

ВЫБОР ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ЗАИНСКОЙ ГРЭС

БУШУЕВ Е.Н., канд. техн. наук, НОВОСЕЛОВА А.С., асп.

Рассматриваются основные пути совершенствования технологии обессоливания на Заинской ГРЭС в связи с необходимостью перехода на поверхностный водоисточник. Показано, что наиболее рациональным решением является переход на мембранные методы обработки воды. Приводятся эксплуатационные данные работы установки ультрафильтрации на станции.

Ключевые слова: водоподготовительная установка, источники исходной воды, мембранный метод обработки воды, обратный осмос, ультрафильтрация.

CHOOSING THE ENVIRONMENTALLY ENABLING TECHNOLOGY OF WATER PREPARATION AT ZAINSK GRES

E.N. BUSHUEV, Candidate of Engineering, A.S. NOVOSELOVA, Post Graduate Student

In the following article the authors consider the main ways to develop the desalting technology at Zaink GRES because it is necessary to change over to the surface water source. The most rational solution is transferring to the membrane methods of water treatment. The performance characteristics of ultrafiltration plant at the station are given.

Key words: water-treatment plant, source of influent water, membrane method of water treatment, reverse osmosis, ultrafiltration.

Современная тепловая энергетика РФ является одним из крупнейших загрязнителей окружающей среды. Сброс сточных вод в тепловой энергетике составляет до 16 % от общих сбросов промышленности РФ, а с учетом теплового загрязнения – свыше 36 % [1]. Основным источником солевых сбросов на ТЭС является водоподготовительная установка (ВПУ).

До настоящего времени на Заинской ГРЭС находилась в эксплуатации ВПУ, работающая по традиционной технологии трехступенчатого химического обессоливания на базе прямоточных фильтров (рис. 1). В качестве исходной воды использовалась артезианская вода (табл. 1), характеризующаяся жесткостью около 8 мг-экв/л, содержанием общей жесткостью около 8 мг-экв/л, содержанием перманганатной окисляемостью этой воды менее 1 мгО/л, ее предварительная очистка не предусматривалась.

В последние годы на Заинской ГРЭС стал ощущаться дефицит исходной воды, что может привести к снижению объема подпитки котлов и возникновению аварийной ситуации, поэтому необходим переход на другой водоисточник.

В качестве альтернативных источников исходной воды рассматривались два варианта:

- вода р. Кама (табл. 1), имеющая содержание 350–500 мг/л и перманганатную окисляемость 5–10 мгО/л. Цена Камской воды составляет около 9 руб/м³, что связано со значительными затратами на ее транспортировку;

- вода Заинского водохранилища (табл. 1), характеризующаяся высоким содержанием солей (более 1000 мг/л) и органики (49,5 мгО/л) при ХПК = 12. Цена воды Заинского водохранилища очень низкая – менее 0,2 руб/м³.

С экономической точки зрения целесообразнее использовать воду Заинского водохранилища, имеющую низкую себестоимость. Но среди рассматриваемых вод она характеризуется наихудшим качеством. Переход на воду поверхностного водоисточника приводит к необходимости предварительной очистки воды, которая в реконструируемой схеме не была предусмотрена.

Основываясь на показателях качества исходной воды (табл. 1), были проведены расчеты технологических, экологических и технико-экономических показателей для ряда схем обессоливания воды с помощью программного продукта «ПРОЕКТ ВПУ», разработанного на кафедре ХХТЭ ИГЭУ [2].

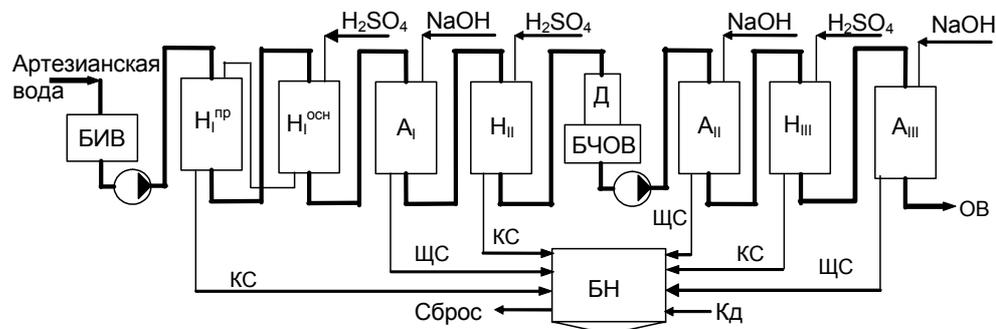


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема ВПУ на Заинской ГРЭС до реконструкции: БИНВ – бак исходной воды; Н^{пр}, Н^{осн} – предвключенный и основной Н-катионитные фильтры первой ступени соответственно; Н_{II}, Н_{III} – Н-катионитные фильтры второй и третьей ступеней; А_I, А_{II}, А_{III} – ОН-анионитные фильтры первой, второй и третьей ступеней; Д – декарбонизатор; БЧОВ – бак частично обессоленной воды; КС – кислый сток; ЩС – щелочной сток; БН – бак-нейтрализатор; Кд – корректирующая (нейтрализующая) добавка; ОВ – обессоленная вода

Таблица 1. Показатели качества исходных вод

Показатель	Значение		
	Артезианская вода	Вода р. Кама	Вода Заинского водохранилища
Общая жесткость, мг-экв/л	7,95	4,16	11,27
Концентрация ионов кальция, мг-экв/л	4,99	2,55	7,04
Концентрация ионов магния, мг-экв/л	2,96	1,61	4,23
Концентрация ионов натрия, мг-экв/л	2,87	1,45	2,03
Концентрация хлоридов, мг-экв/л	5,53	1,04	7,79
Концентрация сульфатов, мг-экв/л	1,74	1,46	2,45
Концентрация гидрокарбонатов, мг-экв/л	2,1	2,36	2,96
Концентрация нитратов, мг-экв/л	1,45	0,75	2,07
Концентрация кремниевой кислоты, мг/л	3,44	8,6	5

Переход с артезианской воды на поверхностный водоисточник при существующей схеме химического обессоливания приведет к необходимости организации предочистки, что, в свою очередь, при использовании традиционной технологии потребует установки осветлителей и ступени механического фильтрования, узлов хранения, приготовления и дозирования коагулянта и извести, а также строительства шламонакопителя. По технологическим, экологическим и экономическим показателям (табл. 2) такой переход неприемлем. Совершенствование химического обессоливания с переходом на противоточную технологию ионирования позволит уменьшить число ступеней обработки, снизить расход реагентов на регенерацию [1, 3], но общей картины не изменит. Следовательно, при переходе на поверхностный водоисточник необходимо использовать принципиально другие методы обессоливания.

В связи с тем, что содержание анионов сильных кислот в воде Заинского водохранилища более 5 мг-экв/л, рекомендуется [4] использовать схему термического обессоливания с доочисткой дистиллята на Н-ОН-ионитной ступени. Результаты расчета такой схемы представлены в табл. 3. Анализ результатов табл. 2 и 3 показывает, что такая реконструкция приведет к значительному улучшению

экологических показателей. Однако реконструкция ВПУ потребует значительных капитальных затрат, связанных с необходимостью организации предочистки, расширения солевого хозяйства, а также закупки и монтажа испарительной установки.

Большие расходы реагентов, возрастающие требования к экологической безопасности технологических процессов в водоподготовке диктуют необходимость применения малореагентных способов водоподготовки. Одним из перспективных методов является мембранный метод [5]. В целях минимизации изменения действующей схемы фирмой «Биотехпрогресс» предложено провести реконструкцию ВПУ Заинской ГРЭС на основе мембранной технологии по схеме ультрафильтрация – обратный осмос – ступень Н-ОН-ионитных фильтров (рис. 2). В настоящее время происходит поэтапное внедрение этой схемы – введена в эксплуатацию установка ультрафильтрации (УФ), которая предназначена для предварительной очистки исходной воды от механических и коллоидных примесей.

Согласно этой схеме (рис. 2), подогретая исходная вода подается в механические сетчатые фильтры с автоматической промывкой «Amiad EBS».

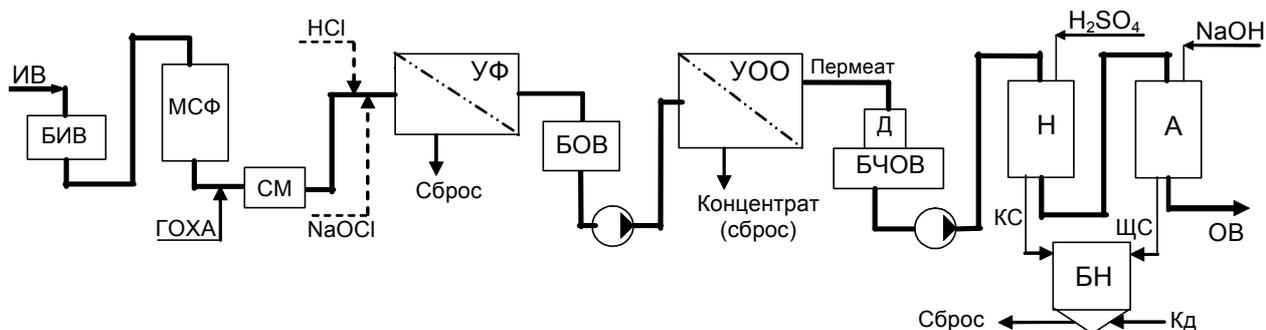


Рис. 2. Схема ВПУ на основе мембранной обработки воды: МСФ – механический сетчатый фильтр; СМ – смеситель; УФ – установка ультрафильтрации; УОО – установка обратного осмоса; БОВ – бак осветленной воды

Таблица 2. Показатели работы схемы трехступенчатого химического обессоливания

Показатель	Значение	
	Артезианская воды	Вода Заинского водохранилища
Суточный расход технических реагентов, т/сут:		
коагулянт FeSO ₄	–	0,93
известь Ca(OH) ₂	–	3,13
кислота H ₂ SO ₄	6,69	7,91
щелочь NaOH	5,63	7,11
Суточный объем сточных вод, т/сут	2343	2712
Суточный сброс солей, т/сут	9,88	11,45

Таблица 3. Показатели работы ВПУ для рассматриваемых схем обессоливания при обработке воды Заинского водохранилища

Реагент	Термическое обессоливание	Обессоливание на основе мембранных методов
Суточный расход технических реагентов (т/сут)		
Коагулянт FeSO ₄ (AlOCl)	0,70	0,25
Известь Ca(OH) ₂	2,35	–
Кислота H ₂ SO ₄	1,45	0,32
Кислота HCl	–	0,025
Щелочь NaOH	1,33	0,44
Соль NaCl	6,73	–
Соль NaOCl	–	0,004
Экологические показатели		
Суточный объем сточных вод, т/сут	834	3528
Суточный сброс солей, т/сут	6,29	1,38

Эти фильтры содержат набор сеток со степенью фильтрации от 3500 до 10 мкм. Задерживаемые примеси собираются на внутренней поверхности сетки, что вызывает возрастающую потерю напора на сетке. Через определенный интервал времени или когда потеря напора достигает определенной величины, автоматически проводится очистка. Для сетки грубой фильтрации (размер ячеек 3500–200 мкм) она проводится вращающимися вдоль сетки щетками из нержавеющей стали. Удаление задержанных примесей осуществляется через клапан в течение 15–20 с. Очистка сеток тонкой фильтрации (800–10 мкм) проводится вакуумным сканером, который движется по спирали по внутренней поверхности сетки, всасывая примеси, которые выбрасываются через промывочный клапан в течение 35–40 с. Расход воды на одну отмычку составляет 0,5 м³.

После сетчатых фильтров очищенная от грубодисперсных примесей вода поступает в смеситель, куда дозируется коагулянт – гидрооксихлорид алюминия (ГОХА).

Каждый модуль УФ состоит из 11 мембранных корпусов по 4 мембранных элемента в каждом. Производитель установки – фирма «Norit Process Technology» (Голландия). Принцип мембранного метода основан на фильтрации воды через пористую перегородку – мембрану. Размер пор составляет 30 нм при неизменном ионном составе, что позволяет задерживать тонкодисперсные и коллоидные примеси. В установке используются половолоконные элементы. Срок службы фильтрующих элементов составляет 5–6 лет, после чего требуется их замена. Установка УФ работает в автоматическом режиме. Ее обслуживание персоналом заключается в периодическом (2 раза в смену) обходе, и 1 раз в 10 дней производится заполнение расходных баков реагентов.

Промывка мембранных элементов осуществляется обратным потоком осветленной воды в течение 30 с с периодичностью 2–4 раза в час. Воды после обратной промывки очищаются на очистных сооружениях и могут быть использованы на другие нужды станции, что позволяет снизить забор исходной воды. После 40 циклов обратной промывки проводят химическую промывку модуля соляной кислотой. После 4 циклов кислотной промывки производится химическая промывка гипохлоридом натрия для предотвращения биологического обрастания мембран. Коэффициент собственных нужд установки УФ составляет в среднем 21 %.

Опыт эксплуатации установки УФ на Заинской ГРЭС (табл. 4) показывает, что она позволяет:

- снизить окисляемость обрабатываемой воды на 50 %;
- снизить содержание нефтепродуктов на 80 %;
- снизить содержание железа на 60–80 %;
- практически полностью удалить взвешенные вещества.

Использование ультрафильтрации позволяет производить обеззараживание воды и получить необходимое качество воды для использования метода обратного осмоса.

Замена первой ступени ионного обмена на установку обратного осмоса обеспечит удаление основной части солей (до 98 %) и тем самым создаст благоприятные условия для работы ионитной ступени. Суть обратноосмотической технологии заключается в продавливании воды через полупроницаемые мембраны, имеющие размеры пор, сопоставимые с размерами молекулы воды. Таким образом, мембраны практически не пропускают содержащиеся в воде растворенные соли. Каждый модуль обратного осмоса включает в себя: патронный микрофильтр, смеситель, насос высокого давления и обратноосмотические модули. В смеситель дозируется антикалянт.

Согласно проекту, предусматривается установка обратного осмоса, состоящая из трех модулей. Каждый модуль состоит из корпусов, расположенных в две ступени: 8 корпусов в первой ступени и 4 корпуса во второй. В каждом корпусе размещаются последовательно 6 рулонных мембранных элементов. Срок службы фильтрующих элементов составляет 5–6 лет, после чего требуется их замена. Доля продувки составляет ~25 %.

Нами были проведены расчеты технологических, экологических и экономических показателей схемы обессоливания на базе мембранных методов (табл. 3, 5). Расчет установки УФ проводился на основе эксплуатационных данных, установка обратного осмоса – по данным работы ВПУ Нижнекамской ТЭЦ [6], условия работы которой близки к условиям Заинской ГРЭС.

Анализ полученных данных (табл. 3) показывает, что потребление реагентов при мембранной обработке воды во много раз ниже, чем при традиционном химическом обессоливании воды. Поэтому данные технологии можно смело отнести к малореагентным технологиям.

Таблица 4. Изменение показателей качества воды Заинского водохранилища при ультрафильтрации

Показатель	Исходная вода	Осветленная вода	Сточные воды
Концентрация ионов кальция, мг/л	140,7	140,7	140,7
Концентрация ионов магния, мг/л	50,8	50,8	50,8
Концентрация ионов железа, мг/л	0,17	0,05	1,03
Концентрация хлоридов, мг/л	276,5	282	295
Концентрация сульфатов, мг/л	117,7	117,7	117,7
Концентрация гидрокарбонатов, мг/л	180,6	268	241
Концентрация ионов взвешенных веществ, мг/л	8,9	0,2	137,6
Концентрация нитритов, мг/л	0,04	0,04	0,04
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	0,11	0,05	0,54
Концентрация ХПК, мг/л	92,2	< 20	< 300
Концентрация БПК, мг/л	1,87	< 10	< 12
Концентрация сухого остатка, мг/л	978,9	980	995
Концентрация активного хлора, мг/л	–	–	0,4

Таблица 5. Техничко-экономические показатели схем обессоливания

Показатель	Химическое обессоливание при использовании артезианской воды	Мембранная обработка воды при использовании воды Заинского водохранилища
Суммарные эксплуатационные затраты, млн руб/год	34,90	19,01
Себестоимость обессоленной воды, руб/год	32,05	17,43

Несмотря на большой объем сточных вод при обработке воды мембранными методами (табл. 3), содержание солей в сточных водах в 7 раз меньше, по сравнению со схемой, которая была на станции до реконструкции; в 9 раз меньше, если устанавливать схему традиционного химического обессоливания с осветлителями, и в 5 раз меньше, если применять схему термического обессоливания.

Проведенные расчеты показали, что переход с традиционной технологии обессоливания на мембранную обработку воды для условий работы Заинской ГРЭС позволит снизить:

- потребление серной кислоты на 200 т/мес;
 - потребление щелочи на 160 т/мес;
 - суточный сброс солей на 300 т/мес;
 - численность персонала в 1,5 раза;
 - потребность в фильтрующих материалах на сумму 2,5 млн руб./год;
 - затраты на исходную воду на 12 млн руб/год;
 - расходы на ремонт фильтров и трубопроводов на 1,5 млн руб./год;
 - эксплуатационные затраты на 16 млн руб/год (табл. 4);
 - себестоимость обессоленной воды на 46 %.
- Однако такой переход имеет недостатки:
- высокие капитальные затраты, связанные с приобретением оборудования, а также необходимостью замены каждые 5–6 лет мембранных элементов;
 - увеличение расхода воды на собственные нужды.

Бушуев Евгений Николаевич,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, доцент кафедры химии и химических технологий в энергетике,
admin@xhte.ispu.ru

Новоселова А.С.,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
аспирант кафедры химии и химических технологий в энергетике,
admin@xhte.ispu.ru

Таким образом, переход на мембранные технологии обработки воды на Заинской ГРЭС позволит при улучшении технологических, экологических и экономических показателей перейти на воду Заинского водохранилища, характеризуемую повышенным солесодержанием и высоким содержанием органических примесей.

Список литературы

1. Юрчевский Е.В., Ларин Б.М. Разработка, исследование и внедрение водоподготовительного оборудования с улучшенными экологическими характеристиками // Теплоэнергетика. – 2005. – № 7. – С. 10–16
2. Бушуев Е.Н., Ларин Б.М., Бушуева Н.В. Технологическое и экологическое совершенствование водоподготовительных установок на ТЭС // Теплоэнергетика. – 2001. – № 8. – С. 23–27.
3. Боровкова И.И. Современные технические решения при проектировании водоподготовительных установок ТЭС // Энергосбережение и водоподготовка. – 2002. – № 2. – С. 3–8.
4. РД 34.20.501-45. Правила технической эксплуатации электрических станций и тепловых сетей. 15-е изд. – М.: СПО РГРЭС, 1995.
5. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. – М.: Изд-во МЭИ, 2003.
6. Опыт внедрения установки обратного осмоса УОО-166 на Нижнекамской ТЭЦ-1 / Б.Н. Ходырев, Б.С. Федоссов, А.И. Калашников и др. // Электрические станции. – 2002. – № 6. – С. 54–62.