

Исследование безреагентного самоподдерживающегося циклического процесса обработки природной воды на основе математического моделирования

Токмачев Михаил Геннадьевич

аспирант

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
E-mail: miket@mail.ru*

Существует большое количество методов опреснения морской воды. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Для двух самых простых методов опреснения – выпаривания и пропускания раствора через мембрану – наибольший вред наносят малорастворимые соли кальция. Они способствуют закупориванию пор мембран и образованию накипи на нагревательных элементах. Поэтому необходимым этапом перед опреснением является подготовка, суть которой заключается в удалении кальция из воды. Этот процесс называется умягчением воды.

Основной целью разработки циклического самоподдерживающегося ионообменного процесса, который рассмотрен в настоящей работе, явилось создание экономически рентабельного метода умягчения морской воды. Такого типа процесс обладает тем преимуществом, что не требует никаких других реагентов, кроме самого исходного раствора. Основная идея, которая была предложена для решения проблемы, казалась очевидной и заключалась в следующем: использовать для глубокого декальцинирования исходной природной воды катионит, регенерацию которого осуществлять рассолом, получаемым после опреснения и возвращаемым в голову процесса. Термодинамическим обоснованием осуществимости такой идеи является эффект электроселективности, в соответствии с которым селективность ионообменников к многозарядным ионам понижается с увеличением суммарной концентрации солей в растворах смеси солей однозарядных и многозарядных ионов при неизменном соотношении концентрации указанных ионов.

В настоящей работе разработана математическая модель и программное обеспечение, позволяющие моделировать циклический самоподдерживающийся процесс ионообменного умягчения природных вод.

Проверка модели проведена с использованием результатов экспериментальных исследований, а тестирование программы – путем проведения тестовых расчетов параллельно с аналогичными программами, написанными ранее на других языках программирования, а также путем сравнения с аналитическими решениями некоторых частных случаев.

В настоящей работе на основе моделирования:

1) Проведена оценка влияния комплексообразования на установление циклического режима и доказана возможность установления циклического процесса для морской воды на реальных промышленных сорбентах при отсутствии комплексообразования за счет только эффекта электроселективности.

2) Найден наилучший режим работы очистительной установки, включающей 2 сорбционные колонки. Проведено исследование предложенной схемы очистки природной воды от набора многовалентных элементов и показана ее работоспособность при заданных параметрах.

3) Показана возможность отделения порций, содержащих концентрированный раствор отдельных многовалентных катионов. Исследована эффективность процесса в зависимости от распределения потоков раствора, направляемых на отбор (вывод концентрированного раствора катиона после сорбента) и на регенерацию последующих сорбентов.

4) Показана возможность умягчения слабосоленой воды с малым содержанием натрия и большим содержанием кальция. Исследована устойчивость процесса.

Литература

1. Klein G., Cherney S., Rudick E.J., Vermeulen T. Calcium removal from sea water by fixed-bed ion exchange// *Desalination*, 1968, v. 4, p. 158-166.
2. Гельферих Ф. Иониты, Москва; Иностр. Лит., 1962, с. 490 (Helfferich F. // *Ionenaustausher*, Verlag Chemie, GMBH. Weinheim, 1959).
3. Хамизов Р.Х., Мясоедов Б.Ф., Тихонов Н.А., Руденко Б.А. Об общем характере явления изотермического пересыщения в ионном обмене // *Доклады Академии Наук*, 1997, т. 356, №2, с. 216—220.
4. Пономарев А.Е., Тихонов Н.А., Хамизов Р.Х. Математическое моделирование самоподдерживающегося процесса умягчения – опреснения морской воды // *Сорбционные и хроматографические процессы*, 2002, т. 2, №5/6, с. 525-534.
5. Токмачёв М.Г., Тихонов Н.А., Хамизов Р.Х. Математическое моделирование циклического «самоподдерживающегося» ионообменного процесса умягчения-опреснения морской воды // *Сорбционные и хроматографические процессы*, 2004, т. 4, №5, с. 529-540.
6. Токмачёв М. Г., Тихонов Н. А. Исследование свойств циклического самоподдерживающегося ионообменного процесса умягчения-опреснения слабосоленых водных растворов // *Сорбционные и хроматографические процессы*, 2006, т. 6, №1, с. 32-43.