

Технологія водопідготовки та демініралізація вод

УДК [66.067.124:544.725.7]628.1.032

**В.В. Гончарук, Д.Д. Кучерук*, А.С. Макаров, М.Н. Балакина, Т.Ю. Дульнева,
О.О. Семинская, И.М. Косыгина**

Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского НАН Украины, г. Киев

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ И ТОПЛИВА ДЛЯ ТЭС

Разработана высокоэффективная, экономичная и безотходная технология очистки природных вод для ТЭС. Предварительную очистку воды осуществляли при помощи микрофильтрационных трубчатых керамических мембран из глинистых минералов, разработанных в ИКХХВ им. А.В. Думанского НАН Украины, которые задерживали взвешенные вещества, соединения железа и марганца соответственно на 99,9; 99,8 и 60%. Высокие разделительные свойства таких мембран обусловлены модифицированием их поверхности примесями воды в виде самообразующейся динамической мембраны, которая являлась для них дополнительным барьером. Формирование динамической мембраны способствовало задерживанию сопутствующих ионов, в частности Ca^{2+} , до 24,0%, что характерно для ультрафильтрационных мембран. Дальнейшее обессоливание проведено с использованием низконапорных обратноосмотических мембран, причем было показано, что для достижения суммарного содержания ионов в подпиточной воде паротурбинной установки ТЭС, составляющего $0,5 \text{ мг/дм}^3$, необходимо применение двух стадий обратного осмоса. Ретенат второй стадии обратного осмоса с минерализацией $50 - 60 \text{ мг/дм}^3$ может быть использован для технических целей на ТЭС. Солеосодержание образующегося после первой стадии обратного осмоса ретената составило $\sim 3 \text{ г/дм}^3$, что недостаточно для дальнейшей переработки во вторичные материальные ресурсы, тогда как современным направлением защиты окружающей среды от техногенного влияния считается внедрение систем переработки отходов производства. Ретенат первой стадии обратного осмоса был сконцентрирован с помощью разработанного в ИКХХВ им. А.В. Думанского НАН Украины электродиализатора-концентратора оригинальной конструкции, где были предложены и запатентованы конструкционные изменения по сравнению с типовыми электродиализаторами. Электродиализная обработка указанного ретената позволила за 2,5 ч при плотности тока $2,5 \text{ А/дм}^2$ сконцентрировать его до $\sim 105 \text{ г/дм}^3$. Такой рассол может быть переработан электролизом в гипохлорит натрия или каустическую соду и соляную кислоту. Диллюат с минерализацией $\sim 200,5 \text{ мг/дм}^3$ и содержанием общего органического углерода $\sim 148,3 \text{ мг/дм}^3$ может быть использован для приготовления водугольного суспензионного топлива для энергетики и металлургии. Предложены принципиальные технологические схемы очистки подпиточной воды для нужд ТЭС и приготовления топливных дисперсных систем на основе угля и отходов обратного осмоса, содержащих органические вещества.

Ключевые слова: микрофильтрация, обратный осмос, подпиточные воды ТЭС, суспензионное топливо, УФ-обеззараживание, электродиализ.

* Для листування: bantam@ukr.net

24. Makarov A.S., Klishchenko R.Є., Yegurnov A.I., Pakhar T.A. Vodougolnoe toplivo na osnove organosoderzhashchikh stochnykh vod. *Vodoochistka*. 2016. N10. S. 61–67.
25. Pinchuk V.A., Gubinskiy M.V., Potapov B.B. *Ispolzovanie vodougolnogo topliva i produktov ego pererabotki v energetike i metallurgii*. Metalurhiina teplotekhnika: Zb. nauk. prats NMA Ukrainy. Dnepropetrovsk. 2008. S. 221–227.
26. Leonov A.M., Danilov O.S. Obosnovanie vozmozhnosti effektivnogo ispolzovaniya vodougolnykh suspenziy v kotlakh sredney i maloy moshchnosti. *Gornyy inform.-analit. byul.* 2009. S. 409–416.

Received 20.06.2019

Revised 24.12.2019

Accepted 09.01.2020

В.В. Гончарук, Д.Д. Кучерук, А.С. Макаров, М.Н. Балакіна, Т.Ю. Дульнева, О.О. Семінська, І.М. Косигіна*
Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, м.Київ

*bantam@ukr.net

ВИСОКОЕФЕКТИВНА БЕЗВІДХОДНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ ВОДИ І ПАЛИВА ДЛЯ ТЕС

Розроблена високоефективна, економічна та безвідходна технологія очищення природних вод для ТЕС. Попереднє очищення води здійснювали за допомогою мікрофільтраційних трубчастих керамічних мембран із глинистих мінералів, що розроблені в ІКХХВ ім. А.В. Думанського НАН України, які затримували завислі речовини, сполуки заліза та мангану відповідно на 99,9; 99,8 та 60%. Високі розділові властивості таких мембран обумовлені модифікуванням їх поверхні домішками води у вигляді самоутворюваної динамічної мембрани, що була для них додатковим бар'єром. Формування динамічної мембрани сприяло затримуванню супутніх іонів, зокрема Ca^{2+} , до 24,0%, що характерно для ультрафільтраційних мембран. Подальше знесолення проведено з використанням низконапірних зворотноосмотичних мембран, причому було показано, що для досягнення сумарного вмісту іонів у підживлючій воді паротурбінної установки ТЕС, що становить 0,5 мг/дм³, необхідно застосування двох стадій зворотного осмосу. Ретентат другої стадії зворотного осмосу з мінералізацією 50 – 60 мг/дм³ може бути використаний для технічних цілей на ТЕС. Солевміст ретентату, що утворюється після першої стадії зворотного осмосу, становить ~3 г/дм³, що недостатньо для подальшої переробки у вторинні матеріальні ресурси, тоді як сучасним напрямком захисту оточуючого середовища від техногенного впливу вважається впровадження систем переробки відходів виробництва. Ретентат першої стадії зворотного осмосу був сконцентрований за допомогою розробленого в ІКХХВ ім. А.В. Думанського НАН України електродіалізатора-концентратора оригінальної конструкції, де були запропоновані та запатентовані конструкційні зміни порівняно з типовими електродіалізаторами. Електродіалізна обробка зазначеного ретентату дозволила за 2,5 год при густині струму 2,5 А/дм³ сконцентрувати його до ~105 г/дм³. Такий розсіл може бути перероблений електролізом на гіпохлорит натрію або каустичну соду та хлоридну кислоту. Ділюат з мінералізацією ~200,5 мг/дм³ і вмістом загального органічного вуглецю ~148,3 мг/дм³ може бути використаний для приготування водовугільного суспензійного палива для потреб енергетики та металургії. Запропоновані принципові технологічні схеми очищення підживлючої води ТЕС і приготування топливних дисперсних систем на основі вугілля та відходів зворотного осмосу, що містять органічні речовини.

Ключові слова: мікрофільтрація, зворотний осмос, підживлювальні води ТЕС, суспензійне паливо, УФ-знезараження, електродіаліз.

V.V. Goncharuk, D.D. Kucheruk, A.S. Makarov, M.N. Balakina, T.Yu. Dulneva, O.O. Seminskaya, I.M. Kosygina
A.V. Dumansky Institute of Colloid Chemistry and Water Chemistry of NAS of Ukraine, Kyiv

*bantam@ukr.net

HIGHLY EFFICIENT WASTELESS TECHNOLOGY OF WATER AND FUEL PURIFICATION FOR HPP

A highly efficient, economical and non-waste technology of natural water treatment for TPPs has been developed. Pre-treatment of water was carried out using microfiltration tubular ceramic membranes of clay minerals developed in A.V. Dumansky Institute of Colloidal Chemistry and Water Chemistry, National Academy of Sciences that delayed suspended substances, compounds of iron and manganese, respectively, by 99.9; 99.8 and 60%. The high separation properties of such membranes are due to the modification of their surface by water impurities in the form of a self-forming dynamic membrane, which was an additional barrier for them. The formation of a dynamic membrane contributed to an additional delay of concomitant ions, in particular, Ca^{2+} , up to 24.0%, which is typical for ultrafiltration membranes. Further desalination was carried out using low-pressure reverse osmosis membranes, and it was shown that in order to achieve the required total ion content in the feed water of a steam turbine TPP installation (0.5 mg/dm^3), two stages of reverse osmosis are necessary. Retentate of the second stage of reverse osmosis with a mineralization of $50 - 60 \text{ mg/dm}^3$ can be used for technical purposes at thermal power plants. The salt content of the retentate formed after the first stage of reverse osmosis was $\sim 3 \text{ g/dm}^3$, which is not enough for further processing into secondary material resources, while the introduction of waste processing systems is considered to be a modern direction in protecting the environment from technological influence. The retentate of the first stage of reverse osmosis was concentrated using the developed in A.V. Dumansky Institute of Colloidal Chemistry and Water Chemistry, National Academy of Sciences of an electro dialyzer-concentrator of an original design, where design changes were proposed and patented in comparison with standard electro dialyzers. The electro dialysis treatment of this retentate made it possible to concentrate it to $\sim 105 \text{ g/dm}^3$ for 2.5 hours at a current density of 2.5 A/dm^3 . Such a brine by electrolysis can be processed into sodium hypochlorite or caustic soda and hydrochloric acid. A dilute with a mineralization of $\sim 200.5 \text{ mg/dm}^3$ and a total organic carbon content of $\sim 148.3 \text{ mg/dm}^3$ can be used for the preparation of coal-water slurry fuels for power and metallurgy. The basic technological schemes of purification of make-up water for the needs of thermal power plants and the preparation of dispersed fuel systems based on coal and reverse osmosis waste containing organic substances are proposed.

Keywords: microfiltration, reverse osmosis, makeup water of thermal power plants, suspension fuel, UV disinfection, electro dialysis.