кварцевый песок. Однако, дефицитность требуемых фракций кварцевого песка (0,5-2 мм) в Узбекистане, и их высокая стоимость, и стремление к увеличению грязеемкости фильтров вызывают необходимость поиска новых, более дешевых и широко распространенных материалов, обладающих более развитой, по сравнению с кварцевым песком, удельной поверхностью и большей пористостью. Поэтому в мировой практике водоснабжения широко стали использовать фильтры с загрузкой из природных сорбентов (цеолитовые, диатомитовые и др.) [2].

Применение клиноптилолитовых (цеолитовых) фильтров при очистке воды приводит к существенному снижению цветности воды, ее мутности и резкому уменьшению содержания фитопланктона.

Во многих странах мира для очистки воды в больших коммунальных домах, воды плавательных бассейнов, доочистки сточных вод нефтепромыслов и нефтеперерабатывающих заводов широкое распространение получили фильтры с намывным слоем фильтропорошка (диатомитовые) [2].

Земля Узбекистана также очень богата на различные природные минералы, которые обладают уникальными адсорбционными свойствами. Среди этих минералов, наряду с бетонитами и глауконитами следует выделить и природный минерал селадонит, месторождения которого на территории Республики Узбекистан характерны для срединного Тянь-Шаня и Юго-Западных отрогов Гиссарского хребта [1].

Селадонит, как и другие минералы группы гидрослюд, диспергируется в водной среде и быстро набухает, и при непосредственном использовании его в водоочистительных целях, могут появиться дополнительные трудности.

Поэтому для предотвращения диспергирования таких минералов в воде, их необходимо подвергать специальной обработке, которая может быть либо химической (кислотная обработка), либо термической. В наших исследованиях мы выбрали наиболее доступный термический метод обработки. Работы велись с одновременным определением адсорбционной емкости образца. По результатам предварительных определений остановились в варианте, где измельченный в ступке минерал отсеивали через сито ( $0,16 < d < 0,7$ ) и подвергали обжигу в муфельной печи при  $t = 700$  °С, в течение одного часа.

Для определения адсорбционных характеристик полученный материал был отмыть дистиллированной водой до такой степени, чтобы там вообще не было ионов аммония. После этого высушенные до сухого состояния образцы в количестве по 2 г, помещались в химическую склянку и заливались раствором иона аммония с концентрацией  $9,5$  мг/дм<sup>3</sup> в количестве  $20$  дм<sup>3</sup>. Содержимое склянок тщательно перемешивалось и оставлялось в состоянии покоя на сутки для установления адсорбционного равновесия. На следующие сутки содержимое стакана сливался в другой стакан, а сорбент вновь заливался раствором

иона аммония с той же исходной концентрацией. В каждом сливе определялось содержание иона аммония ( $C_i$ ). Опыты продолжались до полного насыщения сорбента. Работы велись в 3-х кратной повторности.

Адсорбционная емкость сорбента по отношению к иону аммония ( $\text{NH}_4$ ) определялась по формуле:

$$A = \frac{V * (C_i - C_0)}{1000 * m}$$

где V- объем обработанной воды, мл;

$C_i$  -содержание вещества в исходной воде, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_0$  -содержание вещества в обработанной воде, мг/дм<sup>3</sup>;

m -вес сорбента, г.

Результаты опытов показали, что исчерпывание поглощающей способности фильтросорба произошло на 15-ые сутки с начала опытов. При этом подвергался обработке 90-кратный объем воды по отношению к весу сорбента с начальной концентрацией 9,5 мг/дм<sup>3</sup>. Адсорбционную емкость определяли на основе равновесных концентраций, определенных при каждом сливе. Таким образом, общая адсорбционная емкость к концу опытов составляла 0,64 мг/г иона аммония. При этом степень очистки в начальном периоде составляла 64 % (таблица 1).

Таблица 1. Изменение эффективности очистки и емкости поглощения природного минерала селадонита при удалении из воды ионов аммония (в статических условиях)

показатель	продолжительность опыта, сутки												
	1	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15
вес сорбента, грамм	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
содержание $\text{NH}_4$ в исходной воде, мг/дм <sup>3</sup>	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
равновесная концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	0,2	0,5	1,1	2,1	3,3	4,4	4,7	5,2	5,9	6,8	7,5	8,4	9,3
эффективность очистки, %	97,9	94,7	88,4	77,9	65,3	53,7	50,5	45,3	37,9	28,4	21,1	11,6	2,1
объем обработанной воды, дм <sup>3</sup>	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260
объем обработанной воды по отношению к весу сорбента	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
адсорбционная емкость, мг*экв/г	0,093	0,09	0,08	0,074	0,062	0,051	0,048	0,043	0,036	0,027	0,02	0,011	0,002
полная адсорбционная емкость, мг*экв/г	0,093	0,183	0,267	0,341	0,403	0,454	0,502	0,545	0,581	0,608	0,628	0,639	0,641

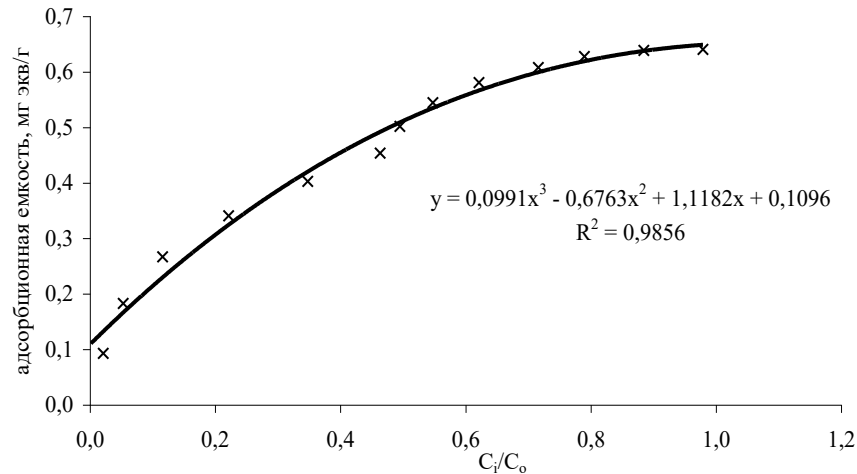


Рисунок 1. Изменение адсорбционной емкости селадонита в статических условиях

Таким образом, проведенные исследования показали, что путем термической обработки селадонита при  $t=700\text{ }^{\circ}\text{C}$ , можно получить высокоэффективный фильтросорб.

При проведении исследований по изучению эффективности применения фильтров с селадонитовой загрузкой, в качестве контроля использовался фильтр, загруженный песком, который является традиционным фильтрующим элементом в водопроводных очистных сооружениях.

Для проведения исследований в лаборатории был организован специальный стенд, состоящий из бака, одновременно служившего как отстойник, и фильтровальных колонок загруженных определенными количествами песка (33,5 грамма) и модифицированного селадонита (33,5 грамма). Из-за разницы объемных весов, загруженные в колонки (диаметр - 10 мм) песок и селадонит имели разную толщину загрузки- 300 и 380 мм соответственно. Гранулометрический состав зерен обоих фильтрующих элементов находились в пределах 0,2 – 1,0 мм. Вода в фильтровальные колонки подавалась из бака-отстойника, который для обеспечения свободного тока воды располагался на высоте 1 м выше чем колонки.

Изучение очищающей способности селадонита проводились путем сравнения качественных составов исходной и профильтрованной через селадонитовые фильтры воды. Изучение изменения качественного состава вод проводились по органолептическим и физико-химическим показателям (сухой остаток, запах, привкус, прозрачность, содержание сульфат- и хлор-ионов, ионов аммония, нитратов, нитритов, БПК<sub>5</sub>), а также по макро- и микроэлементному составу (Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, F).

Пробы отбирались из исходной (речной) воды, после отстойника (через 40 мин. отстаивания) и из обработанной воды, после фильтров. Лабораторные анализы химического состава проводились в соответствии с общепринятыми методами анализа [5].

Полученные результаты показали (таблица 2), что прозрачность воды после прохождения фильтров увеличивается от 15 см (в исходной) до 30 см (в фильтрате), что соответствует нормам O'zDSt 950:2000 “ Вода питьевая, гигиенические требования и контроль за качеством”.

Таблица 2. Изменение органолептических и физико-химических показателей при фильтровании воды через селадонитовый фильтр (контроль - песчаный)

Показатели	един. измер.	исходная вода	после отстоя-ника	после селадонитового фильтра			после песчанного фильтра (контроль)		
				1*	2	3	1	2	3
Прозрачность	см	15	18	30	30	30	30	30	30
Запах	балл	2	2	0	0	0	0	0	0
Привкус	балл	2	2	0	0	0	0	0	0
pH		6,9	6,9	7,2	7,2	7,0	7,2	7,0	7,0
Общая жесткость	моль/дм <sup>3</sup>	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	56,11	56,11	60,12	60,12	60,12	60,12	60,12	60,12
Магний	мг/дм <sup>3</sup>	30,14	30,14	27,97	27,97	27,97	27,97	27,97	27,97
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	380	372	372	372	366	362	362	360
Сульфаты SO <sub>4</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	87,24	70,95	70,72	70,65	69,13	70,78	70,75	70,75
Хлориды Cl	мг/дм <sup>3</sup>	24,36	24,36	24,36	24,36	24,36	24,36	24,36	24,36
Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	11,5	9,5	9,0	7,5	7,3	10,7	8,0	8,7
Нитриты	мг/дм <sup>3</sup>	0,06	0,06	0,05	0,03	0,03	0,057	0,03	0,03
Растворенный кислород	мгО/дм <sup>3</sup>	14,55	13,66	9,8	9,8	10,52	9,61	9,8	10,52
БПК <sub>5</sub>	мгО/дм <sup>3</sup>	5,4	3,09	1,52	0,66	1,09	0,74	2,84	2,84
Фтор	мг/дм <sup>3</sup>	0,60	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
Медь	мг/дм <sup>3</sup>	0,00	0,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	0,02	0,02	0	0	0	0,04	0,10	0,10
Железо	мг/дм <sup>3</sup>	0,00	0,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
Свинец	мг/дм <sup>3</sup>	0,009	0,009	0	0	0	0,008	0,003	0,005

Примечание: 1\*-сутки работы фильтра

Если запах исходной воды был слабый, то (2 балла), то в фильтрате не чувствовалось никакого запаха (0 баллов)

Вкус и привкус воды, обнаруживаемые непосредственно в воде не должны превышать 2 балла. При проведении опытов привкус в исходной воде равнялся 2 баллам, а в фильтрате исчез, то есть равнялся нулю.

Величина водородного показателя в воде находился в пределах 6,9-7,2, что соответствует общепринятым нормам (6,5-8,5).

Во время проведения опытов общая жесткость исходной воды равнялась 5,3 мг-экв/дм<sup>3</sup> и не наблюдалось ее изменение после прохождения воды через обоих фильтров (по O'zDSt 950:2000 допустимая величина общей жесткости равняется 7 мг-экв/дм<sup>3</sup>).

Плотный остаток воды характеризует содержание минеральных солей и нелетучих органических соединений, а его концентрация в воде не должна превышать 1000 мг/дм<sup>3</sup> (O'zDSt 950:2000). Содержание сухого остатка в исходной воде равнялся 380 мг/дм<sup>3</sup>, а после прохождения фильтров менялся в очень незначительном количестве, т.е. в фильтрате его содержание колебался от 366 до 372 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация азотсодержащих веществ (NO<sub>3</sub>) в исходной воде (11,5 мг/дм<sup>3</sup>) немного превышало допустимое (10 мг/дм<sup>3</sup> по азоту). При фильтровании через селадонитовый фильтр содержание NO<sub>3</sub> в воде уменьшилось до 7,3 мг/дм<sup>3</sup> т.е. на 40%, а в контроле (через песок) всего до 8,0-10,7 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация  $\text{NO}_2$  также уменьшилось почти вдвое. Если в исходной воде содержание  $\text{NO}_2$  было  $0,06 \text{ мг/дм}^3$ , то в обоих фильтратах она снизилась до  $0,03 \text{ мг/дм}^3$ .

Для водоемов хозяйственно-питьевого водоснабжения величина полного БПК регламентируется как не более  $3 \text{ мг/дм}^3$  кислорода. При проведении опытов содержание БПК<sub>5</sub> в исходной воде ( $5,4 \text{ мгО/дм}^3$ ) превышал предельно-допустимые концентрации 1,8 раз. При использовании селадонита БПК<sub>5</sub> воды в фильтрате уменьшился до  $0,66-1,52 \text{ мгО/дм}^3$ , а в контроле (фильтрование через песчаный фильтр) этот показатель равнялся  $0,74 - 2,84 \text{ мгО/дм}^3$ , что свидетельствует об эффективности использования селадонита для удаления из воды загрязнений органического происхождения.

Изучение эффективности очистки природных вод от ионов металлов в фильтрах с селадонитовой загрузкой проводили путем определения их концентраций в исходной и в отфильтрованной воде и дальнейшего сопоставления результатов. В ходе опытов изучалась динамика ионов таких металлов, как медь (Cu), цинк (Zn), и свинец (Pb) (таблица 3).

Таблица 3. Изменение содержания токсичных металлов в воде при фильтровании воды через селадонитовый фильтр (контроль - песчаный)

Показатели	единица измерения	исходная вода	после отстойника	после селадонитового фильтра			после песчаного фильтра (контроль)		
				1*	2	3	1	2	3
Медь	$\text{мг/дм}^3$	0,0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
Цинк	$\text{мг/дм}^3$	0,02	0,02	0	0	0	0,04	0,1	0,1
Свинец	$\text{мг/дм}^3$	0,009	0,009	0,001	0	0	0,008	0,003	0,005

Примечание: 1\*-сутки работы фильтра

Результаты показали, что селадонит является эффективным средством для удаления из воды ионов свинца ( $\text{Pb}^{2+}$ ). Так, если содержание свинца в исходной воде равнялось  $0,009 \text{ мг/дм}^3$ , то в фильтрате после селадонитового фильтра во весь период проведения опытов ионов свинца обнаружено не было (100 %-ная очистка), а в контрольном варианте после песчаного фильтра концентрация свинца колебалась в пределах  $0,003-0,0075 \text{ мг/дм}^3$ , что свидетельствует о 15-80 % -ной эффективности очистки воды.

В использованной во время опытов исходной воде концентрация цинка равнялась  $0,02 \text{ мг/дм}^3$ . После селадонитового фильтра этот показатель снизился до нуля, а в контрольном варианте она не только не снизилась, наоборот даже повысилась, что свидетельствует о явном превосходстве селадонитовых фильтров над песчаными.

Таким образом, делается вывод, что селадонит является эффективным средством для удаления из воды ионов тяжелых металлов.

Выводы:

1. Для предотвращения диспергирования природного минерала - селадонита в воде его необходимо подвергать предварительной обработке. Путем одночасовой термической обработки селадонита при  $t=700 \text{ }^\circ\text{C}$  можно получить эффективный фильтросорб.
2. Благодаря развитой удельной поверхности и большой межзерновой пористости селадонит лучше, чем песок способствует удалению из природных вод биогенных элементов, ионов тяжелых металлов, соединений органического происхождения, а также частично минеральных солей.
3. Селадонитовый фильтр является эффективным средством для удаления из воды ионов тяжелых металлов.

#### Список использованных источников

1. Юсупов Р.Г. Селадониты и их минерально-сырьевые ресурсы (РУз). Узбекский геологический журнал. 1993, №2, стр.42-50.
2. Тарасевич Ю.И. - Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев, "Наукова Думка", 1981, с.208.
3. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И. - Химический анализ производственных сточных вод. М.: Химия, 1974, с.336.