

В. А. Ильиных, Е. В. Мигалатий

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

v.a.ilinykh@mail.ru

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ В УСТАНОВКАХ ОПРЕСНЕНИЯ ВОДЫ

Недостаток воды является одной из самых серьезных глобальных проблем нашего времени. В последние годы было построено множество установок опреснения морской воды. Несмотря на значительные успехи в технологиях обессоливания, опреснение морской воды по-прежнему остается более энергоемким в сравнении с обычными технологиями обработки пресной воды. В работе рассматриваются возможные пути сокращения потребления электроэнергии с использованием высокотехнологичных материалов и современных технологий в повышении производительности и устойчивости опреснения морской воды.

Ключевые слова: мембрана; обратный осмос; опреснение; энергосбережение.

REDUCED ENERGY CONSUMPTION IN DESALINATION PLANTS

V. A. Ilinykh, E. V. Migalatiy

Ural Federal University, Ekaterinburg

Lack of water is one of the most serious global problems of our time. In recent years, many seawater desalination plants have been built. Despite significant advances in desalination technologies, desalination of seawater still remains more energy-intensive compared to conventional freshwater treatment technologies. The paper discusses possible ways to reduce electricity consumption using high-tech materials and modern technologies to increase the productivity and sustainability of the desalination of sea water.

Key words: membrane; reverse osmosis; energy-saving; description.

Внедрение обратного осмоса [1–3] для опреснения морской воды произошло в конце 1970-х годов [4]. До этого момента опреснение морской воды осуществлялось с применением термодистилляции.

С тех пор наблюдается снижение эксплуатационных затрат с момента первого внедрения как для систем обратного осмоса, так и для термодистилляции. Например, стоимость опреснения морской воды с применением термодистилляции была рассчитана в конце 1950-х годов и составляла примерно 9 \$/м³ и уже к 2000 году составляла примерно одну десятую от этой стоимости, хотя литературные данные имеют широкий разброс значений. Также были определены технологические затраты на обессоливание морской воды с применением технологии обратного осмоса, которые снизились с 4,5 \$/м³ до 1,5 \$/м³ в период с 1977 по 2000 год [5]. Основа для снижения эксплуатационных затрат связана со снижением энергопотребления и развитием рынка технологического оборудования.

Факторы, влияющие на эксплуатационные затраты и возможные пути снижения энергопотребления рассматриваются далее.

С точки зрения стоимости энергоносителей метод обратного осмоса (ОО), также, как и термодистилляция, является энергозатратным. Технология ОО может использовать лишь электроэнергию, что делает ее более автономной позволяет использовать установки ОО практически везде где есть электричество, в то время как выпарные установки используют и тепловую энергию, что при соседстве с ТЭЦ может оказаться преимуществом.

Относительно мощностей установок: сильное влияние на стоимость оказывает производительность. Для мелких установок термодистилляции доля оболочек (в общей массе) вокруг теплообменных поверхностей и для каналов пара высока, что увеличивает ее стоимость. Установки ОО являются более дешевым вариантом для не больших производительностей.

Касаемо состава исходной воды, следует учитывать наличие веществ, повреждающих мембраны; наличие веществ с высокой проницаемостью (например, борная кислота), кроме того при увеличении солесодержания исходной воды снижается селективность мембран и растет используемое давление воды, а при дистилляции растет физико-химическая депрессия и противокоррозионные требования к конструкционным материалам

Имеются принципиально важные результаты определения энергопотребления. Проницаемость мембраны может быть оценена при следующих условиях, которые представлены в табл. 1: концентрация исходной соли 4 % по массе, значения всех рабочих параметров в допустимых пределах, воздействие изменения концентрации соли 10 %, эффективное использование энергии, потери давления вдоль канала концентрата и чистой воды.

Влияние ключевых параметров на удельное энергопотребление обратного осмоса

Изменение параметр	Изменение в E, %
10 %-ное снижение концентрации соли (4–3,6 мас. %)	7,8
10 % относительного увеличения извлечения энергии (80–88 %)	3,5
10 %-ное снижение потерь давления (1,6–1,44 бар Δp_{loss})	0,4
10 %-ное снижение проницаемости мембраны (1,5–1,35 бар Δp_{RO})	0,2

Данные таблицы указывают на то, что концентрация соли будет оказывать значительно большее влияние на удельное энергопотребление на поверхности мембраны из-за явления концентрационной поляризации (КП).

Технология обратного осмоса за последние два десятилетия значительно улучшилась, и текущие установки обессоливания могут опреснять морские воды с затратами гораздо меньшей энергии, чем термодистилляция. Однако при значительном содержании солей более 50 г/л более эффективной в отношении энергопотребления становятся установки термодистилляции.

Таким образом, в настоящее время обратный осмос является наиболее энергосберегающей технологией для опреснения морской воды и является эталоном сравнения для любой новой технологии опреснения морских вод.

Список использованных источников

1. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : учеб. для хим.-технол. специальностей. Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. М. : Химия, 1992. 414 с.
2. Обратный осмос. Ультрафильтрация : библиографический указатель отечественной и иностранной литературы (1958-1974 гг.). Ч. 1 / М-во высш. и сред. спец. образования СССР, Моск. хим.-технол. ин-т им. Д. И. Менделеева, Науч.-техн. б-ка, Информ.-библиогр. отд.; [сост. Благодословенская Е. Л., Свитцов А. А.]. М. : [б. и.], 1976. 177 с.
3. Свитцов А. А. Введение в мембранную технологию / А. А. Свитцов. М. : ДеЛи принт, 2007. 207 с. : ил., табл.
4. Al-Gholaikah, A., El-Ramly, N., Jamjoom, I., Seaton, R. [at al.] The world's first large seawater reverse osmosis desalination plant, at Jeddah, Kingdom of Saudi Arabia [Electronic resource] // Desalination. 1978. Vol. 27 (3). P. 215–231. URL: <http://booksc.org/book/4051111/87abcd> (дата обращения: 20.11.2018)
5. Zhou, Y., Tol, R. S. J. [at al.] Implications of desalination to water resources in China e an economic perspective [Electronic resource] // Desalination. 2004. Vol. 164. P. 225–240. URL: <https://ideas.repec.org/p/sgc/wpaper/22.html> (дата обращения: 20.11.2018)