

Яромский В.Н., Лысенкова Т.М., Соколюк С.В.

ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ ВОД ОТ МИНЕРАЛЬНЫХ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ

В настоящее время водоснабжение практически всех (90% сельских населенных пунктов) основывается на использовании грунтовых вод, которые эксплуатируются шахтными колодцами либо неглубокими индивидуальными скважинами. Имея, как правило, хорошие вкусовые качества, эти воды подвергались глубокой геохимической трансформации под влиянием антропогенной деятельности человека. Обзор литературных данных и результаты собственных гидрохимических наблюдений указывают на высокую степень загрязненности этих вод азотистыми соединениями: максимальные концентрации нитритов и нитратов превышают допустимые по ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая" в 10-20 раз и наблюдаются в 76% всех колодцев в пределах сельских населенных пунктов /1,2/.

Для удаления нитратов и нитритов из питьевой воды известны методы ионного обмена, электродиализа, обратного осмоса, хлорирования и отдувки воздухом, биологические методы очистки /3/. Для установок средней и малой производительности для коллективных и индивидуальных водопользователей более подходят по надежности и простоте эксплуатации физико-химические методы, которые в настоящее время находятся на стадии интенсивной научно-технической проработки /4/.

В данной работе на основании экспериментальных исследований анализируется практическая возможность использования различных типов ионообменных смол для очистки природных вод от азотистых соединений методом ионного обмена.

Исходя из гигиенических и органолептических соображений, исследовались аниониты марки Purolite mun./ 600.ОН., АВ-17.8, Байер анионит Левотит, относящиеся к категории сильноосновных смол.

При проведении исследований реализован математический метод оптимального планирования эксперимента для получения экспериментально-статистической модели процесса ионообменной очистки подземных вод от нитратов и нитритов.

Согласно теории ионного обмена /5/, степень использования ионита зависит главным образом от размеров колонны и остроты фронта сорбции. Остроту фронта определяет ряд факторов, среди которых важным является кинетика процесса. Высокая селективность ионита, низкая скорость потока, малое число поперечных связей в ионите, малые размеры зерен, высокая температура и большая величина отношения длины колонны к ее диаметру способствуют повышению степени использования ионита /5/. Однако в каждом отдельном случае следует учитывать отрицательное влияние, оказываемое приведенными выше факторами. Поэтому целью экспериментальных исследований ставилось изучение влияния на эффективность процесса очистки воды от азотсодержащих соединений основных факторов работы ионообменной колонки: скорости фильтрования воды (V_f), величины отношения длины колонны к ее диаметру (h/d), температуры обрабатываемой воды (t).

Получены математические модели процесса ионообмен-

ной очистки природных вод от соединений азота, позволяющие прогнозировать эффективность работы установки в любом заданном режиме ведения процесса ионообменной очистки на ионообменных смолах (в физических переменных):

$$\begin{aligned} & \text{— для анионита марки "Purolite" mun\,600.ОН} \\ & \Theta = 89.73 - 3.42v + 9.87h/d + 0.69t + 0.45vh/d + 0.0085vt + \\ & + 0.0095th/d - 0.004vth/d + 0.003v^2 - 1.11(h/d)^2 - 0.0164t^2; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \text{— для анионита марки АВ-17.8} \\ & \Theta = 99.33 - 1.06v + 5.29h/d - 0.72t - 0.34(h/d)^2 + 0.0113vh/d - \\ & - 0.0653th/d + 0.0138vt + 0.0142v^2 + 0.0209t^2; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \text{— для Байер анионита Левотит} \\ & \Theta = 99.87 - 4.32v + 4.86h/d + 0.4t + 0.59vh/d + 0.14vt + \\ & + 0.06th/d - 0.02v^2 - 0.7(h/d)^2 - 0.03t^2 - 0.02vth/d. \end{aligned} \quad (3)$$

Анализ полученных экспериментально-статистических моделей процесса очистки, выполненный с использованием свойства функции, имеющей экстремум, позволил установить значения параметров ведения процесса, при которых имеет место максимальный эффект очистки природных вод от нитрат-ионов (см. таблицу).

Анализ уравнений указывает на то, что параметр температуры обрабатываемой воды оказывает наименьшее влияние на эффект удаления нитратов.

Более яркая зависимость эффекта очистки азотсодержащих вод независимо от типа анионита наблюдается от скорости фильтрования (рис.1).

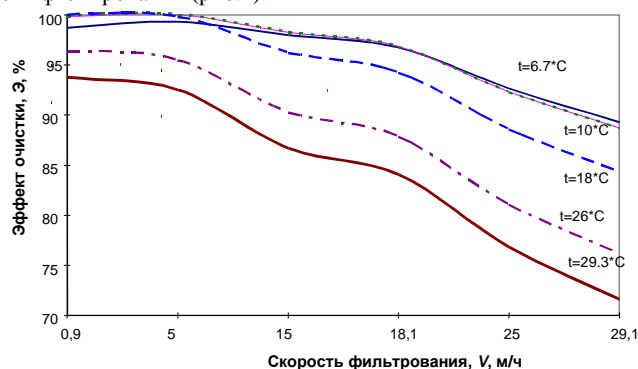


Рисунок 1. Зависимость эффекта очистки азотсодержащих вод от скорости фильтрования на анионите марки Левотит при фиксированном параметре отношения $h/d=8$

Представленные на рисунке 1 графики указывают на снижение эффекта при увеличении скорости, независимо от температуры обрабатываемой воды. При фиксированном параметре температуры (рис.2) снижение эффекта наблюдается при увеличении скорости, когда отношение h/d меньше единицы.

Этот факт можно объяснить несоответствием высоты неподвижного слоя ионита и скорости фильтрации раствора; обмен ионами протекает в неравновесных условиях, степень использования ионита снижается, падает эффект очистки. Это положение ярко иллюстрируют кривые зависимости эффекта от параметра h/d при постоянной температуре (рис.3): чем

Яромский Виктор Николаевич. К. т. н., заведующий каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения.

Лысенкова Татьяна Михайловна. К. т. н., доцент каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения.

Соколюк Светлана Васильевна. Аспирант каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения.

Брестский политехнический институт (БПИ). Беларусь, г. Брест, ул. Московская, 267.

выше скорость фильтрации обрабатываемой жидкости, тем

диффузии тем более ощутим, чем меньше скорость подачи

Таблица

Оптимальные параметры работы ионообменной колонки при использовании различных типов анионитов

Марка анионита	Скорость фильтрования V_f , м/ч	Отношение высоты фильтративной колонки к диаметру фильтра h/d	Температура обрабатываемой воды t , °С
“Purolite”mun\, 600.ОН.	18.1	7.6	9.7
АВ-17.8	20.2	7.2	18
Байер анионит Левотит	16.7	8	17.7

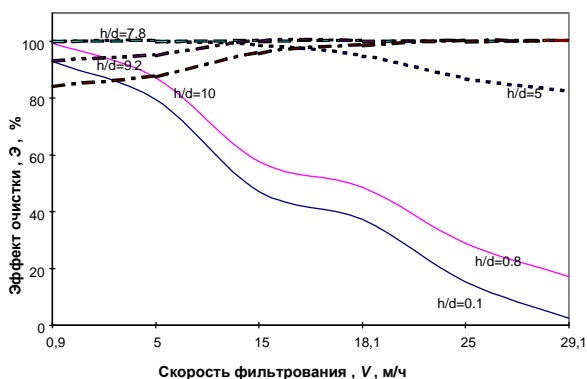


Рисунок 2. Зависимость эффекта очистки азотсодержащих вод от скорости фильтрования на анионите марки Purolite при фиксированном параметре температуры $t=9.7^{\circ}\text{C}$.

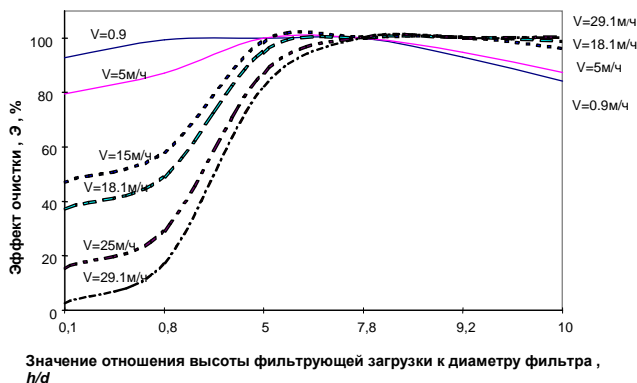


Рисунок 3. Зависимость эффекта очистки азотсодержащих вод от величины отношения h/d на анионите марки Purolite при фиксированном параметре температуры $t=9.7^{\circ}\text{C}$.

меньше эффект удаления нитратов при минимальном отношении h/d и равном 0.1.

Анализ полученных зависимостей позволяет установить наиболее сильное влияние на эффект удаления нитратов параметра отношения высоты фильтра к его диаметру. С увеличением отношения увеличивается эффект очистки (рис.3). Однако здесь существуют пределы, которые определяются как сопротивлением слоя анионита, склонностью узких колонок к пристенным эффектам и каналообразованию, так и температурой обрабатываемой воды. Это подтверждается графиками зависимостей эффекта очистки от значений параметра h/d (рис.4).

Пристенный эффект и продольная диффузия приводят к растяжению фронта ионного обмена. Эффект продольной

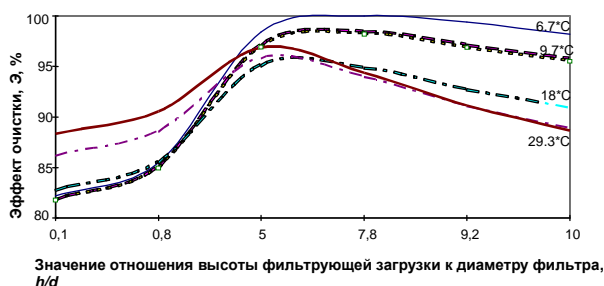


Рисунок 4. Зависимость эффекта очистки азотсодержащих вод от величины h/d на анионите марки АВ-17.8 при фиксированном параметре скорости $V=20.2\text{ м/ч}$.

раствора (участок кривой в диапазоне значений h/d от 7.8 до 10).

Таким образом, анализ полученных экспериментально-статистических моделей процесса ионообменной очистки позволил установить:

- 1) слабое влияние температуры воды на эффект удаления нитратов, что является положительным моментом, поскольку в процессе работы ионообменной колонки подаваемая потребителю вода может иметь температуру первоисточника;
- 2) более сильное влияние скорости фильтрования обрабатываемой жидкости и главенствующее влияние величины отношения высоты фильтрующего слоя к диаметру фильтра. Для эффективного использования ионита и получения заданного эффекта очистки параметр скорости легко поддается варьированию в процессе эксплуатации ионообменной установки, а значение параметра h/d может быть задано изначально при конструировании аппарата.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Качество питьевых подземных вод в сельских населенных пунктах Беларуси / Информационный бюллетень // - Мн.: БелНИЦ “Экология”. - 1997.- №5(12) - 22с.
2. Яромский В.Н., Лысенкова Т.М., Соколюк С.В. О содержании минеральных азотистых соединений в подземных водах.// Труды Международной научно-практической конференции по проблемам водохозяйственного, промышленного и гражданского строительства и экономических преобразований в условиях рыночных отношений “Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды”. Под ред. В.Е.Валуева. — Биберах-Брест- Ноттингем : Центр Трансфера Технологий (ЦТТ), TEMPUS TACIS, 1998, с. 109-113.