

негативное воздействие ввиду некоторого увеличения тепловой мощности и вязкости рабочих тел.

Увеличение степени вакуумирования позволяет уменьшить температуру исходной воды.

Однако все вышеперечисленное относится к установившемуся режиму установки. На режиме запуска увеличение степени вакуумирования приводит к значительному уменьшению мощности теплоэлектронагревателей.

Таким образом, увеличение степени вакуумирования может рассматриваться как один из способов уменьшения энергозатрат для высокопроизводительных установок с частыми циклами включения-выключения.

Работа выполнена в организации Главного исполнителя НИОКТР при финансовой поддержке Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках реализации постановления Правительства РФ от 09.04.2010 г. № 218 по договору об условиях предоставления и использования субсидии от 01 декабря 2015 г. № 02.G25.31.0150.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Desalination markets 2005–2015, a global assessment & forecast. – Global Water Intelligence, 2005.
2. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей [Текст] / Н. Б. Варгафтик. – М.: Наука, 1972. – 720 с.
3. Mu, X Experimental study on overall heat transfer coefficient of sea-water on three tube arrangements for horizontal-tube falling film evaporator / X. Mu, S. Shen, Y. Yang, G. Liang, X. Chen, J. Zhang // Desalination and Water Treatment. – Volume 57. – Issue 21, 2 May 2016, Pages 9993-10002.
4. Михеев, М.А. Основы теплопередачи [Текст] / М.А. Михеев, И.М. Михеева – М.: Энергия, 1977. – 343 с.
5. Белоусов, А.Н. Теория и расчет авиационных лопаточных машин [Текст] / А.Н. Белоусов, Н.Ф. Мусаткин, В.М. Радько. – Самара: ФГУП Издательство «Самарский Дом печати», 2003. – 336 с.
6. Цегельский, В.Г. Двухфазные струйные аппараты [Текст] / В.Г. Цегельский – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 408 с.

Материал поступил в редакцию 28.12.2017

BIRIUK V.V., BLAGIN E.V., YELISEYEV Yu.S., KIRSANOV Yu.G., LUKACHEV S.V., SHIMANOV A.A., NOVIKOV A.V. Research of influence of extent of pumping out of the internal cavity of the evaporator condenser on energy efficiency of vacuum and distillation installation

A growth in need of fresh water supply for citizens and industry was observed during last years. This problem can be solved by application of vacuum desalination plants. Design optimization of such plants is carried out dependently on plenty of external factors which change can significantly influence operation of plant. This article deals with investigation of vacuum level influence on desalination plant elements operation. A conclusion about vacuum level increase efficiency is made.

УДК 628.165

**Бирюк В.В., Благин Е.В., ГоршкALEV А.А., Лукачев С.В.,
Ничкова Л.А., Сигора Г.А., Хоменко Т.Ю., Шиманов А.А.**

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ УСТАНОВОК ДЛЯ ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ В КРЫМСКОМ РЕГИОНЕ

Одной из основных проблем человечества является проблема получения пригодной для питья пресной воды. Водопотребление увеличивается в связи с увеличением населения и ростом экономики. Еще в 1997 г. Дж. Родда [1] экстраполировал растущую кривую глобального водопотребления и падающую кривую экономически доступных водных ресурсов (рис. 1). Следует отметить, что при экстраполяции учитывались только сложившиеся тенденции, уже действующие факторы негативного антропогенного воздействия на водные источники (загрязнение, истощение вследствие недопустимо высокого водозабора, осушение верховых болот, иссякание малых рек, сведение лесов на водосборе и т. д.). В результате получилось, что кривые водопотребления и доступных ресурсов пересекаются в 2035–2045 г. (в зависимости от сценария). Однако в реальности выходит, что потребление растет «круче», чем в самом неблагоприятном сценарии, а объем доступных ресурсов сокращается быстрее – при соответствующих корректировках пересечение приходится уже примерно на 2025–2030 гг.

Конечно, в реальности подобное пересечение вообще неосуществимо, кривая водопотребления не может подняться выше уровня предельно доступных запасов. Продолжение роста водопотребления с темпами, характерными для второй половины XX в., уже невозможно [2].

Возможные пути воспроизводства пресной воды на планете весьма ограничены. В то время как по всей ее территории имеются

минерализованные и морские воды, опреснение которых при создании высокоэффективных технологий опреснения могут устранить существующую проблему дефицита пресной воды.

Полуостров Крым омывается двумя морями практически со всех сторон. После перекрытия Северо-Крымского канала полуостров столкнулся с острой нехваткой питьевой воды. Эту проблему можно решить за счет внедрения инновационных технологий для очистки и опреснения морской воды.

Важным параметром морской воды при опреснении является солёность, под которой подразумевается масса (в граммах) сухих солей (преимущественно NaCl) в 1 кг морской воды. В разных морях содержание солей в единице объема воды может сильно колебаться (так, например, Черное море, Каспийское и Азовское считаются слабосолеными – около 16–17 г/кг). Средняя солёность вод мирового океана постоянна и составляет 35 г/кг морской воды.

Опреснение воды, то есть удаление из воды растворённых в ней солей с целью сделать её пригодной для питья или для выполнения определённых технических задач является актуальной задачей на Крымском полуострове.

В технологии опреснения сточных, солоноватых и соленых подземных вод, вод морей и океанов можно выделить классификационную структуру, построение которой определяется следующими признаками [3]:

ГоршкALEV Алексей Александрович, аспирант кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, e-mail: Agorsh@bk.ru.

Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34, корп. 15.

Ничкова Лариса Александровна, к.т.н., доцент, заведующая кафедрой техносферная безопасность Севастопольского государственного университета

Сигора Галина Анатольевна, к.б.н., доцент кафедры техносферная безопасность Севастопольского государственного университета.

Хоменко Тамара Юрьевна, магистрант кафедры техносферная безопасность Севастопольского государственного университета.

Россия, г. Севастополь, улица Гоголя, 23.

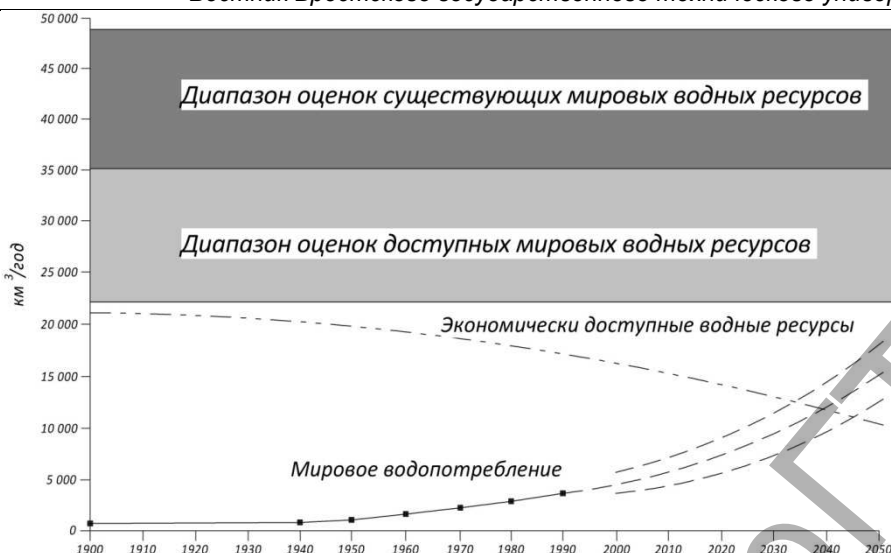


Рисунок 1 – Глобальное водопотребление и экономически доступные водные ресурсы [Дж. Родда, 1997]

По характеру процесса:

- С изменением агрегатного состояния опресняемой воды:
 - термическое (дистилляция, гелиоопреснение);
 - с использованием холода (естественное и искусственное вымораживание).
- Без изменения агрегатного состояния:
 - химическое (ионный обмен, осаждения солей с помощью реагентов, электролиз);
 - мембранное (электродиализ, обратный осмос);
 - экстракционное и адсорбционное (экстракция органическими растворителями, газогидратная экстракция, адсорбция на пористых электролитах);
 - биологическое (с использованием водорослей, живых организмов, бактерий).

По потребляемой энергии:

- Одноцелевые (получение пресной воды опреснением, очистка сточных вод).
- Многоцелевые (выработка электроэнергии, теплоты, воды и извлечение подобных продуктов).
- Сфера использования (промышленное, коммунальное, сельскохозяйственное).

По конструктивному использованию.

- Построенные на основе одного метода опреснения (дистилляция, обратный осмос);
- Комбинированные (дистилляция и обратный осмос, дистилляция и производство побочных продуктов);
- Одноступенчатые, многоступенчатые, однорядные, многорядные, вертикальные, горизонтальные.

Цель данного исследования – провести анализ существующих установок для опреснения морской воды и получения дистиллята из сточных вод и описание химических и теплофизических свойств воды Черного моря.

Дистилляция, или термическое опреснение – наиболее распространенный на морских судах способ получения пресной воды из морской. Как известно, морская вода представляет собой раствор, состоящий из воды – летучего растворителя и солей – нелетучего растворенного в воде твердого вещества. Сущность дистилляции заключается в том, что заборную воду нагревают до кипения и выходящий пар собирают и конденсируют. Образуется пресная вода, называемая дистиллятом. Выпаривать воду можно как при кипении, так и без кипения. В последнем случае морскую воду нагревают при более высоком давлении, чем давление в камере испарения, куда направляется вода. Так как при этом температура воды превышает температуру насыщения, соответствующую давлению в камере испарения, то часть поступившей воды превращается в пар, который и конденсируется в дистиллят. Для парообразования используется

теплота, содержащаяся в самой испаряемой воде, которая при этом охлаждается до температуры насыщения оставшегося рассола. Основное термодинамическое различие между процессами заключается в следующем: при кипящем процессе теплота подводится от внешнего источника и поддерживает температуру насыщения при данном постоянном давлении в испарителе, т.е. процесс является изотермическим; при не кипящем процессе теплота подводится к морской воде без кипения до температуры выше температуры насыщения, соответствующей давлению в испарителе, и, следовательно, процесс испарения идет за счет внутренней теплоты и является адиабатным [4].

При нагревании водных растворов молекулы воды вследствие теплового и колебательного движения приобретают энергию, превышающую силы межмолекулярного притяжения, и выносятся в паровое пространство. Когда давление насыщенного пара воды становится равным внешнему давлению, вода начинает кипеть. Ионы и молекулы примесей воды, находясь в гидратированном состоянии, не имеют такого запаса энергии и попадают в пар в результате растворимости в нем в весьма малом количестве.

Существует большое количество типов дистилляционных аппаратов. Наиболее простой из них – одноступенчатая дистилляционная установка, которая состоит из испарителя включающего нагревательный элемент, в который подводится тепло от внешнего источника (чаще всего пар) для испарения минерализованной воды, и конденсатора, охлаждаемого солёной водой. Солёная вода, отбирая в конденсаторе тепло фазового перехода, нагревается. Часть её идёт на подпитку испарителя, а остальное количество сбрасывается. Образовавшийся при кипении рассола в испарителе пар очищается сепарацией от капельного уноса во встроеном устройстве.

Дистилляция исходной воды в установках по схеме с испарением протекает путём теплообмена между греющей поверхностью, выполненной в виде трубной змеевиковой батареи, погружённой в большой объём, или прямых трубок с естественным или принудительным движением воды по всему сечению. Процесс парообразования происходит при глубоком вакуумировании всех элементов установки, способствующем снижению накипеобразования.

Была разработана усовершенствованная конструкция опреснительной установки, в которой применены испарительные аппараты с вынесенным кипением и подачей опресняемой воды по прямоточной схеме. В испарительном аппарате подобной конструкции температура поддерживается несколько ниже температуры её кипения в вынесенной зоне, представляющей собой специальный расширитель. Такое решение обеспечивает плавный пуск установки, отсутствие пульсаций, быстрый выход на заданные вакуум и производительность. Установки такого типа работают с устойчивой циркуляцией.

Изучение возможных путей интенсификации процесса теплообмена в опреснительных установках привело к созданию испарительных плёночных аппаратов с улучшенными массовыми и габаритными характеристиками. Существующие установки такого типа используют вертикально – и горизонтально–трубчатые плёночные теплообменники. Принцип действия испарительных аппаратов таких установок основан на создании различными способами тонкой плёнки опресняемой воды на поверхности нагрева. Организация плёночного движения может достигаться путём струйного орошения поверхности жидкостью, гравитационного её течения или принудительной подачи. Установки, содержащие в своём составе аппараты такого типа, получили название дистилляционных опреснительных установок с испарительными аппаратами с нисходящей или восходящей плёнкой жидкости или испарительными горизонтально-трубчатыми плёночными аппаратами со струйным (напорным) или свободным (безнапорным) орошением теплообменной поверхности.

Находят широкое применение дистилляционные установки контактного типа, в которых теплоноситель непосредственно контактирует с исходной жидкостью без поверхности теплообмена.

К числу дистилляционных опреснительных установок относятся и установки с промежуточным теплоносителем, процесс дистилляции в которых происходит за счёт взаимодействия поступающей на опреснение воды и нагретых до соответствующей температуры углеводородов или их смесей, не вступающих в реакцию с водой и способных в последующем легко разлагаться.

Наибольшее количество проектируемых, строящихся и действующих установок используют испарительные устройства, опреснение исходной воды в которых производится по принципу мгновенного вскипания. В таких установках горячая жидкость (речная вода или промышленные стоки) поступает в камеру испарения, где поддерживается низкое давление (вакуум). Вакуум соответствует температуре насыщения, которая несколько ниже температуры поступающей жидкости. За счёт скрытой теплоты парообразования происходит вскипание, как с поверхности жидкости, так и с поверхности струй и капель, образующихся при подводе её в камеру испарения. Над камерой испарения располагается конденсатор-охладитель пара, образовавшегося в процессе мгновенного вскипания. Само название «мгновенное» вскипание свидетельствует о том, что процесс парообразования происходит практически одновременно с поступлением жидкости в камеру испарения. Процесс в испарительной части аппарата протекает адиабатно, без подвода тепла извне. Отсюда название – адиабатная выпарная установка. Установки этого типа характеризуются высокой производительностью, малым накипеобразованием, низкой стоимостью вырабатываемого дистиллята.

В адиабатных выпарных установках деминерализация вод осуществляется путём испарения перегретой жидкости в камере, давление в которой ниже давления насыщения, соответствующего температуре жидкости, поступающей в камеру. Таким образом, процесс испарения происходит не на поверхностях нагрева (как в традиционных выпарных установках), а в объёме камер испарения под вакуумом.

Отвод теплоты в окружающую среду в адиабатных выпарных установках производится следующими способами: с охлаждающей конденсаторы водой, с концентрированным раствором и дистиллятом.

Современные технологические схемы адиабатных выпарных установок выполняются многоступенчатыми. Многоступенчатая конструкция опреснительной установки мгновенного вскипания влияет на удельный расход теплоты. Согласно [5] с повышением числа ступеней значение удельного расхода теплоты уменьшается, чем и объясняется имеющаяся тенденция к увеличению числа ступеней установок большой производительности.

На сегодняшний день исследуются новые способы водоопреснения, в частности путем образования кристаллогидратов и при помощи гидрофобного теплоносителя.

Принцип кристаллогидратов заключается в выделении пресной воды из соленых растворов в форме кристаллов, которые в специальном расплавителе разлагаются на чистую воду и гидрат-агент. В качестве гидрат-агентов для повторного использования в процессе используются такие вещества, как метилбромидгидраты, метилхлоридгидраты, гидраты изобутана.

Сущность гидрофобного теплоносителя заключается в том, что различные смеси углеводородов, парафины, фторированные масла и другие вещества, инертные по отношению к воде и растворенным в ней солям, впрыскивают в теплоноситель дистиллят для нагрева.

Основными достоинствами термического метода являются: минимальное количество реагентов и сброс солей в окружающую среду; высокое качество воды по взвесям; возможность получения отходов минимального объема, вплоть до сухих солей; возможность использования избыточного тепла; удаление из воды растворенных газов.

К недостаткам метода относятся: необходимость предподготовки; большие энергозатраты; большие капзатраты.

Вымораживание. Опреснение вымораживанием основано на том, что в естественных природных условиях лед, образующийся в океанах и морях, является пресным. При искусственном медленном замораживании соленой морской воды вокруг ядер кристаллизации образуется пресный лед игольчатой структуры с вертикальным расположением игл льда. При этом в межигльчатых каналах концентрация раствора, а следовательно, и его плотность, повышаются, и он, как более тяжелый, по мере вымораживания оседает вниз. При растаивании игольчатого льда образуется пресная вода с содержанием солей 500–1000 мг/л Cl. При быстром замораживании рассол оказывается включенным в толщу льда, и сильное и интенсивное охлаждение приводит к замерзанию всей массы соленого раствора в единое ледяное тело.

Для лучшего опреснения морского льда иногда применяется искусственное плавление его части при температуре -20°C . Вода, образующаяся при таянии, способствует более полному вымыванию солей из льда. Способ вымораживания достаточно прост и экономичен, но требует сложного и громоздкого оборудования.

Данный метод применяется для концентрирования непищевых продуктов, для опреснения морской воды, концентрирования и разделения химических растворов и др. Он достаточно прост и экономичен, но требует сложного оборудования и энергоёмок. Поэтому на практике он используется чрезвычайно редко [6].

Ионный обмен. Частичное обессоливание воды происходит при ее умягчении методами H-Na-катионирования, H-катионирования с голодной регенерацией, H-катионирования на слабокислотном катионите. В этих процессах происходит извлечение солей жесткости и частичная их замена на катион водорода, который разрушает бикарбонат-ионы с последующим удалением образовавшегося углекислого газа из воды. Степень обессоливания соответствует количеству удаленного CaCO_3 .

Метод основан на свойстве твёрдых полимерных смол разной степени шивки, ковалентно связанных с ионогенными группами (иониты), обратимо обмениваться ионами растворённых в воде солей (проивоины) [6]. Процесс ионообменного опреснения воды заключается в последовательном прохождении воды через неподвижный слой ионита в периодическом процессе или противоточным движением воды и ионита в непрерывном процессе. В этом процессе катионы и анионы солей обрабатываемой воды последовательно связываются с ионитами, в результате происходит её обессоливание. Соотношение ионита, анионита и катионита обычно составляет от 1:1 до 1.5:1.0 по массе.

Высокую степень очистки можно обеспечить в одном аппарате со смесью катионита в H-форме и анионита в OH-форме, фильтре смешанного действия [7]. Очищенный раствор имеет нейтральную реакцию и низкое солесодержание, примерно в 5–10 раз ниже, чем на одной ступени ионного обмена. Допускается работа с очень высокими скоростями очистки раствора, зависящими от его исходного солесодержания.

Ведущими российскими производителями ионитов – ЗАО «Токем» (Кемерово), Уральская химическая компания (Нижний Тагил) и ОАО «Омис» (Омск) [8], а также основными зарубежными – «Dow Chemical», «Purolite», «Rohm and Haas», «Bayer» выпускаются специально подобранные по плотности и размеру гранул наборы монодисперсных смол, обеспечивающие высочайшую степень разделения и стабильность показателей.

Ионный обмен применяется для получения обессоленной и умягчённой воды в тепловой и атомной энергетике и в промышлен-

ности; в цветной металлургии – при комплексной гидрометаллургической переработке руд, в пищевой промышленности, в медицинской промышленности при получении антибиотиков и в других лекарственных средств, а также для очистки сточных вод в целях организации оборотного водоснабжения. В настоящее время также разрабатываются ионообменные методы комплексного извлечения из океанской воды ценных минералов [9].

К основным достоинствам метода ионного обмена относятся: возможность получения сверхчистой воды; отработанность и надежность; способность работать при резко меняющихся параметрах питающей воды; минимальные капитальные и энергозатраты; меньший расход питающей воды; минимальный объем вторичных отходов, обеспечивающий возможность их переработки.

Основные недостатки метода: высокий расход агрессивных реагентов; эксплуатационные расходы, растущие пропорционально солесодержанию воды; необходимость обработки регенератов и сложности с их сбросом.

Электродиализ. Данный процесс мембранного разделения основан на способности ионов растворенных в воде солей перемещаться через мембрану под действием градиента электрического поля.

При электрохимическом опреснении применяют специальные электрохимические активные диафрагмы, состоящие из пластмассы, резины с наполнителем и анионитовых или катионитовых смол. Ванна с рассолом ограничена двумя диафрагмами: положительной и отрицательной. Под действием постоянного тока напряжением 110–120 В ионы солей, растворенных в воде, устремляются к электродам. Положительные катионы через катионопроницаемые диафрагмы, а анионы через анионитовую диафрагму проходят в крайние камеры, где встречаются с двумя пластинами: анодом и катодом. Встречаясь с одноименно заряженными диафрагмами, они остаются в этих камерах. В результате, в промежуточных камерах оказывается обессоленная вода, которая стекает в отдельный сборник. Соли и рассолы из крайних камер отводятся за борт, а образующиеся газы (хлор и кислород) – в атмосферу.

Камеры, в которых опресняется вода, отделены от рассольных камер полупроницаемыми ионитовыми мембранами.

При достаточном количестве пар мембран между анодом и катодом расход электроэнергии зависит от солёности морской и опресненной воды: чем меньше разница между ними, тем процесс протекает экономичнее. Поэтому электродиализ целесообразно применять для опреснения слабосоленых вод при допустимом высоком солесодержании опресненной воды (500–1000 мг/л). На судах, где требования к солесодержанию достаточно высокие, электродиализные опреснители не находят применения.

Обратный осмос. Опреснение воды обратным осмосом зависит от исходной концентрации солей, осмотического давления воды и получаемого продукта, давления на мембрану, рекуперации энергии, остаточной энергии сбрасываемой воды.

Физическая сущность опреснения обратным осмосом основана на диффузии веществ через полупроницаемую перегородку, разделяющую раствор и чистый растворитель. Такая мембрана пропускает воду и задерживает растворенные в ней соли. Если мембраной разделены растворы различной концентрации, то происходит фильтрация воды через мембрану из менее концентрированного в более концентрированный раствор. Движение воды в обратном направлении к более концентрированному раствору обеспечивается созданием соответствующего давления. Если в объеме, разделенном мембраной, с одной стороны находится пресная вода, а с другой – морская, то пресная вода начнет через нее проникать до тех пор, пока давление молекул пресной воды с обеих сторон не уравновесится. Полученная разница уровней при равновесии характеризует собой осмотическое давление, которое зависит от разности концентрации солей в опресненной и морской воде по обе стороны мембраны.

При сравнении различных типов обратноосмотических аппаратов [3] показано, что наибольшую поверхность фильтрации в единице объема имеют аппараты с рулонными элементами и на полых волокнах. Эти же аппараты имеют минимальную материалоемкость и занимают минимальную площадь.

Обычно обратноосмотические установки строятся по схеме последовательного включения блоков модулей по концентрату, что увеличивает конверсию, т. е. относительный выход пермеата. При необходимости получения более глубокой очистки пермеата, его пропускают через второй последовательно включенный блок модулей. При этом концентрат второго блока оказывается менее засоленным, чем питающая вода, и поэтому его подают на вход установки [3]. Следует отметить, что при снижении солесодержания селективность мембран падает, и степень обессоливания на втором блоке оказывается ниже, чем на первом. Добиться получения сверхчистой воды методом обратного осмоса практически невозможно.

Образование осадков на мембранах может происходить вследствие повышения концентрации малорастворимых солей в концентрате и в слое над мембраной. Содержание солей в концентрате определяется конверсией, т. е. соотношением потоков пермеата и исходной воды. Наиболее эффективный способ предотвращения образования осадков солей жесткости на мембранах – питание установки умягченной водой. Однако это и самый дорогой способ. Широко применяется подкисление питающей воды.

Новым направлением в организации подготовки воды перед обратным осмосом и нанофильтрацией является использование ультрафильтрации. Она позволяет полностью исключить попадание на мембраны взвесей, крупных органических и микробиологических загрязнений. Это существенно улучшает работу установок и продлевает межрегенерационный период.

Для предотвращения биозагрязнения мембранных установок необходимо обеспечивать биологическую чистоту всего тракта предочистки – механических и ионообменных фильтров, буферных емкостей. Для дезинфекции могут использоваться окислители – перекись водорода и надуксусная кислота – и неокислители – формальдегид, глютеральдегид, четвертичные аммониевые основания, а также медный купорос. Из-за высокой токсичности используемых веществ необходима тщательная отмывка установки после санитизации. Санитизация может быть совмещена с регенерационной промывкой от осадков.

К основным достоинствам метода обратного осмоса относятся: высокое качество воды по взвешам, биологическим и органическим загрязнениям; минимальное количество реагентов и суммарный сброс солей в окружающую среду; возможность сброса концентрата без обработки в канализацию; относительно низкие эксплуатационные затраты; отсутствие агрессивных реагентов и необходимости их обработки.

Недостатками метода являются: необходимость тщательной подготовки; желательность непрерывной работы обратноосмотической установки; большие капитальные затраты; большой расход питающей воды и объем сбросных вод; большие энергозатраты.

По предварительным оценкам [10], наилучшие перспективы имеются у обратного осмоса и дистилляционного метода — многоступенчатого выпаривания в вертикально-трубных и горизонтально-трубных плёночных аппаратах, в том числе с использованием термической (пароструйной) и механической компрессии пара. При условии получения успешных результатов в работах, выполняемых научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими организациями, возможные перспективы отмечаются для способа вымораживания.

Опреснение морской воды – это один из шагов на пути к самостоятельному обеспечению Крыма водой. В данном направлении уже ведутся работы.

По мнению специалистов, это направление очень перспективно, учитывая, что на полуострове еще много и соленых озер. Крымские инженеры используют зарубежный опыт стран Персидского залива, где опреснение обеспечивает, приблизительно, 60 % питьевой воды Сингапура, где воды с опреснительных заводов подают на орошение и на технические нужды.

На сегодняшний день в Крыму есть свои уникальные разработки.

Первая установка по опреснению морской воды была запущена в эксплуатацию в прибрежном поселке Новый Свет недалеко от Судака. Основанный на новейших технологиях опреснитель позволяет без вреда для экологии превращать морскую воду в пригодную для питья.

Технология основана на использовании фильтрующих мембран, которые пропускают молекулы воды, но непроницаемы для солей.

Установка работает в полностью автоматическом режиме 21 час в сутки. Ее максимальная производительность – 80 кубометров воды в сутки, однако сейчас она работает лишь на 40 кубометров для обеспечения водой отеля «Винтаж», на территории которого она расположена.

Градообразующие предприятия на севере Крыма – «Титан» и «Крымсода» после перекрытия украинской воды по северо-крымскому каналу (СКК) вынуждены пользоваться подземными источниками. Поэтому завод по производству двуокиси титана «Крымский титан», расположенный на границе с Украиной в городе Армянске, использующий в производственном цикле большой объем воды, намерен построить мощный комплекс по опреснению морской воды.

По словам министра экологии Крыма, для снабжения промышленных предприятий было пробурено восемь скважин, идет бурение еще нескольких. «Крымский титан» получил разрешение на отбор до 48 тысяч кубометров в сутки, «Крымсода» – до 9 тысяч кубометров в сутки. Проверка качества воды показала рост ее минерализации. Сейчас идет разработка технико-экономического обоснования энергоопреснительного комплекса по опреснению морской воды мощностью до 80 тысяч кубометров в сутки и параллельная выдача в сеть 170 мегаватт электроэнергии [11].

В настоящее время разрабатываются и реализовываются несколько проектов, и если результаты оправдают себя, то все прибрежные населенные пункты будут переведены на опресненную воду, тем самым решится проблема питьевой воды во всех приморских городах Крыма.

Работа выполнена в организации Главного исполнителя НИОКТР при финансовой поддержке Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках реализации постановления Правительства РФ от 09.04.2010 г. № 218 по договору об условиях предоставления и использования субсидии от 01 декабря 2015 г. № 02.G25.31.0150.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Родда, Дж. Проблемы оценки водных ресурсов мира [Текст] / Дж. Родда – Берлин: Гейдельберг, 1997. – С. 14–32.
2. Данилов-Данильян, В.И. Глобальный дефицит пресной воды [Текст] / В.И. Данилов-Данильян // Международная жизнь. – 2008. – № 8.
3. Слесаренко, В.Н. Опреснительные установки [Текст] / В.Н. Слесаренко – Владивосток: ДВГМА, 1999. – 244 с. ISBN 5–8343–0007–3.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.trans-service.org/ru.php?section=info&page=s_u_s&subpage=sud_vspom_meh_02-01
5. Компания ОАО «Альфа Лаваль Поток»: [Электронный ресурс]. – URL <http://www.alfalaval.ru/> – Дата доступа: 13.03.2016.
6. Мосин, О.В. Физико-химические основы опреснения морской воды [Текст] // Сознание и физическая реальность. – 2012. – № 1. – С. 19–30.
7. Рябчиков, Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования [Текст] / Б.Е. Рябчиков. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с. ISBN 5–87423–085–3
8. Международный деловой журнал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chemmarket.info/ru/home/article/1279>
9. Охрана окружающей среды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/4521128/>
10. Ивлева, Г.А. Анализ мирового опыта и научно-технических разработок в области кондиционирования опресненных высокоминерализованных вод для питьевых целей / Г.А. Ивлева, Н.Н. Гусев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) – 2011. – № 10. – С. 162–170.
11. Экономика сегодня. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rueconomics.ru/200748-stalo-izvestno-kak-krymskii-titan-obespechit-poluostrov-vodoi>

Материал поступил в редакцию 28.12.2017

BIRIUK V.V., BLAGIN E.V., GORSHKALEV A.A., LUKACHEV S.V., NICHKOVA L.A., SIGORA G.A., HOMENKO T.Yu., SHIMANOV A.A. The analysis of methods and the principles of work of installations for desalting of sea water in the crimean region

This article deals with actual problem of generation and preparation of potable water. On the background of Crimea peninsula which currently suffers a lack of potable water, this problem is suggested to be solved by innovation technologies application for cleaning and desalination of seawater. The analysis of desalination plants with different operation principle of desalination and waste water cleaning. The next principles are described: distillation, freezing, ion exchange and reverse osmosis. Advantages and disadvantages of every method are presented. Method of vacuum distillation with mechanical vapor compression was selected as most appropriate for described case because of lack of significant heat sources on Crimea peninsula, high maneuverability and durability of presented plant.

УДК 504.064.3

Бирюк В.В., Горшкалев А.А., Данилин А.И., Данилин С.А., Лукачев С.В.

КРИТЕРИИ ВЫБОРА СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМНО-ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ

Введение. Определяющим направлением развития автоматизированных систем контроля и регулирования является широкое применение цифровой вычислительной техники: промышленных контроллеров и микропроцессорных модулей. Цифровые системы управления (СУ) различными исполнительными элементами по сравнению с аналоговыми обладают рядом преимуществ, которые обусловлены в основном формой представления и преобразования информационных сигналов. К наиболее существенным из них можно отнести: высокую точность обработки цифровых измерительных сигналов; простую и надежную связь с ЭВМ верхнего уровня в иерархической структуре управления; независимость технических характеристик системы управления от изменения параметров внеш-

ней среды; возможность оперативной диагностики и самодиагностики, что особенно важно для предотвращения аварийных и нештатных режимов работы [1, 2].

Опыт разработок отечественных и зарубежных цифровых систем управления свидетельствует о широком использовании микро ЭВМ и микропроцессорных блоков при построении систем, позволяющих получать устойчивые и стабильные управляющие сигналы и команды для исполнительных электроприводов и позиционных систем управления механическими системами. Однако использование цифровых программных средств сопряжено с решением таких вопросов, как синтез и адаптация алгоритма функционирования с устройствами СУ для реализации требуемых амплитудных и частотных характеристик

Данилин Александр Иванович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой радиотехники Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, e-mail: aidan@ssau.ru.

Данилин Сергей Александрович, аспирант кафедры радиотехники Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева.

Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34, корп. 15.