

Ю. А. Тунакова, А. Р. Галимова, Ю. А. Шмакова

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ДООЧИСТКИ ПИТЬЕВЫХ ВОД В КОНЕЧНОЙ ТОЧКЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ

Ключевые слова: водоочистка, питьевая вода, ионы металлов.

Исследована эффективность мембранных, ионообменных и сорбционных систем очистки в условиях мягкой водопроводной воды от поверхностных источников водоснабжения и в условиях повышенной жесткости воды подземных источников водоснабжения. Показано, что эффективность многих фильтров систем при очистке жесткой воды снижается. Установлено, что для очистки от катионов достаточно эффективными являются полимер содержащие ионообменные фильтры, которые также обеспечивают достаточную степень доочистки питьевой водопроводной воды от солей жесткости. Фильтры, реализующие одинаковый механизм очистки и имеющие разные торговые названия показывают схожую эффективность.

Keywords: water purifying, drinking water, metal ion.

Efficiency membranous, ion-exchange and sorption systems of clearing in conditions of soft water from superficial sources of water supply and in conditions of the increased rigidity of water of underground sources of water supply is investigated. It is shown, that efficiency of many filters of systems at clearing hard water is reduced. It is established, that for clearing from cations effective enough are polymer containing ion-exchange filters which also provide a sufficient degree of additional cleaning of drinking water from salts of rigidity. The filters realizing the identical mechanism of clearing and having different trading names show similar efficiency.

Введение

Согласно данным Госдоклада об охране окружающей среды [1] за 2007-2011 гг. к числу приоритетных веществ, загрязняющих питьевую воду систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, отнесены:

- а) за счет поступления из источника водоснабжения: аммиак, железо, соли кальция и магния, марганец, стронций, нитраты, сульфаты;
- б) за счет загрязнения питьевой воды в процессе водоподготовки: алюминий;
- в) выявляющиеся в питьевой воде в процессе транспортирования воды: железо, цветность, мутность.

То есть, выявлено значительное загрязнение питьевых вод катионами металлов. Следует отметить, что на отдельных исследуемых участках доля проб из водопроводной сети, не соответствующих гигиеническим требованиям, выше, чем в источниках централизованного водоснабжения, что говорит о загрязнении воды в водопроводной сети и необходимости доочистки питьевой воды с применением фильтров и фильтросистем.

Однако, из-за разнообразия представленных на потребительском рынке фильтров и фильтросистем, возникает проблема выбора той или иной системы очистки, наиболее эффективной в конкретных условиях. Существуют фильтры, реализующие как комплексную, так и специфическую (от металлов) очистку воды. Возможности фильтров по очистке воды, реализация того или иного способа очистки определяет как эффективность фильтров, так и их рыночную стоимость. Однако информация об эффективности фильтров в различных условиях эксплуатации, при фильтрации вод разных типов практически отсутствует. Предметом нашего исследования являются сравнение эффективности

различных типов фильтров в отношении катионов металлов в условиях мягкой поверхностной и жесткой подземной воды.

Экспериментальная часть

Нами определялось содержание катионов пяти металлов, присутствие которых отмечено в водопроводной питьевой воде, до и после применения различных фильтров. Вода отбиралась непосредственно в городских квартирах, по выделенным зонам исследования, снабжаемым Волжским и Азинским водозаборами. Поскольку ранее было установлено, что содержание металлов в большей степени зависит от принадлежности проб воды к поверхностному или подземному источнику водоснабжения, нежели чем от протяженности и ветхости водопроводов и разводящих сетей, то сравнивалась эффективность фильтров для очистки воды двух типов – Волжской (поверхностной) и Азинской (артезианской).

Для исследования были выбраны фильтры трех типов, наиболее широко представленные на потребительском рынке. Использовались только новые системы очистки, не более чем с 10% отработанным ресурсом относительно гарантийных сроков. Эффективность оценивалась по соотношению параметров до и после фильтрации выраженному в процентах.

Фильтры типа "HIMBUS" ("ECO MASTER", "Instapure", "Omni total plus") - многоступенчатые, мембранные, обратного осмоса. Они эффективно очищают воду любой минерализации как от металлов, так и от органических примесей. Очень эффективны. Недостаток – необходим достаточный напор воды. Очищают воду от всех анализируемых металлов до следовых концентраций (порядка 0.0001 мг/л). На выходе есть возможность минерализации воды до заданной жесткости. Средняя эффективность составляет 83 %, достигая

99% (по Fe). При использовании жесткой воды эффективность сорбции металлов снижается незначительно (рис.1.), при этом удаление солей жесткости происходит очень эффективно, достигая 67% (рис.2.).

Наливные угольные фильтры (емкость со сменным картриджем), типа «Барьер», «Brita» - сорбционные фильтры, обычно на основе активированных углеволокнистых материалов (АУВМ). Они недороги и достаточно эффективны при сравнительно небольшом количестве фильтруемой воды (6-9 л/день). Не требуют подключения к водопроводному крану. Существенный недостаток недорогих моделей (без импрегнированного серебром угля) – активное развитие в порах сорбента микрофлоры. Значительно уступают в целом дорогим системам очистки, однако эффективно сорбируют Pb и Fe. Средняя эффективность – 67%. Максимальная – 92% (по Sr). Однако в условиях повышенной жесткости эффективность сорбции стронция значительно падает, снижается также и фильтрация солей жесткости (рис.1.-3.). Неудовлетворительно функционируют в условиях повышенной жесткости воды.

«Напорные» (проточные) ионообменные или комбинированные фильтры ("Родник-3М", "Росинка", «Водолей») – сорбционные и ионообменные, с естественным минеральным сорбентом (цеолиты + активированный уголь), подключаются к водопроводному крану. Цеолитами называются минералы из группы водных алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных элементов с тетраэдрическим структурным каркасом, включающим полости (пустоты), занятые катионами и молекулами воды. Общим для всех минералов из группы цеолитов является наличие трехмерного алюмокремнекислородного каркаса, образующего системы полостей и каналов, в которых расположены щелочные, щелочноземельные катионы и молекулы воды. Катионы и молекулы воды слабо связаны с каркасом и могут быть частично или полностью замещены (удалены) путем ионного обмена и дегидратации, причем обратимо, без разрушения каркаса цеолита. Лишенный воды цеолит представляет собой микропористую кристаллическую «губку», объем пор в которой составляет до 50% объема каркаса цеолита. Такая «губка», имеющая диаметр входных отверстий от 0,3 до 1 нм (в зависимости от вида цеолита) является высокоактивным адсорбентом. Диаметр входных отверстий «губки» имеет строго определенные размеры. В связи с этим происходит так называемый молекулярно-ситовый отбор при сорбции молекул. Ионообменные свойства цеолитов определяют особенностями химического сродства ионов с кристаллической структурой цеолита. При этом, также как и при адсорбции молекул, необходимо соответствие размеров входных отверстий в цеолитовый каркас и замещающих ионов. Ионным обменом на цеолитах удается выделять ионы,

извлечение которых другим методом часто представляет большую сложность.

Уголь, как правило, обработан азотнокислым серебром, что препятствует развитию в нем бактерий. Недостаток – необходим достаточный напор воды. Очищают воду от Pb, Zn, Fe и Cr, почти не уступая зарубежным дорогим системам. Значительное преимущество – несравнимо более доступная цена. Средняя эффективность этих фильтров составила 71 %, максимальная – 95% (по Sr) (рис.1.).

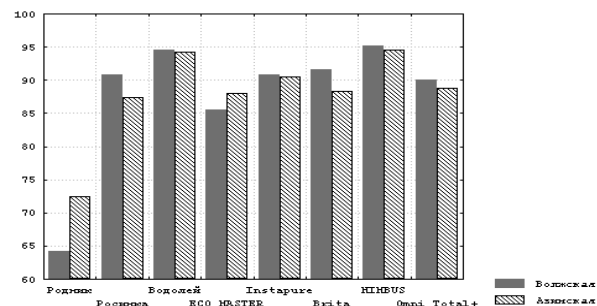


Рис. 1 – Эффективность различных фильтров по очистке воды от ионов Sr, %

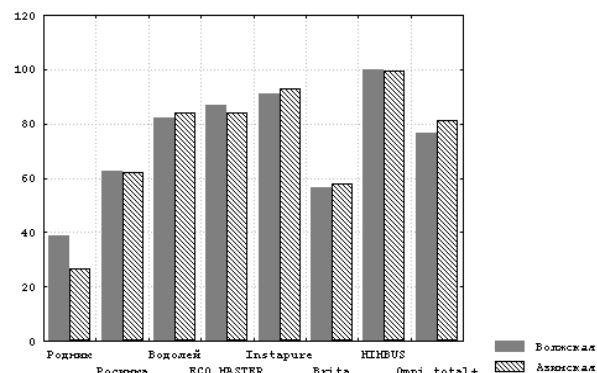


Рис. 2 – Сравнение эффективности различных типов фильтров по очистке воды от ионов Fe, %

Достаточно эффективны в условиях жесткой воды, при этом снижение жесткости достигает 34% (см. рис.3, табл.2).

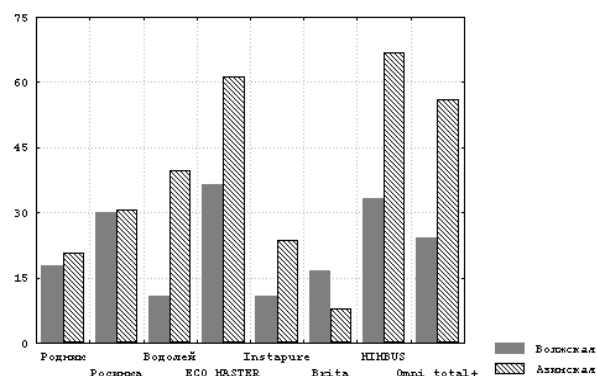


Рис. 3 – Сравнение эффективности различных типов фильтров по снижению жесткости воды, %

Результаты проведенного исследования представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 - Эффективность различных систем очистки воды от поверхностного источника водоснабжения

Конц-ия ионов металлов (мг/л)	Zn	Pb	Cr	Sr	Fe	Жесткость (мг-экв/л)
Родник-3М						
До	0.02	0.01	0.004	0.12	0.11	2.8
После	0.016	0.008	0.001	0.04	0.07	2.3
Эфф-ть	30%	33%	71%	64%	39%	18%
Росинка						
До	0.02	0.02	0.004	0.19	0.11	3.0
После	0.009	0.006	0.001	0.02	0.04	2.1
Эфф-ть	63%	60%	68%	91%	63%	30%
Водолей						
До	0.03	0.02	0.005	0.21	0.09	2.8
После	0.006	0.006	0.001	0.01	0.016	2.5
Эфф-ть	79%	71%	71%	95%	82%	11%
ECO MASTER						
До	0.02	0.01	0.007	0.13	0.11	3.3
После	0.001	*	0.001	0.02	0.01	2.1
Эфф-ть	95%	>98%	82%	86%	87%	36%
Instapure						
До	0.02	0.01	0.004	0.12	0.11	2.8
После	0.003	0.005	*	0.01	0.01	2.5
Эфф-ть	88%	58%	>93%	91%	91%	11%
Brita						
До	0.02	0.01	0.005	0.16	0.09	3.0
После	0.009	0.005	0.0015	0.01	0.04	2.8
Эфф-ть	59%	58%	71%	92%	57%	17%
HIMBUS						
До	0.02	0.016	0.004	0.12	0.11	3.0
После	0.001	*	*	0.006	*	2.0
Эфф-ть	95%	>98%	>91%	95%	>99%	33%
Omni total plus						
До	0.02	0.015	0.004	0.11	0.09	3.3
После	0.005	0.004	0.0006	0.011	0.02	2.5
Эфф-ть	78%	73%	86%	90%	76%	24%

Примечание: * - концентрация < 0.0003 мг/л.

Таким образом, показана значительная эффективность исследованных мембранных, ионообменных и сорбционных систем очистки в условиях мягкой водопроводной воды от поверхностных источников водоснабжения. В условиях повышенной жесткости воды эффективность многих систем несколько снижается. Наиболее эффективны в этих условиях мембранные фильтры, а оптимальными (по соотношению качество/цена) для рекомендаций по предотвращению поступления металлов в организм являются ионообменные фильтры. Они обеспечивают необходимую и достаточную степень доочистки питьевой водопроводной воды от солей жесткости и металлов.

Установлено, что:

1. Многоступенчатые, мембранные, обратного осмоса фильтры типа "HIMBUS" ("ECO MASTER", "Instapure", "Omni total plus") очищают питьевую воду любой минерализации (Волжский, Азинский водозаборы) от всех анализируемых металлов (Zn, Pb, Cr, Sr, Fe) до следовых концентраций (порядка 0.0001 мг/л). Средняя

эффективность составила 89%, достигая 99% (по железу). При использовании жесткой воды (Азинский водозабор) эффективность сорбции металлов снижается незначительно, при этом удаление солей жесткости происходит очень эффективно, достигая 67%.

Таблица 2 - Эффективность различных систем очистки воды подземных источников водоснабжения

Конц-ия ионов металлов (мг/л)	Zn	Pb	Cr	Sr	Fe	Жесткость (мг-экв/л)
Родник-3М						
До	0.02	0.015	0.004	0.29	0.06	7.3
После	0.015	0.009	0.001	0.08	0.04	5.8
Эфф-ть	25%	40%	62%	72%	27%	21%
Росинка						
До	0.02	0.02	0.003	0.29	0.1	7.5
После	0.009	0.007	0.001	0.04	0.04	5.2
Эфф-ть	50%	58%	63%	87%	62%	31%
Водолей						
До	0.017	0.02	0.004	0.21	0.07	7.3
После	0.003	0.006	0.001	0.01	0.01	4.4
Эфф-ть	83%	70%	66%	94%	84%	34%
ECO MASTER						
До	0.02	0.02	0.004	0.23	0.06	7.5
После	0.002	*	0.001	0.03	0.01	2.9
Эфф-ть	89%	>98%	71%	88%	84%	61%
Instapure						
До	0.02	0.02	0.003	0.24	0.07	7.2
После	0.003	0.005	0.001	0.023	0.005	5.5
Эфф-ть	86%	74%	69%	91%	93%	24%
Brita						
До	0.017	0.018	0.003	0.3	0.07	7.3
После	0.008	0.009	0.001	0.04	0.03	6.8
Эфф-ть	53%	50%	64%	88%	58%	8%
HIMBUS						
До	0.017	0.019	0.04	0.22	0.07	7.5
После	0.001	0.006	*	0.01	*	2.5
Эфф-ть	94%	69%	>91%	95%	>99%	68%
Omni total plus						
До	0.02	0.017	0.003	0.27	0.06	7.5
После	0.004	0.006	0.0008	0.03	0.01	3.3
Эфф-ть	80%	65%	77%	89%	81%	56%

* Примечание: концентрация < 0.0003 мг/л.

2. Наливные угольные сорбционные фильтры («Барьер», «Brita») - фильтры, значительно уступают мембранным системам очистки, однако эффективно сорбируют свинец и железо. Средняя эффективность – 67%. Максимальная – 92% (по стронцию). Однако в условиях повышенной жесткости эффективность сорбции стронция значительно падает (до 88%), снижается также и фильтрация солей жесткости с 17% до 8%). Неудовлетворительно функционируют в условиях повышенной жесткости воды.

3. «Напорные» (проточные) ионообменные или комбинированные (сорбционные и ионообменные) фильтры ("Родник-3М", "Росинка", «Водолей») – очищают воду от свинца, цинка, железа и хрома, почти не уступая более дорогим мембранным фильтрам. Средняя эффективность

этих фильтров составляет 71%. Максимальная эффективность – 95% по стронцию. Достаточно эффективны в условиях жесткой воды, при этом снижение жесткости достигает 34% .

Литература

1. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2011 гг.
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

© **Ю. А. Тунакова** – д-р хим. наук, проф., зав. каф. общей химии и экологии КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ: juliaprof@mail.ru; **А. Р. Галимова** – асс. той же кафедры; **Ю. А. Шмакова** – асп. каф. технологии пластических масс КНИТУ, kstu-material@mail.ru.