

УДК 628.161

## Получение воды питьевого качества для населенных пунктов Черноморского побережья

Д-р техн. наук В. В. БИРЮК<sup>1</sup>, канд. техн. наук М. Ю. АНИСИМОВ<sup>2</sup>,  
канд. техн. наук П. А. ГОРШКАЛЕВ<sup>3</sup>

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С. П. Королева

Канд. техн. наук С. Ю. ТЕПЛЫХ<sup>4</sup>, А. А. ШЕРШАКОВА

Самарский государственный технический университет

<sup>1</sup>teplotex\_ssau@bk.ru, <sup>2</sup>anis\_micle\_63@mail.ru, <sup>3</sup>agorsh@bk.ru, <sup>4</sup>p.a.g@bk.ru

*Актуальность получения воды питьевого качества в условиях приморских регионов не вызывает сомнения. Рассмотрены особенности водоподготовки при получении пресной воды из воды Черного моря. Проведен анализ химического состава исходной морской воды, а также определены требования, предъявляемые к питьевой воде. На основании анализа морской воды, выбран метод подготовки воды и состав технологических сооружений. Были рассмотрены три варианта очистных сооружений для подготовки морской воды перед подачей ее на установку выпарную вакуумную, а также два варианта минерализации дистиллированной воды для придания ей свойств питьевой воды. В качестве сооружений для подготовки исходной воды предлагается комплекс сооружений двухступенчатой фильтрации, который является наиболее выгодным в строительстве и менее затратным в эксплуатации. Для приготовления воды питьевого качества из дистиллята, полученного на выпарной вакуумной установке, предлагается добавление предварительно очищенной морской воды в него в соотношении 100 к 2,2. Разработка метода получения воды питьевого качества из морской воды, позволит должным образом обеспечить приморские регионы питьевой водой.*

**Ключевые слова:** система водоснабжения, дистилляция воды, обработка воды, очистные сооружения, свойства воды.

### Информация о статье:

Поступила в редакцию 15.11.2018, принята к печати 16.09.2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-4-26-31

Язык статьи — русский

### Для цитирования:

Бирюк В. В., Анисимов М. Ю., Горшкалев П. А., Теплых С. Ю., Шершаклова А. А. Получение воды питьевого качества для населенных пунктов Черноморского побережья // Вестник Международной академии холода. 2019. № 4. С. 26–31.

## Obtaining of drinkable water for neighbourhoods of Black Sea region

D. Sc. V. V. BIRYUK<sup>1</sup>, Ph. D. M. Yu. ANISIMOV<sup>2</sup>, Ph. D. P. A. GORSHKALEV<sup>3</sup>,

Samara National Research University

Ph. D. S. Yu. TEPLYH<sup>4</sup>, A. A. SHERSHAKOVA

Samara State Technical University

<sup>1</sup>teplotex\_ssau@bk.ru, <sup>2</sup>anis\_micle\_63@mail.ru, <sup>3</sup>agorsh@bk.ru, <sup>4</sup>p.a.g@bk.ru

*Obtaining fresh drinkable water in coastal areas is of extreme importance. The article deals with water treatment features during fresh water obtaining from Black Sea. The peculiarities of water treatment at obtaining fresh water from The Black Sea water are considered. Chemical composition of initial seawater as well as requirements for fresh water were analyzed. Method of water treatment and composition of technological buildings were selected on the base seawater analysis. Three options of cleaning facilities for preparation of the seawater before distillation desalination plant were considered as well as two options of distillate mineralization for it to reach the properties of drinkable water. Two-stage filtration is most suitable during construction and less cost consuming during exploitation for seawater treatment. To make drinkable water from distillate it is suggested to add preliminary cleaned seawater in the ratio of 2.2/100. The development of a technology for obtaining fresh drinkable water from sea water will help solving the problem of water supply in coastal areas.*

**Keywords:** water supply system, water distillation, water treatment, cleaning facilities, water properties.

### Article info:

Received 15/11/2018, accepted 16/09/2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-4-26-31

Article in Russian

### For citation:

Biryuk V. V., Anisimov M. Yu., Gorshkalev P. A., Teplyh S. Yu., Shershakova A. A. Obtaining of drinkable water for neighbourhoods of Black Sea region. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2019. No 4. p. 26–31.

### Введение

Растущий мировой дефицит пресной воды можно скомпенсировать опреснением сильноминерализованных подземных, океанических и морских вод, объем которых составляет 98% всей воды на планете Земля. Ценной составляющей частью морской воды является пресная вода.

Существует несколько методов опреснения воды [1–3]. Один из них — использование выпарной опреснительной установки (ВОУ), которая будет разделять морскую воду на дистиллят и рассол. Вода Черного моря по химическому составу значительно отличаются от воды других морей, что характеризуется гидрологическими особенностями моря, такими как формирование водной массы и ее структурой, а также динамикой водной массы.

Главным компонентом морской воды является натрия хлорид, а также в составе присутствуют карбонат кальция, сульфат магния и др. Соли в водной среде находятся в виде ионов, таких как: хлориды, фториды, бромиды и иодиды. Так, в 1 кг поверхностных вод Черного моря растворено около 0,025 г брома, 0,0006 г фтора и 0,00002 г йода. Одной из отличительных особенностью черноморских вод, находящихся на большой глубине, является присутствие в них гидросульфидов [4].

Наличие на больших глубинах гидросульфидного аниона HS<sup>-</sup> (его концентрация превышает 0,01 г на 1 кг воды) объясняется присутствием в воде сероводорода.

Вода Черного моря имеет среднюю щелочность порядка 3,33 мг-экв/л. pH (водородный показатель) в поверхностных водах Черного моря варьируется от 8,1 до 8,5. Минимальное значение pH наблюдается зимой, а максимальное — летом. Наиболее распространенный газ, растворенный в воде азот, его содержание составляет 15,9 мг/л, содержание кислорода меньше, в поверхностном слое присутствует 10 мг/л [5].

Органические вещества в морской воде могут находиться в коллоидном, растворенном или взвешенном состояниях. Поверхностные воды Черного моря содержит в порядке 3–4 мг веществ, находящихся в различных состояниях, в 1 л воды.

Химический состав Черноморской воды представлен в табл. 1 и 2.

В ряде случаев перед проектировщиками стоит задача удаления из воды какого-то определенного вещества

или комплекса различных веществ, в других случаях — требуется искусственно придать воде новые свойства, которые необходимы потребителю, в связи с этим постоянно появляются новые технологические процессы подготовки водопроводной воды.

Такие свойства воды как: температура, мутность, цветность, привкус, запах и др. называются физическими свойствами; минерализация, щелочность, жесткость, значение pH, содержание металлов и др. — это химические свойства воды; также существуют бактериологические свойства, включающие коли-титр, общее число бактерий и др.

Все поставленные перед сооружениями подготовки воды задачи решаются путем использования различных технологических процессов. Так например, осветление воды производится с помощью процессов отстаивания, фильтрации и др. Процесс отстаивания может быть ускорен применением различного рода реагентов — коагулянтов и/или флокулянтов.

Качество питьевой воды устанавливается нормативными документами [6] по физическим, химическим и микробиологическим показателям, так например концентрация взвешенных веществ не должна превышать 1,5 мг/л, привкус и запах должны быть в пределах 2 баллов, цветность ниже 20 градусов, жесткость не должна превышать 7 мг-эквивалент на литр воды, концентрация железа общего — ниже 0,3 мг/л, общая минерализация не должна превышать 1000 мг/л. Также при соответствии обосновании санитарные органы могут согласовать некоторое увеличение части показателей, так например, в период паводка, норматив по цветности воды могут повысить до 30 градусов.

### Цели и задачи исследования

Целью работы явилась разработка оптимальной схемы подготовки воды для питьевых целей в условиях приморских регионов. Так как в приморских регионах увеличивается потребность в воде питьевого качества, разработка методов ее получения является наиболее актуальной в настоящее время. Для решения поставленной цели необходимо провести анализ существующих схем подготовки воды, принять решение по оптимальной схеме водоподготовки и рассчитать соотношение объемов

Таблица 1  
Химический состав (по массе) Черноморской воды

Table 1  
Chemical composition (in weight) of the Black Sea water

Элемент	% по массе
Кислород	85,7
Водород	10,8
Хлор	1,9
Натрий	1,05
Магний	0,1350
Сера	0,0885
Кальций	0,04
Калий	0,0380
Бром	0,0065
Углерод	0,0026

Таблица 2  
Общий молярный состав Черноморской воды

Table 2  
Total molar composition of the Black Sea water

Компонент	Концентрация
Молекулы воды	53,6
Хлорид-ион	0,546
Ионы натрия	0,469
Ионы магния	0,0528
Сульфат-ион	0,0283
Ионы кальция	0,0103
Ионы калия	0,0102
Ионы брома	0,000844
Ионы стронция	0,000091
Ионы фтора	0,000068
Ионы золота	0,0000000002

обессоленной и исходной воды для получения воды питьевого качества.

### **Анализ методов водоподготовки и подбор водопроводных очистных сооружений**

В зависимости от концентраций загрязняющих веществ в воде водного объекта — водоисточника принимаются методы подготовки воды, а также составляется принципиальная схема водопроводных очистных сооружений, позволяющая обеспечить необходимую очистку, согласно СП [7].

При выборе типа водоприемника необходимо ориентироваться на его конструктивные особенности, которые могут учитываться в условиях забора морской воды. Это продиктовано рядом условий, характерных для морского побережья, в частности такими, как: изменение уровня воды, возникающие из-за приливов и отливов, ветровых нагонов, волн, морских течений и др.; геологическое строение прибрежной территории и прибрежной части морского дна; также следует учитывать возможность наличия в воде моллюсков, водорослей и т. д., а также возможные ледовые явления и коррозионные свойства воды [8].

Водоприемники морской воды подвержены биообрастанию соприкасающихся с морской водой поверхностей, на этих поверхностях образуется биопленка, состоящая из бактерий и микроорганизмов. Как следствие на биопленке закрепляются водоросли и морские обитатели, например моллюски. Первыми сооружениями, принимающими воду из источника являются водоприемные решетки и сетки, они в первую очередь подвержены биообрастанию. Далее, по пути движения природной воды, идут внутренние поверхности водоприемных труб, запорная и регулирующая арматура, теплообменные аппараты и охладительные установки (при необходимости). Интенсивность процесса биологического обрастания значительно выше в теплых морях, так например в Черном море она достигает 5–6 килограмм на квадратный метр в месяц. Еще одной проблемой, влекущей за собой, засорение водоприемных решеток является сезонное развитие планктона, цветения воды и поступление к водоприемнику крупной морской растительности.

Вышеуказанные параметры учитываются при конструировании сороудерживающих сооружений водоприемника.

Забор морской воды для целей водоснабжения осуществляется из искусственно защищенных акваторий портов, из естественно защищенных бухт или на открытых побережьях.

Рассмотрим три варианта очистных сооружений для подготовки морской воды перед подачей ее на установку выпарную вакуумную [8].

Общим для всех трех вариантов является первый этап очистки морской воды — грубая механическая.

Предлагается использование сетчатого напорного фильтра, который будет задерживать крупные взвеси и примеси из воды, поступающей из моря. Предварительная механическая фильтрация обеспечит в последующем нормальную работу всей системы очистки, удерживая крупные механические частицы.

### **1. Схема с контактными осветлителями**

Вода из источника не соответствует требованиям [6], поэтому вторым этапом очистки будет реагентная обработка воды. В качестве реагентов на очистных сооружениях принимается коагулянт — сернокислый алюминий  $Al_2(SO_4)_3$ . Для обеззараживания воды — жидкий хлор. Обеззараживание воды направлено на уничтожение патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, таким образом, обеспечивается эпидемическая безопасность воды.

Жидкий хлор вводится в воду перед коагулянтом. Раствор реагента, прошедший дозатор, вводится в подающую трубу перед сооружениями для осветления и обеззараживания воды.

В качестве сооружений первой ступени очистки возможно использование контактных осветлителей. Контактные осветлители конструктивно схожи с фильтрами с зернистой загрузкой, которая расположена на поддерживающем слое из более крупного материала. Принцип работы сооружения — вода движется в направлении уменьшения размеров зерен — снизу вверх; для интенсификации процесса очистки перед сооружением вводится коагулянт; и в результате прохождения воды через слой загрузки происходит «контактная коагуляция», в результате которой скоагулированные частицы прилипают к зернам загрузки. Применение контактной коагуляции позволяет снизить общий расход реагента.

Сооружения данной конструкции (Академии коммунального хозяйства) используются для очистки маломутных природных вод и являются основным сооружением одноступенчатой схемы очистки [9].

Вдоль Кавказского побережья и возле Крымского полуострова наблюдается загрязнение нефтяной пленкой, поэтому после контактного осветления предлагается установка сорбционного фильтра, так как температура кипения нефтепродуктов ниже температуры кипения воды, то в конденсате будут присутствовать нефтепродукты даже после процесса опреснения.

### **2. Схема с отстойниками и фильтрами**

Первым устройством в системе водоподготовки являются смесители, они должны обеспечивать полное смешение реагентов с водой в короткий срок (время нахождения воды в смесителе должно быть минимальным). Вся исходная вода направляемая на сооружения водоподготовки проходит смесители. В исходную воду вводится жидкий хлор для обеспечения санитарного благополучия сооружений и интенсификации процессов очистки, далее в смеситель с помощью дозаторов подается коагулянт и флокулянт. В смесителе создается вихревое движение воды с помощью конструктивных элементов сооружения или при помощи механических мешалок, что позволяет наиболее эффективно и в короткие сроки произвести полное смешение исходной воды с реагентами. В случае расположения баков с раствором реагентов выше уровня смесителя, они могут поступать в смеситель самотеком; в другом случае требуются насосы-дозаторы создающие необходимый напор для подачи реагентов в смеситель. В соответствии с требованиями [7] исходная вода должна находиться в смесителе не более 2 минут.

После смесителей устанавливаются камеры хлопьеобразования. Данные сооружения в настоящее время применяются только в схемах осветления воды, включающих отстойники.

Следующим этапом является отстаивание. В настоящее время применяют отстойники трех типов, а именно: горизонтальные, вертикальные и радиальные, которые различаются по направлению движения воды в них.

Завершающим этапом очистки воды, перед подачей ее в выпарную вакуумную установку, будет фильтрование. Согласно источнику [7], совместно с горизонтальными отстойниками необходимо использовать скорые фильтры.

Процесс фильтрования воды предусматривает ее прохождение через слой зернистой загрузки самотеком (в результате создания разности отметок в фильтре и резервуаре чистой воды) или в напорном режиме (в этом случае требуется устройство насосного оборудования). Напорные фильтры изготавливаются в виде закрытых резервуаров. Таким образом, можно разделить фильтры на напорные и безнапорные.

Скорые фильтры, использующие самотечный режим работы чаще всего устраивают в виде железобетонных резервуаров прямоугольных в плане.

Вода после прохождения всех этапов водоподготовки отправляется на выпарную вакуумную установку.

### 3. Схема с двухступенчатым фильтрованием

В качестве третьего варианта предлагается фильтрование в 2 ступени с обеззараживанием.

Для обеззараживания воды, жидкий хлор вводится в подающую трубу перед песчаными фильтрами. Фильтры, загруженные песком, являются самыми распространенными в системах очистки воды и могут работать как самостоятельно, осветляя воду до нормативных показателей, так и в комплексе с обеззараживанием. Второй ступенью фильтрования будет сорбционный фильтр, который необходим для удаления из воды нефтепродуктов и их разновидностей.

После прохождения 2 ступеней фильтрования, морская вода отправляется в выпарную вакуумную установку.

После всех этапов очистки исходной воды ее направляют на выпарную вакуумную установку. Установки вакуумные выпарные с механической компрессией пара состоят из следующих элементов: ступени испаритель-конденсаторов, теплообменники предварительного подогрева, блок парокompрессора и блок вакуумирования. Блок вакуумирования создает разрежение в ступенях испарителя-конденсатора, блок парокompрессора повышает давления пара, выходящего с последней ступени и поступающего в первую ступень, в самих ступенях происходит одновременный процесс конденсации пара в трубках и испарения соленой воды на наружной поверхности трубок. Теплообменники предварительного подогрева служат для нагрева морской воды до температур, близких к температурам кипения, за счет использования температурного потенциала получающегося дистиллята и концентрированного рассола.

Установка выпарная вакуумная обеспечивает разделение предварительно очищенной морской воды на дистиллят и рассол. Использование дистиллированной воды для питьевых нужд нежелательно, так как ее применение свя-

зано с прекращением получения организмом микро- и макроэлементов, необходимых для нормального развития.

Кроме дистилляции, в настоящее время разрабатываются и другие эффективные способы получения пресной воды, такие как вымораживание морской воды [10] и получение воды из атмосферного воздуха [11].

В связи с выше сказанным, необходимо обеспечить приготовление воды питьевого качества, из дистиллята, полученного на установке выпарной вакуумной.

### Способы получения питьевой воды

Существует множество методов приготовления питьевой воды из дистиллированной [12], соответствующей ряду критериев [3], в данной работе остановимся на нескольких:

- минерализация дистиллированной воды, путем введения минеральных добавок;
- добавление очищенной морской воды в дистиллированную воду;
- добавление рассола в дистиллированную воду.

#### 1. Минерализация дистиллированной воды

Корректировку солевого состава опресненной воды можно осуществлять с помощью введения в нее нужной дозировки химически чистых реагентов, которых должны хорошо растворяться в воде и не содержать токсичных примесей. Следует отметить, что возможности в выборе солевых композиций ограничены в основном сульфатными, хлоридными и карбонатными солями кальция, магния и натрия. Вводя в воду данные соли она будет содержать ряд макрокомпонентов, таких как катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и анионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$ .

Дистиллированная морская вода практически не содержит солей. Поэтому композицию солевых компонентов выбирают с расчетом получения оптимального уровня солесодержания, не должна превышать 1000 мг/л по [1]. Диапазон солесодержания до 1000 мг/л, в соответствии с современными представлениями, является оптимальным для воды, используемой для повседневного употребления и приготовления пищи и напитков, в которых концентрации основных макрокомпонентов: кальция, магния, натрия, калия, гидрокарбонатов, хлоридов и сульфатов, находятся в оптимальной зоне. В качестве исходных продуктов принимают химически чистые вещества: карбонат натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), хлористый кальций ( $\text{CaCl}_2$ ), сульфат натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), карбонат магния ( $\text{MgCO}_3$ ), фтористый или кремнефтористый натрий.

Существенным недостатком данного метода является большой расход солевых химически чистых реагентов, которые являются дефицитными и дорогими.

#### 2. Добавление очищенной морской воды в дистиллированную воду

При данном методе в качестве минерализующей добавки использует морскую воду, прошедшую предварительную очистку на станции водоподготовки. Так как очищенная морская вода не содержит механических примесей и бактериологически безопасна, ее можно добавлять к дистилляту не ухудшая его санитарные свойства.

Максимальное содержание солей в воде Черного моря составляет 45 г/л. Солесодержание в воде питьево-

го качества не должно превышать 1 г/л найдем какое количество морской воды необходимо добавить к дистиллированной, чтобы полученная вода, соответствовала предъявленным требованиям:

$$C_{1i} \cdot q_{1i} + C_{2i} \cdot q_{2i} = C_{cm} \cdot (q_1 + q_2),$$

где  $C_{1i}$ ,  $C_{2i}$  — концентрации  $i$ -го вещества в морской и дистиллированной воде, соответственно;  $q_{1i}$ ,  $q_{2i}$  — расход морской воды и дистиллята, необходимый для получения требуемой концентрации в смеси для  $i$ -го вещества, соответственно;  $C_{cm}$  — концентрация вещества в воде после смешения дистиллята с морской водой.

$C_{cm}$  примем равной 1000 мг/л, расчет ведется на максимально допустимое значение общей минерализации по [3] с запасом, так как солесодержание морской воды в течении года меняется, а его максимальное значение будет составлять 45 г/л.

Примем, что соленость дистиллята  $C_2 \approx 0$ ;

Примем, что расход дистиллята равен производительности установки, тогда  $q_2 = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$ , тогда

$$C_{1i} \cdot q_{1i} + C_{2i} \cdot q_{2i} = C_{cm} \cdot q_{1i} + C_{cm} \cdot q_{2i};$$

$$C_{1i} \cdot q_{1i} - C_{cm} \cdot q_{1i} = C_{cm} \cdot q_{2i} - C_{2i} \cdot q_{2i};$$

$$q_{1i} = q_{2i} \cdot (C_{cm} - C_{2i}) / (C_{1i} - C_{cm}) = 10 (1-0) / (45-1) = 0,22 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Получен необходимый расход морской воды  $q_{1i} = 0,22 \text{ м}^3/\text{ч}$  для того, чтобы при смешении дистиллированной воды с морской получилась минерализация питьевой воды на выходе равная 1000 мг/л = 1 г/л.

Общий расход питьевой воды составит:

$$Q_{\text{общ}} = q_{1i} + q_{2i} = 0,22 + 10 = 10,22 \text{ м}^3/\text{ч} = 245,28 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Исходя из вышесказанного понятно, что для получения воды питьевого качества нужно смешать 100 долей дистиллята и 2,2 доли морской воды. Следует отметить, что расчеты приведены теоретические и, при выполне-

нии пусконаладочных работ, обязательна корректировка соотношения очищенной морской воды и дистиллята с учетом концентраций других веществ, содержащихся в морской воде. Соответственно, опресненная вода, полученная с помощью данного способа, насыщается минеральными веществами из природной соленой воды.

### 3. Добавление очищенного рассола в дистиллированную воду

Рассолы (a. brines, saltbrines; н. Salzlaugen, Salzsolen, Solen; ф. saumures; и. salmueras) — природные или искусственные водные растворы с концентрацией солей более 50 г/л (по В. И. Вернадскому). Рассол получен с помощью выпарной вакуумной установки. Концентрация солей в полученном рассоле составляет 90 г/л.

Этот способ заключается в том, что смешивание опресненной морской воды с минерализующей добавкой, в качестве которой используют рассол в количестве 1–1,5% от общего объема получаемой питьевой воды. Расчеты по определению соотношения дистиллированной воды и рассола для приготовления питьевой воды аналогичны второму способу.

### Заключение

— Проведен анализ существующих схем водоподготовки. В качестве сооружений для подготовки исходной воды предлагается комплекс сооружений двухступенчатой фильтрации, который является наиболее выгодным в строительстве и менее затратным в эксплуатации.

— Для обессоливания морской воды (получения дистиллята) после сооружений двухступенчатой фильтрации вода направляется в выпарную вакуумную установку.

— Для приготовления воды питьевого качества из дистиллята, полученного на выпарной вакуумной установке, предлагается добавление предварительно очищенной морской воды в него в соотношении 100 к 2,2.

*Работа выполнена в организации Головного 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.*

### Литература

1. Мосин О. В. Физикохимические основы опреснения морской воды. // Сознание и физическая реальность. 2012. № 1. С. 19–30.
2. Мержанов А. Г. Водородное высокотемпературное термодистилляционное опреснение морской воды / А. Г. Мержанов, Г. Г. Аракелян, А. Г. Аракелян, Гр. Г. Аракелян. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.grantstroy.net/en/vodorodnoe-opresnenie-vodyi.html>, (дата обращения: 20.10.2018).
3. Sigora G. A., Nichkova L. A., Khomenko T. Y., Lukachev S. V. Criteria for the choice of the optimal desalination systems of sea water for the Crimean region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. April 2019. Vol. 264. Issue 1. Article number 012022.
4. Sigora G. A., Nichkova L. A., Khomenko T. Y., Anisimov M. Y. Preparing the distillate for drinking: chemical and ecological aspects // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. April 2019. Vol. 264. Issue 1. Article number 012027.

### References

1. Mosin O. V. Physico chemical bases of desalination of sea water. *Consciousness and physical reality*. 2012. No. 1. Pp. 19–30. (in Russian)
2. Merzhanov A. G. Hydrogen high-temperature thermodistillation desalination of sea water / A. G. Merzhanov, G. G. Arakelyan, A. G. Arakelyan, Gr. G. Arakelyan. [Electronic resource]: URL: <http://www.grantstroy.net/en/vodorodnoe-opresnenie-vodyi.html>, (date of access: 20.10.2018). (in Russian)
3. Sigora G. A., Nichkova L. A., Khomenko T. Y., Lukachev S. V. Criteria for the choice of the optimal desalination systems of sea water for the Crimean region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. April 2019. Vol. 264. Issue 1. Article number 012022.
4. Sigora G. A., Nichkova L. A., Khomenko T. Y., Anisimov M. Y. Preparing the distillate for drinking: chemical and ecological aspects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. April 2019. Vol. 264. Issue 1. Article number 012027.

5. *Nichkova L. A., Sigora G. A., Khomenko T. Y., Biriuk V. V.* Optimization of the seawater desalination method for a certain region // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. April 2019. Vol. 264. Issue 1. Article number 012020.
6. СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Введ. 26.09.2001. — М.: Издательство стандартов, 2001. 67 с.
7. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Введ. 01.01.2013. — М.: Издательство стандартов, 2013. 132 с.
8. *Mankad A., Walton A., Gardner J.* Psychological predictors of public acceptance for urban stormwater reuse // *Journal of Hydrology*. May 2019. Vol. 572. P. 414–421
9. *Baijius W., Patrick R. J.* We don't drink the water here: The reproduction of undrinkable water for first Nations in Canada // *Water (Switzerland)*. May 2019. Vol. 11. Issue 5. Article number 1079.
10. *Антипов С. Т.* Эксергетический анализ концентрирующей вымораживающей установки. / С. Т. Антипов, В. Ю. Овсяников, Я. И. Кондратьева, А. А. Корчинский // *Вестник Международной академии холода*. 2017. № 2. С. 78–83.
11. *Железняк К. Е.* Определение энергетических параметров эффективности атмосферных генераторов воды. / К. Е. Железняк, Д. А. Угланов, И. Е. Воротынцев, П. А. Чертыковцев // *Вестник Международной академии холода*. 2017. № 4. С. 46–51.
12. Патент РФ № 2417953. Друзьяк Н. Г. Способ минерализации питьевой воды из дистиллята. МПК C02F1/68; A23L2/38; C02F103/04; заявл. 15.01.2007; опубл. 10.05.2011. 11 с.
5. *Nichkova L. A., Sigora G. A., Khomenko T. Y., Biriuk V. V.* Optimization of the seawater desalination method for a certain region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. April 2019. Vol. 264. Issue 1. Article number 012020.
6. Sanitary rules and regulations 2.1.4.1074–01. Drinking water. Hygienic requirements to water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Hygienic requirements for the safety of hot water systems. No. 26.09.2001. Moscow: Publishing house of standards, 2001. 67 PP. (in Russian)
7. Sanitary rules 31.13330.2012. Water supply. External networks and facilities. No. 01.01.2013. Moscow: publishing standards, 2013. 132 PP. (in Russian)
8. *Mankad A., Walton A., Gardner J.* Psychological predictors of public acceptance for urban stormwater reuse. *Journal of Hydrology*. May 2019. Vol. 572. P. 414–421
9. *Baijius W., Patrick R. J.* We don't drink the water here: The reproduction of undrinkable water for first Nations in Canada. *Water (Switzerland)*. May 2019. Vol. 11. Issue 5. Article number 1079.
10. *Antipov S. T., Ovsyannikov V. Yu., Kondrateva Ja. I., Korchinskij A. A.* Exergy analysis of freeze concentration unit. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 2. p. 78–83. (in Russian)
11. *Zheleznyak K. E., Uglanov D. A., Vorotintsev I. E., Chertykov tsev P. A.* Determination of the energy parameters of the efficiency of atmospheric water generators. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 4. p. 46–51. (in Russian)
12. Russian patent No. 2417953. Druzyak N. G. Method of mineralization of drinking water from distillate. IPC C02F 1/68; A23L 2/38; C02F103 / 04; declared 15.01.2007; publ. 10.05.2011. 11 p. (in Russian)

### Сведения об авторах

#### Бирюк Владимир Васильевич

д. т. н., профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета им. академика С. П. Королева, ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086, teplotex\_ssau@bk.ru

#### Анисимов Михаил Юрьевич

к. т. н, доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета им. академика С. П. Королева, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, anis\_micle\_63@mail.ru

#### Горшкалев Алексей Александрович

к. т. н, старший преподаватель кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета им. академика С. П. Королева, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, agorsh@bk.ru

#### Теплых Светлана Юрьевна

к. т. н., доцент кафедры водоснабжения и водоотведения Самарского государственного технического университета, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, p.a.g@bk.ru

#### Шершакова Анастасия Александровна

магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарского государственного технического университета, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, p.a.g@bk.ru

### Information about authors

#### Biryuk Vladimir Vasilevich

D. Sc., professor of the Department of Heat engineering and thermal engines of the Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia, teplotex\_ssau@bk.ru

#### Anisimov Mikhail Yurievich

Ph. D., associate professor of the Department of Heat engineering and thermal engines of the Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia, anis\_micle\_63@mail.ru

#### Gorshkalev Aleksey Aleksandrovich

Ph. D., senior lecturer of the Department of Heat engineering and thermal engines of the Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia, agorsh@bk.ru

#### Teplyh Svetlana Yurievna

Ph. D., associate professor of Water supply and rejection Department of Samara State Technical University, 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, p.a.g@bk.ru

#### Shershakova Anastasia Alexandrovna

Post-graduate student of Water supply and rejection Department of Samara State Technical University, 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244, p.a.g@bk.ru