

РАЗРАБОТКА И ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ
ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОФИЛЬТРАЦИИ
И УТИЛИЗАЦИИ КОНЦЕНТРАТА В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ
АМУДАРЬИ

Жолдасбайев Мийратдийн Сулгамурат-ули
Joldasbayev Miyratdiyn Sultamurat-uli
Joldasbayev Miyratdiyn

Каракалпакский государственный университет им. Бердаха, г. Нукус
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti, Nukus shahri
Karakalpak State University named after Berdakh, Nukus

Автор-корреспондент:

Tegishli muallif:

Corresponding author:

Аннотация: В статье представлен подход к очистке природных вод в нижнем течении реки Амударья с использованием нанофильтрации (НФ) для удаления высокой концентрации солей и органических загрязнителей, а также описаны методы утилизации образующегося концентрата. Рассмотрены основные этапы очистки, включая предварительную обработку, фильтрацию методом НФ и утилизацию концентрата. Экспериментальные результаты демонстрируют эффективность предложенной схемы для снижения жесткости и цветности воды, а также даны рекомендации по утилизации концентрата.

Anotatsiya: Maqolada tuzlar va organik ifloslantiruvchi moddalarning yuqori konsentratsiyasini olib tashlash uchun nanofiltratsiya (NF) yordamida Amudaryo daryosining quyi oqimidagi tabiiy suvlarni tozalash yondashuvi keltirilgan va hosil bo'lgan konsentratni yo'q qilish usullari tasvirlangan. Tozalashning asosiy bosqichlari, shu jumladan oldindan ishlov berish, NF filtrlash va konsentratni yo'q qilish ko'rib chiqiladi. Eksperimental natijalar suvning qattiqligi va rangini kamaytirish uchun tavsiya etilgan sxemaning samaradorligini ko'rsatadi va konsentratni yo'q qilish bo'yicha tavsiyalar beriladi.

Abstract: The article presents an approach to the purification of natural waters in the lower reaches of the Amu Darya River using nanofiltration (NF) to remove high concentrations of salts and organic pollutants, and describes methods for recycling the resulting concentrate. The main stages of purification, including pretreatment, filtration by the NF method and utilization of



concentrate, are considered. The experimental results demonstrate the effectiveness of the proposed scheme for reducing the hardness and color of water, and recommendations for the utilization of concentrate are given.

Ключевые слова: *очистка природных вод, нанофильтрация (НФ), утилизация концентрата, мембранная фильтрация, высокая жесткость воды, коагуляция.*

Kalit so'zlar: *tabiiy suvlarni tozalash, nanofiltratsiya (NF), konsentratni yo'q qilish, membranani filtrlash, suvning yuqori qattiqligi, koagulyatsiya.*

Keywords: *natural water purification, nanofiltration (NF), concentrate utilization, membrane filtration, high water hardness, coagulation.*

ВВЕДЕНИЕ

Водные ресурсы в нижнем течении реки Амударьи подвергаются значительному антропогенному воздействию, что приводит к увеличению солености, жесткости и органическому загрязнению. Это представляет проблему для использования воды как для питьевых нужд, так и для орошения. Нанофильтрация (НФ) является эффективным методом мембранной фильтрации, способным удалять двухвалентные ионы и органические соединения, что позволяет снизить жесткость и цветность воды. Однако использование НФ приводит к образованию концентрата — побочного продукта с высокой концентрацией загрязняющих веществ. Цель данного исследования — разработка технологических схем, включающих НФ и устойчивую утилизацию концентрата, с учетом специфических условий региона.

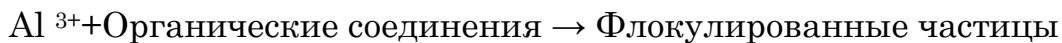
МЕТОДЫ

Характеристика воды и оборудование. Для исследования использовали природную воду из нижнего течения реки Амударьи, характеризующуюся высокой жесткостью (15 мг-экв/л) и цветностью, вызванной органическими веществами (около 100 ед.). Для лабораторных испытаний применялась НФ-мембрана типа NF-270, а на этапе предварительной обработки воды использовали коагулянты — хлорид алюминия ($AlCl_3$) и сульфат железа ($Fe_2(SO_4)_3$) для удаления органических загрязнителей перед НФ.



ЭТАПЫ ПРОЦЕССА

Коагуляция и флокуляция. Для предварительной обработки добавляли коагулянты для удаления органических соединений и предотвращения засорения мембран на этапе НФ. Коагуляция с использованием $AlCl_3$ описывается следующим образом:



Оптимизация дозировки коагулянтов позволила максимально эффективно удалять органические вещества и повысить производительность НФ.

• **Наночистка.** После коагуляции вода поступала на НФ, где удалялись двухвалентные ионы (Ca^{2+} и Mg^{2+}), что снижало жесткость воды. Основной поток через мембрану описывается уравнением:

$$Q = \frac{\Delta P - \Delta \pi}{R_m + R_c}$$

где ΔP – прикладываемое давление, $\Delta \pi$ – осмотическое давление, R_m – сопротивление мембраны, а R_c – сопротивление вследствие загрязнений.

• **Утилизация концентрата** Концентрат, полученный в процессе НФ, содержал высокую концентрацию двухвалентных ионов и органических веществ, что требовало особого подхода к утилизации. Были изучены два метода:

• **Испарительная сушка:** Концентрат подвергали сушке для получения твердых остатков, которые могли использоваться в строительных материалах.

• **Химическое извлечение:** Из концентрата извлекали ценные элементы, такие как магний и кальций, для промышленного использования.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Эксперименты показали высокую эффективность предложенной схемы для очистки воды. Метод НФ позволил снизить жесткость воды с 15 до 2 мг-экв/л и цветность с 100 до 10 ед., что соответствует стандартам для питьевой воды. Предварительная коагуляция эффективно уменьшила органическую нагрузку, снизив степень загрязнения мембран. Концентрат успешно обрабатывался методом испарительной сушки, образуя минеральные остатки, пригодные для использования в строительных добавках, а химическая обработка позволила извлечь до 60% магния и кальция.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты подтверждают высокую эффективность НФ для снижения жесткости и цветности природной воды в нижнем течении Амударьи.



Предварительная обработка с использованием коагулянтов позволила продлить срок службы мембран и улучшить качество фильтрации. Несмотря на высокую эффективность НФ, утилизация концентрата остается важной задачей, требующей комплексного подхода. Рассмотренные методы утилизации концентрата — испарительная сушка и химическое извлечение — показали свою экономическую целесообразность и минимальное воздействие на окружающую среду. В будущем необходимо проведение полевых испытаний и анализ затрат на промышленное внедрение данных технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная технологическая схема, включающая нанофильтрацию и утилизацию концентрата, эффективно решает проблему очистки природных вод с высоким уровнем жесткости и цветности в нижнем течении Амударьи. Подходы к утилизации концентрата (испарительная сушка и химическая переработка) позволяют снизить экологическое воздействие и получить экономически ценные побочные продукты.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Первов А.Г. Технологии очистки природных вод. Процессы очистки природных вод. – Москва, Издательство АСВ, 2020.
2. Bartels, C., Franks, R., Rybar, S., & Schierach, M. (2005). The effect of feed ionic strength on salt passage through reverse osmosis membranes. *Desalination*, 184(1-3), 185-195.
3. Van der Bruggen, B., Vandecasteele, C., Van Gestel, T., Doyen, W., & Leysen, R. (2003). A review of pressure-driven membrane processes in wastewater treatment and drinking water production. *Environmental Progress*, 22(1), 46-56.
4. Bellona, C., Drewes, J. E., & Xu, P. (2008). Factors affecting the rejection of organic solutes during NF/RO treatment - A literature review. *Water Research*, 42(5-6), 1513-1532.
5. Mohammadi, T., Kazemimoghadam, M., & Saadabadi, M. (2003). Modeling of membrane fouling and flux decline in reverse osmosis and nanofiltration membranes. *Desalination*, 152(1-3), 123-130.
6. Greenlee, L. F., Lawler, D. F., Freeman, B. D., Marrot, B., & Moulin, P. (2009). Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. *Water Research*, 43(9), 2317-2348.



7. Elimelech, M., & Phillip, W. A. (2011). The future of seawater desalination: energy, technology, and the environment. *Science*, 333(6043), 712-717.

8. Xu, P., Drewes, J. E., Kim, T. U., Bellona, C., & Amy, G. (2006). Effect of membrane fouling on transport of organic contaminants in NF/RO membrane applications. *Journal of Membrane Science*, 279(1-2), 165-172.

9. Gabelich, C. J., Yun, T. I., Coffey, B. M., & Suffet, I. H. (2005). Effects of aluminum sulfate and ferric chloride coagulant residuals on polyamide membrane performance. *Desalination*, 150(3), 185-196.

10. Werber, J. R., Osuji, C. O., & Elimelech, M. (2016). Materials for next-generation desalination and water purification membranes. *Nature Reviews Materials*, 1(5), 1-15.

11. Kabsch-Korbutowicz, M., Wisniewski, J., & Urbanowska, A. (2008). Influence of feed water pretreatment on ultrafiltration membrane performance. *Desalination*, 221(1-3), 365-370.

