

DOI: 10.26730/1999-4125-2018-2-140-144

УДК 628.161.3

**ОБЕССОЛИВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ КЕМЕРОВСКОЙ ГРЭС  
ИОНООБМЕННЫМ МЕТОДОМ****DESALTING TECHNICAL WATER OF THE KEMEROVSKAYA SDPS BY  
ION-EXCHANGE METHOD**

**Волкова Ольга Игоревна,**  
магистр, e-mail: olvolkova94@mail.ru  
**Volkova Olga I.,** master of science  
**Золотухина Наталья Анатольевна,**  
к.х.н., доцент, e-mail: zna.htnv@kuzstu.ru  
**Zolotukhina Natalia A.,** C.Sc. (chemical), associate Professor,  
**Черкасова Татьяна Григорьевна,**  
д.х.н., профессор, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru  
**Cherkasova Tatiana G.,** D.Sc. (chemical), Professor,

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия,  
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28  
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian  
Federation

**Аннотация:** Обессоленная вода необходима для получения качественного продукта на предприятиях, без неё невозможно соблюдение технологических регламентов.

В статье рассмотрены вопросы анализа технической воды, изменения показателей ее качества в связи с сезонностью и сброса в водоемы сточных вод и способ доведения этих показателей до нормативов с помощью метода ионного обмена. Ионный обмен эффективный метод обессоливания воды, однако, иониты, которые используются в нем, необходимо восстанавливать (регенерировать), после полного фильтроцикла.

В данной работе определялись параметры качества технической воды ионообменным методом. Определены показатели воды, по которым можно сделать вывод о том, что смолы необходимо регенерировать. К таким показателям относятся: жесткость, содержание ионов железа, натрия, хлоридов и химически поглощенный кислород (ХПК). Проанализированы варианты регенерации, выявлены их преимущества и недостатки. На основе проведенного эксперимента определены, насколько долго может работать фильтр со смолой и как полно она регенерируется, а также преимущества перехода с прямоточной регенерации на противоточную. Установлено, что смолы регенерировались не полностью. Несмотря на то, что иониты не до конца восстановились, допускается их дальнейшее использование, но уже с меньшим фильтроциклом (объем пропущенной воды до вывода смол на регенерацию).

**Abstract:** Demineralized water is necessary to obtain a quality product at the enterprises, without it it is impossible to comply with technological regulations. The article deals with the analysis of industrial water, changes in its quality due to seasonality and discharge of wastewater into water bodies and the method of bringing these indicators to standards using the method of ion exchange. Ion exchange is an effective method of desalting water, however, the ionites that are used in it must be restored (regenerated) after the complete filter cycle. In this work, the parameters of the quality of process water by ion-exchange method were determined.

In this work, the parameters of the quality of process water by ion-exchange method were determined. The water parameters are determined, which can be concluded that the resin must be regenerated. These indicators include: gesture-bone, iron ions, sodium, chloride and chemically absorbed acid genus (COD). The variants of regeneration are analyzed, their advantages and disadvantages are revealed. On the basis of the conducted experiment, it was determined how long the filter with resin can work and how fully it is regenerated, as well as the advantages of transition from direct-flow regeneration to counter-flow. It was found that the resin is not completely regenerated. Despite the fact that the ionites have not fully recovered, their further use is allowed, but with a smaller filter cycle (the volume of water passed before the withdrawal of resins for regeneration).

**Ключевые слова:** ионнообменный метод, регенерация, фильтроцикл, иониты, обессоленная вода.

**Key words:** ion-exchange method, regeneration, filtercycle, ionites, demineralized water.

Таблица 1. Анализ исходной технической воды с ГРЭС

Table 1. Analysis of the source of industrial water from the power plant

Контролируемый показатель	Техническая вода с ГРЭС в весенний период		
	03.03.2017	03.04.2017	03.05.2017
pH	7,7	7,8	7,45
Мутность, ЕМФ (единица мутности по формазину)	0,1	4,7	0,9
Цветность, градус	7,3	37,6	9,5
Силикаты, мкг/дм <sup>3</sup>	7693	8382,4	8257
Железо, мг/дм <sup>3</sup>	0,011	0,072	0,041
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	18,76	20,13	0,33
ХПК(п/о), мг/дм <sup>3</sup>	0,87	2,08	1,03
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	3,6	4,09	2,51
Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	3,3	3,65	1,4
Уд.электропроводность, мкСм/см,	302	318	78,6

Таблица 2. Анализ исходной технической воды с ГРЭС

Table 2. Analysis of the source of industrial water from the power plant

Контролируемый показатель	Техническая вода с ГРЭС в осенний период		
	04.09.2017	05.10.2017	02.11.2017
pH	7,15	7,75	7,8
Мутность, ЕМФ	3,5	19,2	8,7
Цветность, градус	34,77	155,9	71,8
Силикаты, мкг/дм <sup>3</sup>	-	8742,7	8386,3
Железо общ, мг/дм <sup>3</sup>	0,32	0,86	0,2
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	-	39,4	8,31
ХПК (п/о), мг/дм <sup>3</sup>	1,51	4,24	2,27
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	-	1,66	2,87
Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	-	2,1	3,48
Уд.электропроводность, мкСм/см,	166,5	163,9	211,1

Ионообменный способ очистки обеспечивает получение необходимых параметров качества обессоленной воды. Показатели экономической и экологической эффективности ионного обмена зависят от способа регенерации смол.

Сравнения технологий с прямоточной регенерацией с противоточной свидетельствует о том, что предпочтительнее использовать противоток, потому что более глубокое обессоливание воды достигается при меньших расходах регенерационных растворов.

Ключевыми факторами, характеризующими эффективность регенерации, являются: уменьшение удельных расходов регенерационных реагентов и объемов воды на собственные нужды.

#### Результаты исследований и обсуждения

Протекание любого процесса обессоливания зависит от качества исходной воды, которое в свою очередь, зависит от географических условий

среды, изменений в связи с сезонностью и сброса в водоемы сточных вод.

Загрязненность вод открытых водоемов, подземных источников с каждым годом увеличивается [1].

Динамика изменения параметров качества воды в зависимости от сезона представлена в табл. 1, 2.

Очевидно, что наиболее загрязненной вода была в апреле и октябре 2017 года. Именно эти месяцы характеризуются большим количеством выпавших осадков в реку. В период с мая и по сентябрь 2017г. наблюдаются более положительная динамика. Параметры качества воды улучшаются. Для доведения их до нормативов используются водоподготовительные установки (ВПУ).

Основные проблемы, которые должны решить такие установки [2]:

- удаление из воды растворенного железа и

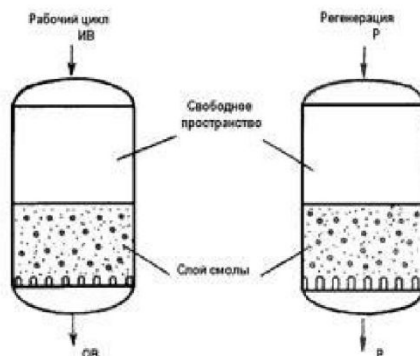


Рис. 1. Схема фильтра с прямоточной регенерацией: ИВ – исходная вода; ОВ – очищенная вода; Р – регенерирующий раствор

Fig. 1. The filter circuit with a parallel flow regeneration: IV – source water; S – purified water; R – regeneration solution

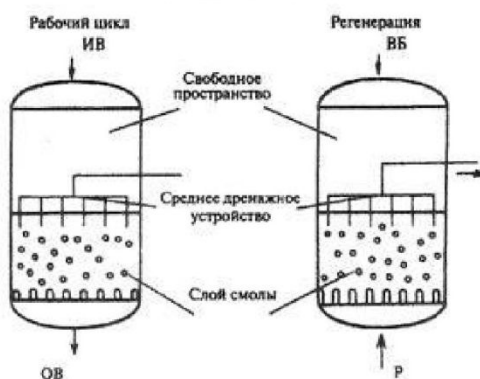


Рис. 2. Схема фильтра с противоточной регенерацией: ИВ – исходная вода; ОВ – обессоленная вода; Р – регенерирующий раствор

Fig. 2. The filter circuit with counter-current regeneration: IV – source water; OV – build-salted water; R – regeneration solution

марганца;

- определение общей жесткости;
- удаление солей других элементов.

Качество воды полностью зависит от метода очистки ее от вредных примесей, важно не только подобрать способ очистки, но и правильно его использовать.

Ионный обмен – эффективный метод очистки, однако, иониты, которые используются в нем необходимо восстанавливать (регенерировать), после полного фильтроцикла [3].

Показателями воды, по которым можно сделать вывод о том, что смолы необходимо регенерировать, являются: жесткость, содержание ионов железа, натрия, хлоридов и ХПК. Параметры определялись с помощью титриметрического метода анализа.

Отбор проб на проверку показателей осуществляется 1 раз в 24 часа. Если один из показателей не соответствует, то фильтроцикл считается завершенным и смолы регенерируют.

Важным моментом восстановления ионитов является способ подачи регенерирующего раствора, в соответствии с которым регенерация бывает прямоточная и противоточная, схемы изображены на рис. 1, 2 [4, 5].

В России и странах СНГ переходят в соответствии с мировым опытом производителей смол и конструкций фильтров от прямоточной регенерации ионообменных смол к противоточной [6].

Противоточная регенерация ионообменной смолы обеспечивает [7]:

- сокращение потребления реагентов на регенерацию (удельный расход);
- повышение качества обессоленной воды;
- снижение потребления воды на собственные нужды;
- упрощение работы работников водоподготовительных установок (ВПУ).

При прямоточной регенерации исходная вода проходит сверху – вниз последовательно через фильтры, загруженные катионитом и анионитом, как показано на рис. 1. Объем ионообменной смолы не более 60 % внутреннего объема фильтра. При регенерации подача раствора совпадает по направлению подачи исходной воды [8].

Положительными качествами схемы являются [9]:

- возможность изменения рабочего объема ионообменной смолы;
- удаление с верха слоя ионитов загрязнений, разрушенные гранулы;

Таблица 3. Показатели воды после регенерации  
Table 3. Water performance after regeneration

Ионит	Рабочая ПСОВ, мг – экв/мл	ПСОВ после фильтроцикла, мг – экв/мл	ПСОВ после регенерации ионитов, мг – экв/мл
Катионит Т - 200	4,3	0,73	3,87
Катионит Т – 140 - 10	2,0	0,81	1,69
Анионит Т - 400	1,6	0,36	1,32

- простота конструкции.

Недостатком является недостаточная степень регенерации зажатых в слое гранул.

При противоточной регенерации исходная вода проходит через слой ионообменной смолы сверху и выводится вниз. При регенерации поток реагента подается снизу – вверх [10].

Данный метод позволяет взрыхлять весь объем ионита, полностью его регенерировать и избавиться от загрязнений внутри слоя ионообменной смолы. Это и есть главное преимущество такого метода регенерации, существенный недостаток – это сложность управления, и такие системы необходимо автоматизировать [11].

До и после регенерации смол проводится анализ на полную статическую обменную емкость (ПСОВ), характеризующую полную регенерацию и общее состояние ионитов [12].

Масса и объем количества используемого ионита зависят от типа противоионов, природы и количества адсорбированного вещества и степени набухания [13].

При проведении эксперимента необходимо определить продолжительность работы фильтра со смолой и полноту ее регенерации. За фильтроцикл, до необходимости регенерации смолы, пропущено через иониты 1287 л воды.

В фильтроцикле участвовали два катионита и один анионит. Катиониты марок Т – 200 (слабокислотный катионит, пористой структуры) и Т – 140 – 10 (сильнокислотный катионит с гелевой структурой), анионит марки Т – 400 (слабокислотный анионит с гелевой структурой). Для анализа отбиралась проба ионитов массой 2,0 г, которая заливалась 100 мл рабочего раствора, катиониты – гидроксидом натрия, а анионит – соляной кислотой. Колбу с пробой плотно закрывали и оставляли на 24 часа, регулярно помешивая содержимое. По

окончании процесса раствор сливали, отбирали аликвоту 25 мл и титровали раствором для титрования для катионитов – это соляная кислота, для анионита – гидроксид натрия. Результаты обрабатывались с помощью формулы [14]:

$$П_m = \frac{(V \cdot K_1 - K \cdot V_1 \cdot K_2) \cdot 100}{m(100 - W)} \cdot c$$

где V – объем рабочего раствора, мл;  
K – коэффициент, равный отношению объема рабочего раствора к объему раствора, взятому на титрование;

V<sub>1</sub> – объем раствора, израсходованный на титрование пробы раствора после взаимодействия с ионитом, мл;

m – масса ионита, г;

W – массовая доля влаги, %;

c – заданная концентрация рабочего раствора и раствора для титрования, моль/дм<sup>3</sup>;

K<sub>1</sub> и K<sub>2</sub> – коэффициенты поправки, соответственно, рабочего раствора и раствора для титрования.

Результаты опыта приведены в табл. 3.

В ходе исследования обнаружено, что регенерация прошла не до конца, так как ПСОВ частично не восстановилась. Однако использование ионитов вполне возможно, но фильтроцикл продлится недолго.

Хотелось бы отметить, что массовый переход российских предприятий на фильтры с противоточной регенерацией ионитов – это не только качественно обессоленная вода, но и сохранение работоспособности смол, которые могут прослужить не один фильтроцикл [15].

Осуществление замены полидисперсных смол на монодисперсные в ВПУ, которые создают монослой, позволит производить более тщательное обессоливание воды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фрог, Б. Н. Водоподготовка / Б. Н. Фрог, А. Г. Первов. – М.: МГУ, 2014. – 680 с.
2. Волжанский, А. И. Регенерация ионитов / А. И. Волжанский, В. А. Константинов. – Л.: Химия, 2010. – 240 с.
3. Кокотов, Ю. А. Иониты и ионный обмен. – Л.: Химия, 2010. – 151 с.
4. Никольский, П. Г. Иониты в химической технологии / П. Г. Никольский, П. Г. Романков. – Л.: Химия, 2012. – 416 с.

5. Гребенюк, В.Д. Обессоливание воды ионитами / В. Д. Гребенюк, А. А. Мазо. – М.: Химия, 2000. – 256 с.
6. Клячко, В.А. Очистка природных вод / В. А. Клячко, И. Э. Апельцин. – М.: Стройиздат, 2001. – 579 с.
7. Рябчиков, Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДеЛи принт, 2014. – 301 с.
8. Зубакова, Л.Б. Синтетические ионообменные материалы / Л. Б. Зубакова, А. С. Тевлина. – М.: Химия, 2008. – 184 с.
9. Olsen, P., Henke, L. Water Conditioning and Purification // VNTR, 2015. – V.36. – P. 40 – 45.
10. Chang, J. Polymers for Advanced Technologies // Willey, 2016. V. 2. – P. 571 – 576.
11. Pott, D. E., Ahlert, R. C., Wang, S.S. Desalination // Willey, 2008. V. 36. – P. 235 – 264.
12. Hammer, Mark J. Water and waste-water technology // Wastewater, 2009. V. 27. – P. 400.
13. Biswas, Asit K. History of hydrology // Amsterdam, 2007. V. 25. – P. 288.
14. Berne, F., Cordonnier, J. Traitement des eaux. Epuration des eaux residuaires de raffinage. Conditionnement des eaux de refrigeration // Paris, 2011. V. 14. – P. 25.
15. Perri, John H. Chemical engineer's handbook // Chemistry, 2009. V. 15. – P. 640.

## REFERENCES

1. Frog, B. N. Water / B. N. Frog, A. G. Pervov. - M.: Moscow state University - 2014. - 680 p.
2. Wolanski, A. I. Regeneration of ion exchangers / A. I. Wolanski, V. A. Konstantinov. - L.: Chemistry, 2010. - 240 p.
3. Kokotov, Y. A. Ion exchangers and ion exchange. - L.: Chemistry, 2010. - 151 p.
4. Nikolsky, P. G. Ionites in chemical technology / P. G. Nikolsky, P. G. Romankov. - L.: Chemistry, 2012. - 416 p.
5. Grebenyuk, V. D. Desalination of water by ionites / V. D. Grebenyuk, A. A. Mazo. - Moscow: Chemistry, 2000. - 256 p.
6. Klyachko, V. A. Purification of natural waters / V. A. Klyachko, I. E. Apeltsin. - Moscow: Stroizdat, 2001. - 579 p.
7. Ryabchikov, B. E. Modern methods of water treatment for industrial and domestic use. – M: Delhi print, 2014. - 301 p.
8. Zubakova, L. B. Synthetic ion-exchange materials / L. B. Zubakova, A. S. Tevlina. - Moscow: Chemistry, 2008. - 184 p.
9. Olsen, P., Henke, L. Water Conditioning and Purification // VNTR, 2015. – V.36. – P. 40 – 45.
10. Chang, J. Polymers for Advanced Technologies // Willey, 2016. V. 2. – P. 571 – 576.
11. Pott, D. E., Ahlert, R. C., Wang, S.S. Desalination // Willey, 2008. V. 36. – P. 235 – 264.
12. Hammer, Mark J. Water and waste-water technology // Wastewater, 2009. V. 27. – P. 400.
13. Biswas, Asit K. History of hydrology // Amsterdam, 2007. V. 25. – P. 288.
14. Berne, F., Cordonnier, J. Traitement des eaux. Epuration des eaux residuaires de raffinage. Conditionnement des eaux de refrigeration // Paris, 2011. V. 14. – P. 25.
15. Perri, John H. Chemical engineer's handbook // Chemistry, 2009. V. 15. – P. 640.

Поступило в редакцию 02.04.2018

Received 02.04.2018