

ISSN 2616-6836

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

# ХАБАРШЫСЫ

---

---

**BULLETIN**

of the L.N. Gumilyov Eurasian  
National University

**ВЕСТНИК**

Евразийского национального  
университета имени Л.Н. Гумилева

**ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ** сериясы

**PHYSICS. ASTRONOMY** Series

Серия **ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

№2(123)/2018

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Астана, 2018

Astana, 2018

*Бас редакторы*  
ф.-м.ғ. докторы  
**А.Қ. Арынгазин** (Қазақстан)

*Бас редактордың орынбасары*

**А.Т. Ақылбеков**, ф.-м.ғ.д., профессор  
(Қазақстан)

*Редакция алқасы*

<b>Алдонгаров А.А.</b>	PhD (Қазақстан)
<b>Балапанов М.Х.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей)
<b>Бахтизин Р.З.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей)
<b>Гиниятова Ш.Г.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Даулетбекова А.Қ.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Ержанов Қ.К.</b>	ф.-м.ғ.к., PhD (Қазақстан)
<b>Жұмаділов Қ.Ш.</b>	PhD (Қазақстан)
<b>Здоровец М.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Қадыржанов Қ.К.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Кайнарбай А.Ж.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Кутербеков Қ.А.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Лушик А.Ч.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Эстония)
<b>Морзабаев А.К.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Мырзақұлов Р.Қ.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Нұрахметов Т.Н.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Сауытбеков С.С.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Тлеукенов С.К.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Усеинов А.Б.</b>	PhD (Қазақстан)

*Редакцияның мекенжайы:* 010008, Қазақстан, Астана қ., Сатпаев к-сі, 2, 408 б.  
Тел.: (7172) 709-500 (ішкі 31-428)  
E-mail: vest\_phys@enu.kz

*Жауапты хатшы, компьютерде беттеген:*  
А. Нұрболат

**Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы.**  
**ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы**

Меншіктенуші: ҚР БжҒМ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" ШЖҚ РМК  
Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігімен  
тіркелген. 27.03.2018ж. №16999-ж тіркеу куәлігі.

Тиражы: 20 дана

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Қажымұқан к-сі, 12/1,  
тел.: (7172)709-500 (ішкі 31-428)

*Editor-in-Chief*  
Doctor of Phys.-Math. Sciences  
**A.K. Aryngazin** (Kazakhstan)

*Deputy Editor-in-Chief*

**A.T. Akilbekov**, Doctor of Phys.-Math. Sciences,  
prof. (Kazakhstan)

*Editorial board*

<b>Aldongarov A.A.</b>	PhD (Kazakhstan)
<b>Balapanov M.Kh.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Russia)
<b>Bakhtizin R.Z.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Russia)
<b>Dauletbekova A.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences, PhD (Kazakhstan)
<b>Giniyatova Sh.G.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Kadyrzhanov K.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Kainarbay A.Zh.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Kuterbekov K.A.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Lushchik A.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Estonia)
<b>Morzabayev A.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Myrzakulov R.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Nurakhmetov T.N.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Sautbekov S.S.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Tleukenov S.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Useinov A.B.</b>	PhD (Kazakhstan)
<b>Yerzhanov K.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences, PhD(Kazakhstan)
<b>Zdorovets M.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Zhumadilov K.Sh.</b>	PhD (Kazakhstan)

*Editorial address:* 2, Satpayev str., of.408, Astana, Kazakhstan, 010008  
Tel.: (7172) 709-500 (ext. 31-428)  
E-mail: vest\_phys@enu.kz

*Responsible secretary, computer layout:*  
A.Nurbolat

**Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University.**  
**PHYSICS. ASTRONOMY Series**

Owner: Republican State Enterprise in the capacity of economic conduct "L.N. Gumilyov Eurasian National University"

Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan.

Registration certificate №16999-ж from 27.03.2018.

Circulation: 20 copies

Address of printing house: 12/1 Kazhimukan str., Astana, Kazakhstan 010008;

tel.: (7172) 709-500 (ext. 31-428)

*Главный редактор*  
доктор ф.-м.н.  
**А.К. Арынгазин** (Казахстан)

*Зам. главного редактора*

**А.Т. Акилбеков**, доктор ф.-м.н.  
профессор (Казахстан)

*Редакционная коллегия*

<b>Алдонгаров А.А.</b>	PhD (Казахстан)
<b>Балапанов М.Х.</b>	ф.-м.н., проф. (Россия)
<b>Бахтизин Р.З.</b>	ф.-м.н., проф. (Россия)
<b>Гиниятова Ш.Г.</b>	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Даулетбекова А.К.</b>	кандидат ф.-м.н., PhD (Казахстан)
<b>Ержанов К.К.</b>	кандидат ф.-м.н., PhD (Казахстан)
<b>Жумадилов К.Ш.</b>	доктор PhD (Казахстан)
<b>Здоровец М.</b>	к.ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Кадыржанов К.К.</b>	ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Кайнарбай А.Ж.</b>	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Кутербеков К.А.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Лущик А.Ч.</b>	ф.-м.н., проф. (Эстония)
<b>Морзабаев А.К.</b>	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Мырзакулов Р.К.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Нурахметов Т.Н.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Сауытбеков С.С.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Тлеукенов С.К.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Усеинов А.Б.</b>	PhD (Казахстан)

*Адрес редакции:* 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2, каб. 408  
Тел.: (7172) 709-500 (вн. 31-428)  
E-mail: vest\_phys@enu.kz

*Ответственный секретарь, компьютерная верстка:*  
А. Нурболат

**Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.**  
**Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

Собственник РГП на ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева" МОН РК

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16999-ж от 27.03.2018г.

Тираж: 20 экземпляров

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Кажимукана, 12/1,  
тел.: (7172)709-500 (вн. 31-428)

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ХАБАРШЫСЫ. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

№2(123)/2018

МАЗМҰНЫ

**ФИЗИКА**

<i>Амангелді Н., Темербаев А.А., Аймаганбетов А.С., Мәуей Б., Көк Е., Ергалиұлы Ғ., Ақылбекова А.А., Жұмасейіт А.Ғ.</i> Ядролық физика эксперименттеріне жұқа қатты мақсаттарды қабылдау және қолдану	8
<i>Амангелді С.О., Корольков И.В., Здоровец М.В.</i> Мембраналық дистилляция процесіне арналған тректі мембраналарды кремний нанобөлшектерімен түрлендіру	15
<i>Жұмадилов Қ.Ш., Абышев Б.К., Оразалина И.С., Иса Ж.Қ.</i> Тіс эмалін ЭПР әдісімен зерттеу арқылы уранөндіруші кәсіпорын қызметкерлерінің ішкі альфа-сәулелену дозасын бағалау	21
<i>Ыбыраев Н.С., Усеинов А.Б., Ақылбеков А.Т., Здоровец М.В., Оралбеков Н.Б., Дукенов А.Б.</i> CRYSTAL бағдарламасын қолдана отырып ZnO-дағы зарядталған дефектілерді <i>ab-initio</i> есептеулер	27
<i>Ыбыраев Н.С., Усеинов А.Б., Ақылбеков А.Т., Здоровец М.В., Дукенов А., Оралбеков Н.Б.</i> ZnO кристалдарындағы акцепторлық қоспалардың зарядты өтілу деңгейлері. Бірінші қағидалардан есептеулер.	33
<i>Саттинова З.К., Жапбасбаев У.К., Рамазанова Г.И., Асылбеков Б.К., Омирбаева А.О.</i> Бериллий тотығы ұнтағы мен шликерлік құю әдісімен бериллий керамикасын алудың технологиялық ерекшеліктері	41
<i>Тогабаев Е.Т., Өтепбергенова Л.М., Молдабаева Г.Н.</i> Минералданған суды тұссыздандырудың технологиялық сұлбасын өңдеу және қондырғының инженерлік есебінің материалдық балансын құрастыру	50

BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY. PHYSICS.  
ASTRONOMY SERIES

№2(123)/2018

CONTENTS

PHYSICS	
<i>Amangeldi N., Temerbayev A.A., Aimaganbetov A.S., Mauey B., Kok Ye., Yergaliuly G., Akylbekova A.A., Zhumasseit A.G</i> Producing and application of thin solid targets for nuclear physics experiments	8
<i>Amangeldi S.O., Korolkov I.V., Zdorovets M.V.</i> Modification of Track Membranes by Silicon Nanoparticles for Membrane Distillation	15
<i>Zhumadilov K.Sh., Abyshv B.K., Orazalina I.S., Isa Zh.K.</i> Estimates of doses of internal alpha-irradiation of uranium mining enterprise personnel by using EPR spectroscopy of tooth enamel	21
<i>Ybyraev N.S., Usseinov A.B., Akilbekov A.T., Zdorovets M.V., Oralbekov N.B., Dukenov A.B.</i> Ab-initio calculation of charged defects in ZnO using the program CRYSTAL	27
<i>Ybyrayev N.S., Usseinov A.B., Akylbekov A.T., Zdorovets M.V., Dukenov A.B., Oralbekov N.B.</i> Levels of the charge transition of acceptor impurities in ZnO crystals. Calculations from the first principles.	33
<i>Sattinova Z.K., Zhapbasbaev U.K., Ramazanova G.I., Asilbekov B.K., Omirbayeva A.O.</i> Technological peculiarities of obtaining of powders BeO and beryllium ceramics by method of casting slurry	41
<i>Togabayev E.T., Utepbergenova L.M., Moldabayeva G.N.</i> Development of technological desalination schememineralized water and material balance for engineering calculation of the installation	50

ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМЕНИ Л.Н.ГУМИЛЕВА. Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

№2(123)/2018

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА	
<i>Амангелді Н., Темербаев А.А., Аймаганбетов А.С., Мәуей Б., Көк Е., Ергалиұлы Ғ., Ақылбекова А.А., Жұмасейіт А.Ғ.</i> Получение и применение тонких твердотельных мишеней для ядерно-физических экспериментов	8
<i>Амангелди С.О., Корольков И.В., Здоровец М.В.</i> Модификация трековых мембран наночастицами кремния для мембранной дистилляции	15
<i>Жумадилов К.Ш., Абышев Б.К., Оразалина И.С., Иса Ж.К.</i> Оценки доз внутреннего альфа-облучения персонала уранодобывающего предприятия по эмали зубов методом ЭПР спектроскопии	21
<i>Ыбыраев Н.С., Усеинов А.Б., Ақылбеков А.Т., Здоровец М.В., Оралбеков Н.Б., Дукенов А.Б.</i> Ab-initio вычисления заряженных дефектов в ZnO с использованием программы CRYSTAL	27
<i>Ыбыраев Н.С., Усеинов А.Б., Ақылбеков А.Т., Здоровец М.В., Дукенов А.Б., Оралбеков Н.Б.</i> Уровни зарядового перехода акцепторных примесей в кристаллах ZnO. Расчеты из первых принципов	33
<i>Саттинова З.К., Жапбасбаев У.К., Рамазанова Г.И., Асылбеков Б.К., Омирбаева А.О.</i> Технологические особенности получения BeO и бериллиевой керамики методом шликерного литья	41
<i>Тогабаев Е.Т., Утепбергенова Л.М., Молдабаева Г.Н.</i> Разработка технологической схемы обессоливания минерализованных вод и составление материального баланса для инженерного расчета установки	50

**Е.Т.Тогабаев, Л.М. Утепбергенова, Г.Н. Молдабаева**

*Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан  
(E-mail: togabaev\_e@mail.ru, utepber78@mail.ru, moldabaeva\_g@mail.ru)*

**Разработка технологической схемы обессоливания минерализованных вод и составление материального баланса для инженерного расчета установки**

**Аннотация:** Описана технологическая схема опытно-промышленной установки для обессоливания минерализованных вод. Предлагаемая установка позволяет получить пресную воду и предотвратить сброс рассолов, которые используются для приготовления регенерационных растворов для натрий-катионитовых фильтров. Проведен анализ материального баланса установки.

**Ключевые слова:** очистка воды, разработка технологий, технологическая схема, анализ, обессоливания, пресная вода, рассол, натрий-катионирование, фильтр.

**Введение.** В настоящее время наблюдается непрерывно возрастающая деградация качества воды природных источников из-за антропогенного воздействия промышленных, коммунальных предприятий и сельского хозяйства.

**Постановка задачи.** Одним из основных загрязнителей природных водоисточников является теплоэнергетика, где для обессоливания питательной воды парогенераторов используется ионный обмен, характеризующийся большим количеством сбрасываемых соленых вод после регенерации и отмывки фильтрующей загрузки и высоким расходом частично деминерализованной воды на собственные нужды ионообменных фильтров.

Проблемы загрязнения водоисточников и дефицита пресных вод могут быть решены развитием и внедрением экологически чистых технологий водоподготовки, к которым в первую очередь относятся мембранные технологии, в том числе диализ и электродиализ.

**Анализ исследований проблем.** В Московском инженерном институте были проведены исследования предложена комбинированная схема с включением электродиализа и ионообменного обмена для подготовки глубокообессоленной воды на тепловых электрических станциях и позже внедрена на Новочеркасской ГРЭС и Южной ТЭЦ г. Москва [1]. О результатах аналогичных исследований появились публикации в зарубежной литературе [2] и в последующие годы были введены в эксплуатацию комбинированные (электродиализ-ионный обмен) водоподготовительные установки в Японии [3]. Фирмой «Амоуко» (г. Элвин, Техас, США) [4] была построена и принята в эксплуатацию в 1982 г комбинированная установка.

Разработанная нами технологическая схема отличается тем, что для сокращения осадкообразующих ионов карбоната кальция, гидрата окиси магния и сульфата кальция минерализованных подземных вод перед электродиализными опреснительными аппаратами в сочетании с натрий-катионитовыми фильтрами устанавливаются диализные аппараты, что приводит к уменьшению нагрузки на фильтры и сокращению расходов реагентов на умягчение и воды, необходимой для взрыхления и отмывки загрузки, а также предусмотрено использование рассолов для приготовления регенерационных растворов после обработки их в осветлителе и фильтр-прессе. В конечном счете, разработанная схема позволяет получать пресную воду и предотвратить сброс в водоемы засоленных стоков и отработанных регенерационных растворов.

**Цели и задачи исследований.** При разработке схемы преследовались 3 цели: частичное обессоливание (опреснение) минерализованных вод для получения пресной воды; ликвидация стоков и утилизация концентрированного рассола; сокращение реагентов за счет использования рассолов для приготовления регенерационных растворов [5].

К задачам исследований кроме разработки технологической схемы относится составление материального баланса для инженерного расчета установки.

Эти цели и задачи реализуются в схеме следующим образом (рис.1). Осветленная вода поступает в диализный аппарат - 1 для снижения жесткости на 40-50%. Процесс



диализа в указанном аппарате осуществляется по проточной схеме с рециркуляцией рассола. Далее обрабатываемая вода направляется в фильтр натрий-катионирования – 2 для более глубокого умягчения. Вследствие высокого содержания исходной воды в качестве загрузки натрий-катионитового фильтра принят катионит КУ-2-8. Умягченная вода насосом подается в электродиализатора - 3 для опреснения, а затем потребителю. Рассол, вследствие незначительного содержания осадкообразующих ионов кальция и магния в подаваемой для опреснения воде, при циркулировании можно сконцентрировать в десятки раз. Этот сконцентрированный рассол затем поступает в рассольный бак – 4 диализного аппарата, где может циркулировать по контуру: рассольный бак – рассольный насос – диализатор в течение всего времени, пока выполняется условие осуществления процесса диализа [6]. После этого часть рассола бака – 4, также как и стоки от фильтра натрий – катионирования, направляется в осветлитель - 5 для реагентного осаждения добавлением извести и соды. Процесс образования осадка в осветлителе проходит в две стадии. Первая стадия состоит из химической реакции взаимодействия ионов с образованием малорастворимых соединений  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Во второй стадии происходит процесс кристаллизации вещества образующегося осадка и агломерации вещества осадка в хлопья. Следующая операция, заключающаяся в обезвоживании осадка осуществляется в фильтр-прессе - 6. Растворы после осветлителя и фильтр-пресса, содержащие, в основном, соли  $\text{NaCl}$ , подают для регенерации фильтра  $\text{Na}$ - катионирования, т.к. жесткость данного раствора, равная 1,5 мг –экв/л, позволяет использовать его для этих целей.

Таким образом, в приведенной схеме отпадает необходимость в реагентах для приготовления рассола, участвующего в процессе диализа и регенерационного раствора для фильтра натрий – катионирования .

При обработке вод с незначительной жесткостью исключается операция доумягчения в  $\text{Na}$ -катионитовом фильтра, что упрощает схему и может привести к большому экономическому эффекту.

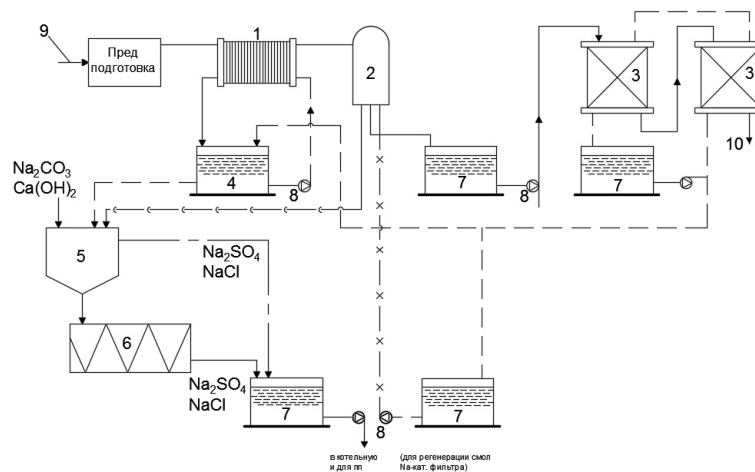


Рисунок 1 – Технологическая схема обессоливания минерализованных вод: 1-диализный аппарат, 2 – Na – катионитовый фильтр, 3-электродиализаторы АЭ – 25, 4 - рассольный бак, 5- осветлитель для реагентного осаждения, 6- фильтр – пресс ФП АКМ, 7 – баки, 8 – насосы, 9 – исходная вода, 10 - опресненная вода.

Для инженерного расчета технологической схемы обессоливания минерализованных вод необходимо составление материального баланса, который связывает расходы и содержание потоков по аппаратам установки.

Для составления материального баланса вводятся следующие обозначения:

- $C_{\text{вх.}}$  – концентрация исходной воды;
- $C_{1\text{вх.}}^{\text{к}}$  – концентрация одновалентных катионов в исходной воде;
- $C_{2\text{вх.}}^{\text{к}}$  – концентрация двухвалентных катионов в исходной воде;
- $C_{\text{вх.}}^{\text{а}}$  – концентрация анионов в исходной воде;
- $C_{\text{вых.}}$  – концентрация умягченной воды;

$C_{1\text{ВЫХ.}}^{\text{К}}$  – концентрация одновалентных катионов в умягченной воде;

$C_{2\text{ВЫХ.}}^{\text{К}}$  – концентрация двухвалентных катионов в умягченной воде;

$C_{1\text{ОС.}}^{\text{К}} + C_{\text{ОС.}}^{\text{а}}$  – концентрация солей, выпавшихся в осадок в баке приготовления рассола;

$C_{\text{ВЫХ.}}^{\text{а}} = C_{\text{ВХ.}}^{\text{а}}$  – концентрация анионов в умягченной воде;

$C_{1\text{ДОБ.}}^{\text{К}} + C_{\text{ДОБ.}}^{\text{а}}$  – добавка хлорида для приготовления рассола;

$\alpha = C_{\text{Д}} / C_{\text{ВЫХ.}}$  – степень опреснения, т.е. отношение концентрации опресненной в электродиализной установке воды к исходной умягченной воде;

$Q_{\text{Д}}$  – количество опресненной воды;

$Q_{\text{Р}}$  – количество рассола из электродиализной установки, идущего на приготовление рассола в рассольном баке.

В диализный аппарат поступает исходная вода общей концентрацией -  $C_{\text{ВХ.}} C_{\text{ВХ.}}$ , концентрацией одно – и двухвалентных катионов  $C_{1\text{ВХ.}}^{\text{К}}$  и  $C_{2\text{ВХ.}}^{\text{К}}$  и анионов  $C_{\text{ВХ.}}^{\text{а}}$ .

В схеме диализного аппарата пунктирной линией условно обозначена катионитовая мембрана, разделяющая диализный и рассольные потоки [6]. В процессе умягчения исходной воды с определенной жесткостью двухвалентные катионы, обуславливающие жесткость исходной воды, обмениваются на одновалентные катионы, содержащиеся в рассоле. Эти обменивающиеся катионы обозначены как  $C_{2\text{ОБМ.}}^{\text{К}}$  и  $C_{2\text{ОБМ.}}^{\text{К}}$ . Перенос или обмен анионов пренебрежимо мал, поэтому принимаем  $C_{\text{ВЫХ.}} = C_{\text{ВХ.}}$ . Из диализного аппарата выходит умягченная вода следующего состава:

$$C_{1\text{ВЫХ.}}^{\text{К}} = C_{1\text{ВХ.}}^{\text{К}} + C_{1\text{ОБМ.}}^{\text{К}}; C_{2\text{ВЫХ.}}^{\text{К}} = C_{2\text{ВХ.}}^{\text{К}} - C_{2\text{ОБМ.}}^{\text{К}}$$

Эта вода направляется в Na-катионитовый фильтр, из которого выходит со следующим составом:

$$C_{1\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''} = C_{1\text{ВХ.}}^{\text{К}'} + C_{1\text{ОБМ.}}^{\text{К}''}; C_{2\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''} = C_{2\text{ВХ.}}^{\text{К}''} - C_{2\text{ОБМ.}}^{\text{К}''}$$

Затем вода подается в электродиализные аппараты, где происходит опреснение со степенью  $\alpha$  и концентрирование. Обрабатываемая в электродиализном аппарате вода разделяется на два потока:  $Q_{\text{Д}}$  – поток опресненной воды, который выдается потребителю, и  $Q_{\text{Р}}$  – поток рассола. Общее количество солей в определенной воде будет равно  $\alpha Q_{\text{Д}} C_{\text{ВЫХ.}}''$ , количество одновалентных катионов в опресненной воде –  $\alpha Q_{\text{Д}} C_{1\text{ВЫХ.}}^{\text{К}}$  количество двухвалентных катионов –  $\alpha Q_{\text{Д}} C_{2\text{ВЫХ.}}^{\text{К}}$ , а количество анионов  $\alpha Q_{\text{Д}} C_{\text{ВХ.}}^{\text{а}}$ . Концентрация рассола составляет  $Q_{\text{Р}} = 1 + (1 - \alpha)$ . Рассол  $1 - Q_{\text{Д}}$  выходящий из электродиализатора, также разделяется на два потока, один из которых ( $Q_{\text{Р}}$ ) идет на приготовление регенерационного раствора, а другой ( $1 - Q_{\text{Р}}$ ) поступает в рассольный бак диализной установки.

Расход распределяется следующим образом.

В бак диализной установки и далее в рассольные камеры диализатора:

$[1 + (1 - \alpha)](1 - Q_{\text{Р}}) C_{\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''}$  – по общему солесодержанию

$[1 + (1 - \alpha)](1 - Q_{\text{Р}}) C_{1\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''}$  – по содержанию одновалентных катионов

$[1 + (1 - \alpha)](1 - Q_{\text{Р}}) C_{2\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''}$  – по содержанию двухвалентных катионов

$[1 + (1 - \alpha)](1 - Q_{\text{Р}}) C_{\text{ВХ.}}^{\text{а}}$  – по содержанию анионов.

В бак приготовления регенерационного раствора:

$[1 + (1 - \alpha)] Q_{\text{Р}} C_{\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''}$  – по общему солесодержанию

$[1 + (1 - \alpha)] Q_{\text{Р}} C_{1\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''}$  – по содержанию одновалентных катионов

$[1 + (1 - \alpha)] Q_{\text{Р}} C_{2\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''}$  – по содержанию двухвалентных катионов

$[1 + (1 - \alpha)] Q_{\text{Р}} C_{\text{ВХ.}}^{\text{а}}$  – по содержанию анионов

Для приготовления регенерационного раствора дополнительно вводится добавка  $C_{1\text{ДОБ.}}^{\text{К}''}$  +  $C_{1\text{ДОБ.}}^{\text{а}}$  в виде сухой поваренной соли. Из этого бака на регенерацию Na-катионитового фильтра подается раствор:

$[1 + (1 - \alpha)] Q_{\text{Р}} C_{1\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''} + C_{1\text{ДОБ.}}^{\text{К}''} + C_{1\text{ДОБ.}}^{\text{а}}$  – по общей концентрации

$[1 + (1 - \alpha)] Q_{\text{Р}} C_{1\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''} + C_{1\text{ДОБ.}}^{\text{К}''}$  – по концентрации одновалентных катионов

$[1 + (1 - \alpha)] Q_{\text{Р}} C_{2\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''}$  – по концентрации двухвалентных катионов

$[1 + (1 - \alpha)] Q_{\text{Р}} C_{\text{ВХ.}}^{\text{а}} + C_{1\text{ДОБ.}}^{\text{а}}$  – по концентрации анионов.

Рассол, выходящий из диализного аппарата, затем снова попадает в бак и содержит в себе:

$[1 + (1 - \alpha)] (1 - Q_{\text{Р}}) C_{\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''} + C_{2\text{ОБМ.}}^{\text{К}''} - C_{1\text{ОБМ.}}^{\text{а}}$  – по общей концентрации;

$[1 + (1 - \alpha)] (1 - Q_{\text{Р}}) C_{1\text{ВЫХ.}}^{\text{К}''} + C_{1\text{ОБМ.}}^{\text{К}''} + C_{1\text{ОБМ.}}^{\text{К}}$  – по концентрации одновалентных для катионов;

$[1+(1-\alpha)] (1-Q_p) C_{2вых.}^{k''}$  - по концентрации двухвалентных катионов;  
 $[1+(1-\alpha)] (1-Q_p) C_{вх}^a$  - по концентрации анионов.

Из бака диализных аппаратов рассол попадает в осветлитель для реагентного осаждения. В этот узел вводится добавка  $C_{1доб.}^{k''}$  +  $C_{доб.}^a$  и  $C_{2доб.}^{k''}$  +  $C_{доб.}^a$  после чего часть солей  $C_{2ос}^{k''}$  +  $C_{ос}^a$  выпадает в осадок. Из этого узла в Na-катионитовый фильтр для регенерации подается раствор:

$[1+(1-\alpha)] (1-Q_p) C_{вых.}^{k''}$  +  $C_{1обм.}^{k''}$  +  $C_{2доб.}^{k''}$  +  $C_{доб.}^a$  -  $C_{2ос}^{k''}$  +  $C_{ос}^a$  - по общей концентрации;

$[1+(1-\alpha)] (1-Q_p) C_{1вых.}^{k''}$  +  $C_{1доб.}^{k''}$  - по концентрации одновалентных катионов;

$[1+(1-\alpha)] (1-Q_p) C_{2вых.}^{k''}$  +  $C_{2доб.}^{k''}$  -  $C_{2ос}^{k''}$  - по концентрации двухвалентных катионов;

$[1+(1-\alpha)] (1-Q_p) C_{вх}^a$  +  $C_{доб.}^a$  -  $C_{ос}^a$  - по концентрации анионов.

Проведем анализ материального баланса для катионов натрия:

1) для экспериментов с умягчением и опреснением шахтной воды

$$C_{1вых.}^{k''} + C_{1доб.}^{k''} = \alpha Q_d C_{1вых.}^{k''} + [1+(1-\alpha)](1-Q_d) C_{1вых.}^{k''},$$

так как  $C_{1вых.}^{k''} = C_{1вх}^{k''} + C_{1обм.}^{k''}$ , то  $C_{1вх}^{k''} + C_{1доб.}^{k''} = \alpha Q_d C_{1вх}^{k''} + \alpha Q_d C_{1обм.}^{k''} + [1+(1-\alpha)](1-Q_d) C_{1вх}^{k''} + [1+(1-\alpha)](1-Q_d) C_{1обм.}^{k''}$ .

2) для экспериментов с умягчением и опреснением исходной воды, содержащей только  $CaCl_2$

В данном случае  $C_{1вх}^{k''} = 0$  поэтому предыдущее выражение приобретает вид  $C_{1доб.}^{k''} = \alpha Q_d C_{1обм.}^{k''} + [1+(1-\alpha)](1-Q_d) C_{1обм.}^{k''}$ .

При проведении анализа материального баланса по двухвалентному катиону получим:

$$C_{2вх.}^{k''} + [1+(1-\alpha)](1-Q_d) C_{2вых.}^{k''} + C_{2обм.}^{k''} - C_{2ос}^{k''} = \alpha Q_d C_{2вых.}^{k''} + [1+(1-\alpha)](1-Q_d) C_{2вых.}^{k''} + C_{2ос}^{k''} [1+(1-\alpha)](1-Q_d) C_{2вых.}^{k''} + C_{2обм.}^{k''} - C_{2ос}^{k''}$$

Полученный материальный баланс позволяет произвести расчет содержания определенных компонентов и количества раствора в отдельных элементах технологической схемы.

**Выводы и перспективы дальнейшего исследования.** На основании проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. Предложенная бессточная технологическая схема умягчения и опреснения минерализованных вод позволяет получить пресную воду и предотвратить сброс стоков.
2. Отличительной стороной разработанной технологической схемы является возможность использования рассолов для приготовления регенерационных растворов.
3. Проведенный анализ материального баланса по одно и двухвалентным катионам в котором учитывается умягчение, обессоливание и осаждение солей в растворе позволяет произвести инженерный расчет технологической схемы обессоливания минерализованных вод.
4. Полученные результаты требуют дальнейшего исследования для создания экономико-математической модели процесса и его оптимизации.

### Список литературы

- 1 Смагин В.Н., Щекотов П.Д., Дробот Г.К., Зачинский Г.А. Новая схема подготовки глубокообессоленной воды для ТЭС//Тр. Теплоэлектропроекта.-1977.-Вып.18.-с.159-168.
- 2 Katz W. Elektrodialysis preparation of boiler feed and other demineralized//Water Amer.power conf.-Chicago, 1972.-V.33.-P.340-351.
- 3 Jtoi Shigory, Nakamura Jkuo. Water Desalination by Elektrodialysis//Chem Economy Eng.Rev.- 1978.-V.113NI. - P 29-40.
- 4 Mansouri M. Elektrodialysis reversal units used as pre-demineralizer in boiler feed water treatment//45th annual meeting International water conference (Pittsburgh, 22-24 oktober, 1984) - Bull TP 331.-10p.
- 5 Способ обессоливания минерализованных вод и утилизация рассолов Инновационный патент № 27736 на изобретение Тогабаев Е.Т БД №12 от 18.12.2013г. Авторское свидетельство №80535 РК. Астана. Тогабаев Е.Т.
- 6 Смагин В.Н., Тогабаев Е.Т. Математическая модель диализного метода умягчения воды. Сборник научных трудов ВО «Союзводпроект». Проблемы обводнения и сельскохозяйственного водоснабжения сельских населенных пунктов. Москва. 1985г. С 44-49.

Е.Т. Тоғабаяев, Л.М. Өтепбергенова, Г.Н. Молдабаева

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

**Минералданған суды тұзсыздандырудың технологиялық сұлбасын өңдеу және қондырғының инженерлік есебінің материалдық балансын құрастыру**

**Аннотация:** Су көздерінің және тұщы су тапшылығын ластау проблемалары қоршаған ортаға зиян келтіретін суды өңдеу технологияларын әзірлеу және енгізу арқылы шешілуі мүмкін, олар бірінші кезекте мембраналық технологиялар, оның ішінде диализ және электродиализ әдістері арқылы. Минералданған сулардың тұщыландыруға арналған эксперименттік өнеркәсіптік қондырғысының технологиялық схемасы сипатталған. Ұсынылған қондырғы тұщы сумен қамтамасыз етуге және натрий-катиониттік сүзгілерге арналған регенерациялық ерітінділерді дайындау үшін пайдаланылатын тұздардың тасталуын болдырмауға мүмкіндік береді. Инженерлік есепке алу үшін материалдық балансты талдау жүргізіледі және алынған материалдық баланс белгілі бір компоненттердің мазмұнын және технологиялық сұлбаның жекелеген элементтеріндегі ерітінді мөлшерін есептеу мүмкіндігін береді. Сұлбаны әзірлеу кезінде мынадай мақсаттар жүзеге асырылды: тұщы суларды өндіру үшін минералды суларды тұщыландыру (тұзсыздандыру); ағынды суларды жою және шоғырланған тұзды ерітінділерді кәдеге жарату; регенерациялау ерітінділерін дайындау үшін тұзды ерітіндіні қолдануға байланысты реагенттерді азайту.

**Түйін сөздер:** суды тазарту, технология өңдеу, технологиялық сұлба, талдау, тұзсыздандыру, тұщы су, тұзды, натрий-катионитті әдіс, сүзгі.

E.T. Togabayev, L.M. Utepbergenova, G.N. Moldabayeva

L.N. Gumilyov Eurasian National University,  
Astana, Kazakhstan

**Development of technological desalination schememineralized water and material balance for engineering calculation of the installation**

**Abstract:** The problems of pollution of water sources and freshwater deficit can be solved by the development and introduction of environmentally friendly water treatment technologies, to which, in the first place, membrane technologies, including dialysis and electro dialysis. The proposed plant allows to obtain fresh water and to prevent the discharge of brines, which are used for the preparation of regeneration solutions for sodium cationite filters. The analysis of the material balance for the engineering calculation of the installation is carried out, and the resulting material balance allows the calculation of the content of certain components and the amount of solution in individual elements of the technological scheme. In developing the scheme, the following objectives were pursued: partial desalination (desalination) of mineralized waters to produce fresh water; liquidation of effluents and utilization of concentrated brine; reduction of reagents due to the use of brines for the preparation of regeneration solutions.

**Keywords:** water treatment, technology development, technology, desalination, analysis, desalination, fresh water, brine, sodium cationization, filter.

## References

- 1 Smagin V.N., Schekotov P.D., Drobot G.K., Zachinsky G.A. Novaya chema podgotovki glubokoobessolennoj vody dlya TES [A new scheme for the preparation of deep-desalinated water for TPP] Trudy Teploelektroproekta [Proceedings of Teploelektroproekt] 18, 159-168 (1977).
- 2 Katz W. Elektrodialisis preparation of the boiler feed and other demineralized Water Reactors. Proceedings of the American Power Conference, Chicago, 33,340-351(1972).
- 3 Jtoi Shigory, Nakamura Jkuo. Water Desalination by Elektrodialisis, Chemical Economy and Engineering Review, 1 (113), 29-40 (New York, 1978)
- 4 Mansouri M. Elektrodialisis reversal units used as a pre-deminalizer in the water feed water treatment. 45th annual meeting International water conference, Pittsburgh, 1984 (331) 10p.
- 5 Togabaev E.T. Sposob obessolivaniya mineralisovannyh vod i utilisaciya rassolov [A method of desalting mineralized waters and the utilization of brines]. Innovatcionnyi patent No.27736 na isobretenie BD №12 ot 18.12.2013 Avtorskoe svidetel'ctvo No. 80535 RK [Innovative patent No. 27736 for the invention of Database No. 12 dated December 18, 2013. Author's certificate No. 80535 of the Republic of Kazakhstan, Astana].
- 6 Smagin VN, Togabaev E.T. Matematicheskaya model' dialisnogo metoda umyagcheniya vody [Mathematical model of the dialysis method of water softening]. Sbornik nauchyh trudov VO "Soyuzvodproekt" Problemy obvodneniya i sel'skohosyaistvennogo vodosnabzheniya sel'skih naseleennyh punktov [ Problems of watering and agricultural water supply of rural settlements: Collection of scientific works of VO "Soyuzvodproekt" ] Moscow, 1985, pp. 44-49.

### Сведения об авторах:

Тоғабаяев Е.Т. - кандидат технических наук, доцент кафедры "Проектирование зданий и сооружений", Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева 2, Астана, Казахстан.

Өтепбергенова Л.М. - кандидат технических наук, доцент кафедры "Проектирование зданий и сооружений", Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева 2, Астана, Казахстан.

Молдабаева Г.Н. - магистр технических наук, старший преподаватель кафедры "Проектирование зданий и сооружений" Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева 2, Астана, Казахстан.

Тогабаяев Е.Т. - Candidate of Technical Sciences, associate professor of "Design of buildings and structures" department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, st. Satpayev 2, Astana, Kazakhstan.

*Utepbergenova L.M.* - Candidate of Technical Sciences, associate professor of "Design of buildings and structures" department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, st. Satpayev 2, Astana, Kazakhstan.

*Moldabayeva G.N.* - Master of Technical Sciences, senior lecturer of "Design of buildings and structures" department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, st. Satpayev 2, Astana, Kazakhstan.

Development of technological scheme of mineralized water desalination and material balance for engineering calculation of the installation

*Поступила в редакцию 26.03.2018*