

Раздел второй  
**ОХРАНА ВОДНОГО БАСЕЙНА ОТ СБРОСОВ**

**2.2. Современные технологии водоподготовки на тэс и их экологическая оценка**

**2.2.4. Обратноосмотическое обессоливание воды**

*Шищенко В.В., институт ВНИПИэнергопром; Федосеев Б.С., ОАО «ВТИ»*

В последние годы в отечественной практике обессоливания воды отмечается повышенный интерес к технологии обратного осмоса. Сооружен и успешно эксплуатируется целый ряд установок обратного осмоса (УОО): на ТЭЦ-23 ОАО «Мосэнерго» (разработка ВНИИАМ, производительность 50 м<sup>3</sup>/ч, обратноосмотические мембраны поставки DOW Chemical); на Нижнекамской ТЭЦ (разработка и поставка фирмы Hidronoutics, производительность 166 м<sup>3</sup>/ч); на Магнитогорском металлургическом комбинате (разработка ВНИИАМ, производительность 90 м<sup>3</sup>/ч, обратноосмотические мембраны поставки фирмы «Filmtec»); на Воронежской ТЭЦ и Курской ТЭЦ-1 (производительность 50 и 250 м<sup>3</sup>/ч, разработка фирмы «Воронеж-аква», обратноосмотические мембраны поставки фирмы Hidronoutics); на Новомосковской ГРЭС две УОО (производительностью по 50 м<sup>3</sup>/ч); на Таганрогском автомобильном заводе (ТагАЗ) две УОО (производительностью по 50 м<sup>3</sup>/ч); на Сочинской ТЭЦ две УОО (производительностью по 7 м<sup>3</sup>/ч, изготовление, поставка и пуск в эксплуатацию последних шести установок осуществлены ООО «Энергосервис»); на Уфимской ТЭЦ-1 (производительность 50 м<sup>3</sup>/ч); на Новосибирской ТЭЦ-2 (производительность 100 м<sup>3</sup>/ч); на Новочеркасской ГРЭС (производительность 150 м<sup>3</sup>/ч, разработка фирмы «Медиа-фильтр») и на ряде других объектов [1, 25, 35, 36].

Необходимо отметить, что указанные выше УОО работают на водах, прошедших разные варианты предварительной подготовки. На ТЭЦ-23 ОАО «Мосэнерго» вода из водохранилища подвергается только коагуляции сернокислым алюминием или его оксихлоридом в осветлителях и доосветлению на механических фильтрах с двухслойной загрузкой. Фильтрат дообессоливается на вторых ступенях Н- и ОН-фильтров.

На Нижнекамской ТЭЦ на стадии проектирования была принята следующая схема предпочистки воды [35]: известково-натровая обработка воды в осветлителях с коагуляцией сернокислым железом, обработка в двухслойных механических фильтрах, Н-катионирование воды с «голодной» регенерацией катионита и очистка в фильтрах тонкой очистки. Затем вместо Н-«голодного» катионирования было использовано подкисление. Опыт работы показал недостаточную эффективность такой предпочистки, в первую очередь из-за непредсказуемого количественного и качественного состава органических загрязнителей в р. Каме. Затем УОО была переведена на питание известково-коагулированной и умягченной на натрий-катионитных фильтрах водой. Режим работы УОО улучшился, отмечено надежное удаление из воды ионодисперсных органических примесей. Доочистка фильтрата УОО осуществляется на второй ступени химобессоливающей установки (ХОУ).

На Новомосковской ГРЭС вода из водохранилища обрабатывается по следующей схеме [36]: известкование с коагуляцией сернокислым железом в осветлителях, фильтрация на осветлительных (механических) фильтрах, двухступенчатое натрий-катионирование. На УОО подается глубоко умягченная вода после натрий-фильтров второй ступени в количестве 30 % общего рас-

хода добавочной воды котлов. Кроме того, умягченная вода подкисляется до pH ≈ 9,5. Пермеат УОО смешивается с остальной частью потока умягченной воды. Концентрат УОО в количестве 1...15 м<sup>3</sup>/ч вместе с умягченной водой после натрий-фильтров первой ступени подается в теплосеть. Качество смешанного потока удовлетворяет нормативным требованиям к добавочной воде теплосети. Установка оснащена мембранными элементами «Filmtec» производства компании «Дау Кемикл».

В табл. 2.3 приведены показатели составов исходной умягченной воды и пермеата УОО, полученные на ВПУ Новомосковской ГРЭС и других объектах. Работа УОО характеризуется высокой селективностью по минеральным компонентам — 98,5...99,3 % и по органическим соединениям — 80...85 %. Эффективность удаления растворенной кремниевой кислоты составила 99,3 %, а нерекреационной кремниевой кислоты — 65...85 %. Химическая промывка мембранных элементов раствором Roclin P 111 была произведена после года эксплуатации из-за снижения производительности на 10 %. В результате режимные характеристики УОО полностью восстановились.

На Таганрогском автомобильном заводе две УОО производительностью по 50 м<sup>3</sup>/ч работают на морской воде из Таганрогского залива. Исходная вода подогревается до 20...25 °С и поступает в дегазатор, затем обрабатывается раствором катионного флокулянта в трубопроводе и очищается в осветлительных фильтрах, загруженных кварцевым песком. Осветленная вода после обеззараживания на бактерицидной установке обрабатывается раствором ингибитора и подается в УОО. Последние укомплектованы мембранными элементами SW 30 HR-380. Пермеат отводится в резервуары обессоленной воды, концентрат по специальному трубопроводу сбрасывается в залив на расстоянии 1500 м от побережья. Пермеат УОО доумягчается в натрий-катионитных фильтрах и подается на питание котлов и технологические нужды завода.

Реагентная промывка мембран производится не чаще 1 раза в 8 мес. За все время эксплуатации замена мембранных элементов производилась только в 2003 г. на одной из установок из-за снижения селективных свойств мембран на 10 % в результате отслаивания верхнего селективного слоя композитной мембраны от ультрафильтрационной подложки.

На Сочинской ТЭС исходной водой для ВПУ является вода из городского водопровода, которая без дополнительной очистки после дозирования в нее ингибитора подается непосредственно на УОО [36]. Пермеат собирается в баки и направляется на последующую ступень химического дообессоливания на Н-ОН-фильтрах, что обусловлено высокими требованиями завода-изготовителя котлов-утилизаторов к питательной воде по солености (менее 0,3 мг/дм<sup>3</sup>).

Таким образом, основная часть работающих в нашей стране ВПУ спроектированы и изготовлены различными отечественными фирмами с применением импортных мембран. Срок эксплуатации первых из них составляет

почти 10 лет. Ожидаемого многими быстрого выхода мембран из работы не произошло.

В то же время преимущества этой технологии весьма ощутимы и признаются персоналом всех электростанций, что способствует расширению их внедрения.

Опыт работы установок позволяет сделать следующие выводы:

1. Основа надежности работы установок — качественное приготовление воды, т.е. обеспечение хорошей работы предочистки и предупреждение образования осадков на мембранах с помощью различных корректирующих методов.

2. Проектирование, изготовление и ввод установки в работу должна осуществлять фирма, имеющая опыт работы с установками высокой производительности.

3. Наиболее надежно работают установки с глубоким умягчением воды перед ними методом натрий-катионирования.

4. Пермеат без доочистки для непосредственной подпитки котлов низких параметров (вместо натрий-

катионирования) следует использовать с большой осторожностью, так как он обогащен солями натрия.

5. Для подпитки котлов повышенных параметров пермеат необходимо дообессоливать на Н-ОН-фильтрах второй ступени.

6. Натрий-катионирование воды перед УОО и доочистка пермеата, а также необходимость периодической промывки мембран приводят к образованию минерализованных сточных вод, требующих дополнительных затрат на обработку и утилизацию.

7. Использование концентрата УОО, работающей на натрий-катионированной воде, для подпитки теплосети может привести к значительному увеличению минерализации сетевой воды, ее щелочности и коррозионной агрессивности, особенно в тех случаях, когда количество подпиточной воды соизмеримо с производительностью УОО. Повышенная щелочность сетевой воды увеличивает опасность накипеобразования в результате присосов водопроводной воды [37].

Таблица 2.3. Показатели качества воды (*u*) и пермеата (*n*)

Показатель	Объекты внедрения									
	АО «Новомосковская ГРЭС»		ОАО «ТагАЗ»		АО «Сочинская ТЭС»		Рязанский НПЗ		ОАО «НГХК»	
	<i>u</i>	<i>n</i>	<i>u</i>	<i>n</i>	<i>u</i>	<i>n</i>	<i>u</i>	<i>n</i>	<i>u</i>	<i>n</i>
Температура, °С	29	29	23	23	10	10	25	25	10	10
Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	0,005	0,0	31,7	0,02	2,65	0,022	5,45	0,049	0,38	0,0
Содержание Са, мг-экв/дм <sup>3</sup>	—	—	19,0	0,01	2,4	0,020	3,10	0,028	0,2	0,0
Содержание Mg, мг-экв/дм <sup>3</sup>	—	—	12,7	0,01	0,25	0,002	2,35	0,21	0,18	0,0
Щелочность, мг-экв/дм <sup>3</sup>	0,5	0,01	8,0	0,19	2,6	0,09	3,55	0,27	0,28	0,0
pH	9,9	8,8	6,87	5,0	7,84	6,0	7,8	5,85	6,47	5,1
Содержание Na, мг/дм <sup>3</sup>	86	0,9	715	14,4	12,0	1,2	27,1	0,69	2,4	0,02
Содержание Fe, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,0	0,05	0,0	< 0,1	0,0	0,1	< 0,05	0,1	0,0
Содержание SO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	122	1,5	1641	10	18,11	0,18	48	0,43	6,45	0,0
Содержание Cl, мг/дм <sup>3</sup>	24	0,2	1010	9	1,49	0,01	7,4	2,0	3,3	0,0
Содержание NO <sub>3</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	—	—	—	—	0,37	0,0	—	—	—	—
Содержание SiO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	2,8	0,025	—	—	6,0	0,09	7,6	0,14	41	0,04
Солесодержание, мг/дм <sup>3</sup>	316	4,5	4143	39,5	151	1,7	355	11,2	60	0,06
Удельная электрическая проводимость $\chi$ , мкСм/см	630	9,0	7687	84	312	3,5	715	23	129	0,14
Окисляемость, мг O/дм <sup>3</sup>	3,2	0,5	—	—	0,44	0,0	—	—	—	—