

DOI: 10.18721/JEST.26402

УДК 621.762: 551.501.774

*В.И. Горынин¹, С.Ю. Кондратьев²,
В.В. Рогожкин³, Е.Б. Мишин⁴, Е.В. Коленов⁵*

¹ Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», Санкт-Петербург, Россия;

² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия;

³ АО «Атомпроект», Санкт-Петербург, Россия;

⁴ Московский проектный институт АО «Атомэнергопроект», Москва, Россия;

⁵ ПАО «Силовые машины», Санкт-Петербург, Россия

КОНДЕНСАЦИЯ АТМОСФЕРНОЙ ВЛАГИ АКВАТОРИИ МОРЯ ДЛЯ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИРОДНОЙ ПРЕСНОЙ ВОДЫ

Рассмотрена новая перспективная экопромышленная безотходная W-CONDENSER-технология конденсации атмосферной влаги акватории морей (океанов) на основе использования крупногабаритных блоков с целью снижения мирового дефицита чистой пресной воды. Блоки W-CONDENSER могут производить 4000 т/сутки и более пресной воды. Блоки W-CONDENSER пригодны как экопромышленная система для водообеспечения населения, промышленности и сельского хозяйства с сухим климатом территорий, а также для стабилизации естественных источников водоснабжения (реки, озера, подземные запасы и др.) при условии необходимого энергообеспечения (АЭС, ТЭЦ и др.), влажности атмосферы и благоприятной морской Розы ветров региона. Сделана расчетная оценка основных технических параметров проектирования и строительства блоков мощных крупногабаритных W-CONDENSER. Эксплуатация W-CONDENSER предусматривает получение больших объемов пресной воды, в первую очередь, для питьевых целей, а также для аграрных, промышленных и других потребностей.

Ключевые слова: экопромышленная технология, теплообменное оборудование, проектирование и строительство, получение пресной воды, опреснительная установка.

Ссылка при цитировании:

Горынин В.И., Кондратьев С.Ю., Рогожкин В.В., Мишин Е.Б., Коленов Е.В. Конденсация атмосферной влаги акватории моря для поточного производства природной пресной воды // Материаловедение. Энергетика. 2020. Т. 26, № 4. С. 23–35. DOI: 10.18721/JEST.26402

Эта статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

*V.I. Gorynin¹, S.Yu. Kondratyev²,
V.V. Rogozhkin³, E.B. Mischin⁴, E.V. Kolenov⁵*

¹ Central Research Institute of Structural Materials “Prometey”, St. Petersburg, Russia;

² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia;

³ JSC “Atomproekt”, St. Petersburg, Russia;

⁴ JSC “Atomenergoproekt”, Moscow, Russia;

CONDENSATION OF ATMOSPHERIC MOISTURE IN THE SEA AREA FOR IN-LINE PRODUCTION OF NATURAL FRESH WATER

The paper considers a promising eco-industrial waste-free W-CONDENSER-technology for the condensation of atmospheric moisture in the waters of the seas (oceans) based on the use of large-sized blocks to reduce the global shortage of fresh water. W-CONDENSER units can produce 4000 tons of fresh water per day and more. W-CONDENSER units are suitable as an eco-industrial system for water supply of the population, industry and agriculture with a dry climate of the territories, as well as for stabilization of natural sources of water supply (rivers, lakes, underground reserves, etc.) subject to the necessary energy supply (NPP, TPP, etc.), atmospheric humidity and favorable sea wind rose of the region. The authors presented a calculated assessment of the main technical parameters of the design and construction of high-power large-sized W-CONDENSER units. Operation of W-CONDENSER provides for obtaining large volumes of fresh water, primarily for drinking purposes, as well as for agricultural, industrial and other needs.

Keywords: fresh water production, environmental technology, heat exchangers, desalination, design and construction.

Citation:

V.I. Gorynin, S.Yu. Kondratyev, V.V. Rogozhkin, E.B. Mischin, E.V. Kolenov, Condensation of atmospheric moisture in the sea area for in-line production of natural fresh water, Materials Science. Power Engineering, 26 (04) (2020) 23–35, DOI: 10.18721/JEST.26402

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение. Дефицит пресной воды на планете является одной из глобальных проблем современности, причем актуальность ее возрастает с каждым годом. Известно много способов опреснения, но даже новые современные промышленные технологии не полностью обессоливают большие массы морской воды из-за разнообразия солей, проблем утилизации солевых отходов и высокой стоимости процессов опреснения.

Главным недостатком этих методов является получение «пресной воды» не природного происхождения с пониженными вкусовыми и визуальными качествами, повышенного содержания D_2O или H_2O – (оксид дейтерия) опасной для здоровья (см. «Открытое письмо-13» всем властям и всему населению страны от 16.07.2007 г., написанное 13 учеными-химиками, медиками, геологами и специалистами по водообеспечению Израиля»).

Необходима принципиально новая экоинженерная концепция обеспечения планеты пресной водой. Такая концепция может быть основана на создании промышленной безотходной технологии обеспечения чистой пресной водой конденсационного (природного) происхождения водodefицитных континентальных и островных территорий, омываемых морской водой.

Новая технология и экопромышленные системы W-CONDENSER для получения больших объемов пресной воды природного происхождения за счет конденсации атмосферной влаги акватории морей (океанов) позволит обеспечить пресной водой аридные регионы Земли взамен энергоемких и токсичных для человека и окружающей среды методов «опреснения» морской или гиперсоленой воды. Атмосферная влага практически неисчерпаема, ее конденсат близок по химическому составу и биологическим свойствам к дождевой воде – основе жизни на Земле.

Проблема дефицита пресной воды

Вода и воздух – ценнейший жизнеобеспечивающий ресурс планеты. Из всей воды (~1,4 млрд. км³) на земле пригодны для питья и другого использования всего лишь 3% (35 млн. км³). Считается, что

0,77% мировых запасов воды – это доступные подземные и поверхностные источники (озера, реки, болота и т.д.). Как и ископаемые виды топлива, водные ресурсы накапливаются медленно и являются мало возобновляемыми. Источником возобновляемых ресурсов пресной воды считаются атмосферные осадки, годовой объем которых $\sim 110300 \text{ км}^3/\text{год}$. Из них $69600 \text{ км}^3/\text{год}$ возвращаются в атмосферу в результате испарения и транспирации. Суммарный глобальный сток воды достигает $40700 \text{ км}^3/\text{год}$ [1]. С учетом географического положения и периодически возникающих природных катаклизмов доступный объем стока сокращается до $12500 \text{ км}^3/\text{год}$. Крупнейшие мировые водохранилища опустошаются темпами, все более превышающими скорость их естественного возобновления [2].

Лидер потребления пресной воды – сельское хозяйство, где используется до 70% всего объема. Прогнозируется, что к 2040 г. водных ресурсов не будет хватать на сельское хозяйство, энергетику и промышленность.

Засуха охватила заметную часть Земли. При этом даже те земли, которые омываются морской водой, становятся пустынями. На рис. 1 видно, что для трех континентов – Африка, Америка и Азия – уже сформирован протяженный и расширяющийся пояс пустынь. В Африке и Азии они составляют около 1/3 всей площади, расширяясь, несмотря на имеющиеся сведения о наличии под ними больших, но практически недоступных подземных водных ресурсов, например на западе Китая под пустыней Такла-Макан в Таримской впадине площадью около 300000 км^2 , оцениваемых до триллиона тонн воды.

Австралия – один из самых засушливых континентов на Земле. Вода здесь в основном берётся из подземных источников. Наиболее крупный из них – большой Артезианский бассейн, которого, в лучшем случае хватит до середины 21 века. Большая часть территории Австралии занята пустынями. На западе континента пустыни не только дошли до берегов, но и распространяются вдоль побережья. Для решения этой проблемы с 2007 г. введен зонный контроль использования воды, чтобы не допустить полной аридизации территории. Также растет дефицит пресной воды в Китае. Имея один уровень водной инфраструктуры с Канадой, Китай опережает ее по населению (более чем в 40 раз) и по развитию промышленности. Поэтому обострение проблемы водоснабжения тормозит развитие промышленности, обходясь экономике Китая в миллиарды долларов США ежегодно. После КНР (объем воды на душу населения $1912 \text{ м}^3/\text{год}$) значительные проблемы с водой испытывают Индия (1411), Иран (1293), Египет (723), Израиль (330) и Сау-



Рис. 1. Пояс пустынь на планете Земля

Fig. 1. The zone of deserts on planet Earth

довская Аравия (59) [1]. Возможность использования атмосферной влаги ближайших морей для обеспечения пресной водой прибрежных городов очевидна, исходя из влажности воздуха и Розы ветров (рис. 2).

Тенденция роста дефицита доступной пресной воды на Земле, а во многих регионах её отсутствие, способствует катастрофическим, политическим и гуманитарным последствиям.

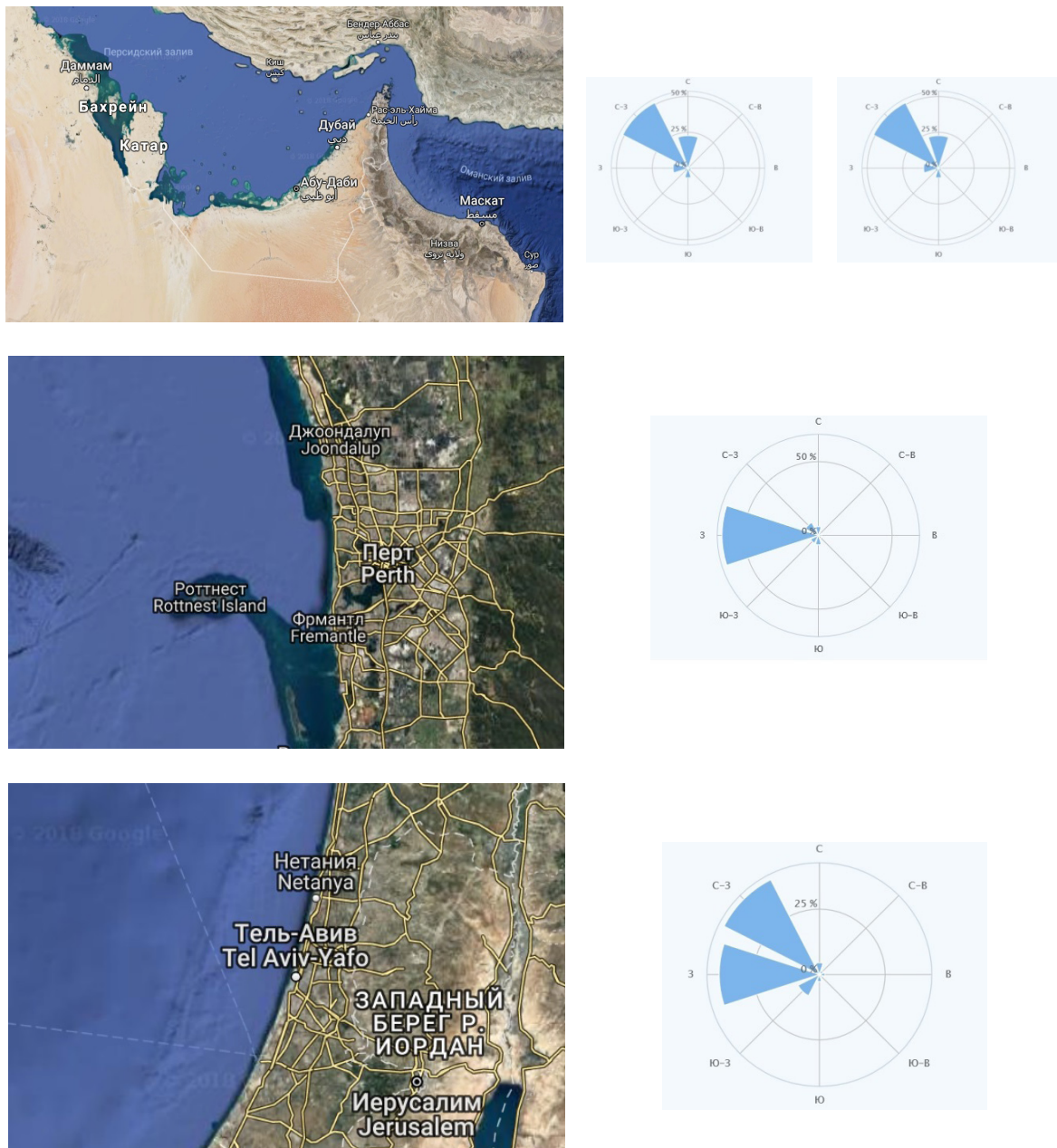


Рис. 2. Роза ветров территорий, перспективных для применения W-CONDENSER технологии конденсации атмосферной влаги акватории морей
 Fig. 2. Wind roses of territories are promising for the use of W-CONDENSER technology for condensation of atmospheric moisture in the sea area

Техническое решение проблемы обеспечения засушливых регионов пресной водой

Очевидно, что определяющим преимуществом использования блоков W-CONDENSER для производства пресной воды в промышленных объемах (от 4000 м³/сутки и более) является выполнение двух условий:

- а) отсутствие токсично-технологических отходов, загрязняющих акваторию прибрежной территории;
- б) обеспечение безопасного употребления человеком продукта (питьевой воды дождевого качества) с концентрацией солей менее 1 г/л.

При опреснении морской (соленой) воды этим условиям сложно удовлетворять по следующим естественным причинам:

во-первых, не полностью обеспечивается обессоливание больших масс морской воды из-за разнообразия солей (из 160 известных химических элементов ~70 содержатся в морях и океанах); в их состав входят хлориды натрия, сульфаты, карбонаты кальция, магния, алюминия, меди, бора, токсичные окислы дейтерия, трития, стронция и др. [3–5];

во-вторых, образование в больших количествах (десятки, сотни и тысячи тонн в сутки) солевых отходов ухудшает качество жизни людей, создает проблемы сбора, безопасного хранения и дорогостоящей утилизации.

Образующийся при «опресняющей» дистилляции жидкий солевой осадок с накипью в виде хлоридов и карбонатов кальция и магния, требующих применения антинакипных добавок, является экологически неприемлемым веществом. Аналогичная ситуация характерна и для таких способов опреснения морской воды как обратный осмос, электродиализ, замораживание, газо-гидратирование и т.д.

Кроме того, «пресная» вода, полученная из морской, практически не пригодна для постоянного употребления человеком, животными и даже для полива пищевых растений. Отметим, что научное сообщество пришло к выводу о недопустимости даже подмешивания, так называемой, «мертвой» воды с D2O и др., полученной обессоливанием морской, в водопроводную систему городов (см. «Открытое письмо-13» от 16.07.2007 г.) [3–5].

Масштабное решение проблемы обеспечения пресной водой природного качества континентальных и островных территорий возможно на основе экоинженерной концепции с учетом имеющихся природных форм, путей циркуляций и стока не используемых водных ресурсов приповерхностного слоя морского (океанского) воздуха. В первую очередь, это практически не используемые большие запасы пресной воды в виде водяного пара в атмосфере над акваториями морей (океанов) континентальных и островных территорий. На рис. 2 приведены примеры территорий, перспективных для применения W-CONDENSER-технологии конденсации атмосферной влаги акватории морей. Атмосферный водный конденсат практически экологически безопасен, поскольку процесс его охлаждения не образует токсичный солевой остаток и не требует расходных деталей типа фильтров с их регулярной заменой и утилизацией.

Конденсация атмосферной влаги

Конденсат атмосферной влаги является природной основой существующих длительное время наземных и подземных источников пресной воды. Обновление последних возможно только при условии систематических природных осадков (дожди, туманы) конденсата атмосферной влаги.

Атмосферная влага может употребляться после естественной минерализации в реках и водохранилищах. Кроме того, она позволяет увеличить объем межпластовых вод, к которым относятся артезианские, залегающие на глубине 100 м и более. Артезианские воды имеют много положительных свойств, являясь одними из самых чистых, так как проходят через слои грунта, выполняющие функции фильтра (известняк и др.). Они также богаты минералами и имеют при-



Рис. 3. Общий вид блока W-CONDENSER с конденсатной станцией
 Fig. 3. General view of the W-CONDENSER unit with a condensate station

емлемый для потребления в пищу химический состав [6–7]. Артезианский источник воды считается полезным ископаемым, хотя вначале был атмосферной влагой.

Природные возможности континентальных и островных территорий для решения проблемы обеспечения пресной питьевой водой характеризуются следующим:

I. концентрация пресной воды в воздухе (в виде пара) над акваторией морей (океанов) находится в диапазоне $10\text{--}35\text{ г/м}^3$ воздуха при температуре морской воды у поверхности $18\text{--}30\text{ }^\circ\text{C}$.

II. наличие глубинных морских вод с пониженной температурой ($7\text{--}13\text{ }^\circ\text{C}$) практически независимо от времени года; часто этому соответствует круто спадающий рельеф дна у берега.

Источник холода позволяет использовать блоки W-CONDENSER на основе конденсации атмосферной влаги в теплообменном устройстве либо в турбодетандере. Последние охлаждают влажный воздух морей (океанов) до температуры ниже точки росы. Создание такого W-CONDENSER возможно на базе комплекса технических средств конденсации атмосферной влаги и транспортировки природной пресной воды потребителю.

По предварительной оценке для получения блоком W-CONDENSER пресноводного конденсата в промышленных объемах ($>1000\text{ т}$ в сутки) поток воздуха составляет не менее $800\text{ м}^3/\text{с}$ и расхода, например, морской воды в качестве охладителя – не менее $0,3\text{ т/с}$, что не является сложной технической задачей. Ввод W-CONDENSER позволит, например, снизить расход подземных водных запасов, накопленных, возможно, еще давно и обеспечить их возобновление за счет атмосферных осадков. Очевидно, что промышленный и безотходный W-CONDENSER представляет интерес не только для деятельности правительств стран вододефицитных территорий и их национальных водных комитетов, но и для стратегии главного органа ООН по водным проблемам – UN-Water.

Вид блока W-CONDENSER с конденсатной станцией производительностью $\geq 4000\text{ т/сутки}$ питьевой воды представлен на рис. 3.

Описание технического предложения

Объектом проектирования и строительства, с учетом географического положения, параметров климата и ветра побережья, является W-CONDENSER для производства и транспортировки природной пресной воды в водохранилища. Основой W-CONDENSER является крупногабаритная конденсатная установка (рис. 4) на плитном или свайном основании. Она состоит из модульных

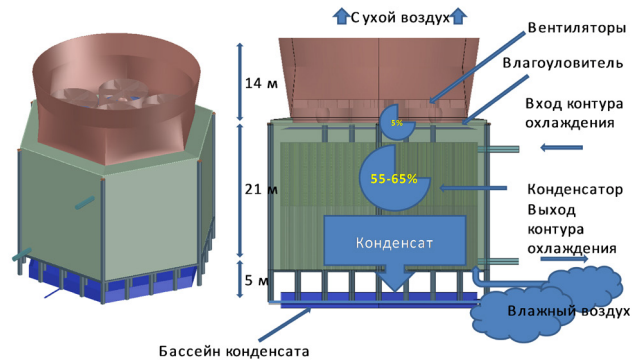


Рис. 4. Схематическое изображение конструкции крупногабаритной конденсатной установки в составе опреснительной системы W-CONDENSER

Fig. 4. Schematic representation of the design of a large-sized condensate plant as part of the W-CONDENSER desalination system

пластинчатых или трубных теплообменных элементов (ТЭ) из морских титановых сплавов или коррозионностойких сталей типа 316L аустенитного структурного класса, собранных в пучки с шагом, определенным из расчета энергетического баланса водо-воздушного конденсатора.

Основные технические параметры крупнотоннажного блока

W-CONDENSER:

1. высота установки (с диффузором) – до 40 м;
2. металлоёмкость трубчатки – ~250 т;
3. расчётная мощность водяных насосов – ~0,15 МВт;
4. расчётная мощность вентиляторных установок – ~1,25 МВт;
5. температура охлаждающей среды – 7-13 °С;
6. производительность – ~4000 т/сутки (пресная вода);
7. удельные энергозатраты – < 60 кВт·ч/т.

Металлические стенки камеры должны иметь тепловую изоляцию и наружное светоотражающее покрытие для минимизации их нагрева солнечными лучами. Для обеспечения сейсмостойкости W-CONDENSER могут применяться демпфирующие устройства. Локация W-CONDENSER проводится с учетом высоты над уровнем моря и удалённости от побережья – 20 м и 200 м соответственно.

Атмосферный воздух акватории моря с учетом Розы ветров в регионе локации блока подается в модульную камеру W-CONDENSER за счет разрежения, создаваемого системой вентиляторов, где охлаждается до температуры ниже точки росы при теплообмене с циркулирующей внутри ТЭ охлаждающей средой. В качестве промежуточного теплоносителя могут использоваться также хладагенты, например, типа R22, R401 и др.

После прохождения горизонтальных или вертикальных теплообменных трубчатых стен W-CONDENSER атмосферная влага превращается (до 70%) в пресную воду, которая, попадая в каплеуловительную систему, накапливается в бассейне конденсата для дальнейшей его транспортировки потребителям.

Охлаждающая среда и трубопроводы W-CONDENSER

Для охлаждения теплообменных элементов в W-CONDENSER может подаваться охлаждающая среда, например, морская вода. Береговая насосная станция располагается вблизи береговой линии, например, для подачи морской (океанской) воды в качестве источника холода в конденсаторы в сифонном режиме при обеспечении расхода охлаждающей воды 0,15-1,3 м³/с. Этот расход зависит от требуемой производительности пресноводного конденсата.

Забор морской (океанской) воды целесообразен с глубин, где температура воды составляет 7-13 °С (холодный промежуточный слой «термоклин» возможен на глубине 30-100 м).

Основные особенности конструкции W-CONDENSER

Важной особенностью W-CONDENSER может являться прямое использование различных источников холода, например, глубинной морской воды без применения холодильных агрегатов для получения нужных низких температур влагосодержащего воздуха. Измерения температуры воды вблизи города Сэндридж (Австралия), выполненные 22.07.1878 г., показали величину 11 °С, в Порт-Филиппе – 13 °С. Это связано с холодным Западно-Австралийским течением у западных берегов континента.

Отсутствие в регионе источников холода с температурой ниже точки росы для прямой конденсации атмосферной влаги может быть компенсировано переводом воздуха в сжатое состояние (2-4 атм, +120 °С) с охлаждением сжатого воздуха любой природной морской водой, с последующим снижением температуры воздуха от –10 °С до +10 °С при адиабатическом расширении в турбодетандерах (Патент № 2504417) [8].

Крупнотоннажный W-CONDENSER целесообразен по принципу компоновки в виде корпусной испарительной вентиляторной градирни высотой > 40 м с ТЭ, расположенными как в вертикальной, так и в наклонной и горизонтальной плоскостях. Это позволяет получать максимально эффективную форму и площадь теплообмена, сохраняя простые классические формы пространственного металлического каркаса, что в совокупности способствует высокой энергоэффективности и простоте монтажа. Воздухозабор с учётом морской Розы ветров региона может осуществляться с различной высоты относительно фундамента градирни. Выбор материалов для изготовления элементов конструкции необходимо осуществлять с учетом особенностей ее эксплуатации, в том числе коррозионно-активной среды, перепада температур и напряжений [9–11].

Преимущество промышленной технологии конденсационного получения пресной воды

1) Экологическая безопасность продукта

Вся полученная пресная вода (>4000 т/сутки) деминерализована и практически не содержит вредных примесей, так как является продуктом конденсации водяного пара, образовавшегося в процессе природного низкотемпературного испарения молекул воды с поверхности моря (океана) под действием солнечной радиации. Поэтому продукт W-CONDENSER имеет изотопный и химический состав на уровне качества дождевой воды для использования в питьевых целях.

2) Модульное исполнение блока W-CONDENSER

Теплообменные элементы-модули имеют размеры 2 м × 10 м × 1 м (производительность по конденсату не менее 20 т/сутки), что позволяет их изготавливать в условиях мини-заводов и транспортировать железнодорожным и автомобильным способом для строительства блока W-CONDENSER. Блок может быть собран из десятков и сотен ТЭ для обеспечения необходимого дебита воды. Количество конденсаторных камер W-CONDENSER также можно увеличить с учётом норматива потребления и ресурса энергоснабжения.

3) Быстрый монтаж крупногабаритного блока W-CONDENSER

Проект, за исключением фундаментов, предусматривает использование строительных конструкций типовых вентиляторных градирен и другое оборудование заводского изготовления с

доставкой к месту монтажа автомобильным транспортом. При монтаже также возможно использование автокранов по пневмоходу.

4) Новые рынки

Известно, что весьма малое количество водных ресурсов Земли (0,77%) является питьевым и доступным для использования. За последние 50 лет население планеты выросло вдвое и по прогнозам на 2050 год составит 10 млрд. человек. В то же время запасы питьевой воды остались на прежнем уровне. Всемирный фонд дикой природы (WWF) считает, что к 2025 году около 60% населения Земли будет не хватать пресной воды.

Транспорт пресной воды на расстояние тысячи и более километров с целью перепродажи экономически не эффективен и не способствует увеличению объёма продаж воды даже при повышенном спросе. Поэтому интерес представляют инвестиции в готовые пищевые продукты, производство которых расположено в местах, где возможно увеличение водоснабжения, например, за счёт размещения блоков W-CONDENSER требуемой производительности пресной воды. Инвестиции в конкретный товар напрямую предполагают под собой его транспортировку для перепродажи в вододефицитных районах [12–15].

В качестве примера косвенных инвестиций в пресную воду можно привести вино, одна бутылка которого требует в 400 раз больше воды. Другим продуктом, требующим большое количество пресной воды, является мясо. Для производства 1 кг свинины требуется 4500 литров пресной воды, а для 1 кг курятины – 3900 литров. Растущий глобальный дефицит воды способствует ускорению роста стоимости продуктов, производство которых напрямую зависит от доступа к этому ресурсу.

В настоящее время также заметна тенденция роста больших морских поставок пресной воды по типу танкерных перевозок из стран богатых водными ресурсами в регионы их дефицита. Например, импорт пресной воды из Новой Зеландии в Саудовскую Аравию. Снабжение пресной водой островов Мальты и Кипра из Италии и Греции соответственно. Исключением является богатый нефтью Кувейт, получающий воду сухопутным путём по водопроводу из Ирака и Ирана, которые сами не находятся в лидерах по запасам пресной воды.

Появление экопромышленных блоков W-CONDENSER производства больших объёмов пресной воды конденсационным способом, по-видимому, не только изменит структуру мирового рынка пресной воды, но и экономику водных ресурсов на базе традиционных, энергозатратных и не достаточно эффективных технологий «опреснения» морской или другой соленой воды. Предлагаемая технология позволит лиувидировать остроту кризиса водных ресурсов и, тем самым, конфликтность стран вододефицитных регионов.

Удельные энергозатраты (<60 кВт·ч/т) для W-CONDENSER позволяют оценить стоимость 1 т атмосферного конденсата (вода дождевого качества) в странах южного и восточного средиземноморья менее 1,8\$ США.

Приведенные технико-экономические показатели подлежат уточнению по результатам опытно-конструкторских работ и ввода W-CONDENSER с учетом отработки унифицированного цикла производства пресной воды для теплообменного оборудования, лимитирующего производительность, ресурс и маневренность элементов W-CONDENSER.

Целесообразность строительства блоков обеспечения населения аридного региона пресной водой определяется, в первую очередь, правительством страны или организацией стран засушливых территорий, например, проект Африканского союза – «Великая зеленая стена» (борьба с опустыниванием земель к югу от Сахары).

Об экономической приемлемости использования блоков W-CONDENSER для водообеспечения промышленности и сельского хозяйства региона целесообразно исходить из именно РЫНОЧНОЙ стоимости пресной питьевой воды в АРИДНОМ регионе (а не по АБСОЛЮТНОЙ энергетической/денежной цены пресной воды в мире!).

Мировой опыт изготовления и эксплуатации установок для производства пресной воды

В настоящее время проблема получения воды из атмосферного воздуха имеет много технических решений – на уровне патентов и малогабаритных и автономных установок индивидуального пользования. Их использование предполагается в районах безводного климата (пустыни, степи и т.д.). Это накладывает ограничения на масштабное решение проблемы. Вместе с тем, за рубежом это направление развивается и имеет примеры серийного производства таких устройств.

В США и Израиле разработаны и производятся мобильные установки производства пресной воды. Самой производительной в линейке производства подобных систем является автономная установка EA-5000, использующая хладагенты R22 и R401 и ориентированная на применение в удаленных от моря засушливых регионах. Однако объём производства воды для EA-5000 составляет всего 5 т/сутки.

Сооружение опытно-промышленного блока W-CONDENSER

Разработка рабочего проекта и изготовление блока W-CONDENSER, отработка режимов эксплуатации применительно к геоспецифике климата морского (океанского) побережья, выбранного для локации, должны предшествовать строительству объектов экопромышленной системы. При этом также целесообразно учитывать ряд следующих факторов развития территории локации W-CONDENSER:

1. энергообеспечение региона (наличие электрической станции типа АЭС, ТЭЦ),
2. рост населения,
3. индустриализация,
4. рост потребления воды для сельского хозяйства и другого применения,
5. социальный уровень общества и его стабильность.

Примерные сроки строительства блока W-CONDENSER для обеспечения пресной водой 60 тыс. чел. составляют не более 18 месяцев, а отработка режимов эксплуатации – 6 месяцев. Стоимость W-CONDENSER зависит от требуемого объёма водообеспечения. Отметим, что цена питьевой воды, в зависимости от стратегии её получения может изменяться разнонаправленно.

Вода для противостояния зоне пустынь сегодня лишь вопрос цены, а в будущем может стать ключевым фактором жизни Земли, что наглядно видно на примере таких аридных регионов, как Сахара (Северная Африка), Западная Австралия, Южно-Африканская Республика, Аравийский полуостров (Большая Сирийская пустыня, пустыни Большой и Малый Нефуд и др.) и т.д.

Выводы

1. На основе принципиально новой концепции использования крупногабаритного блока W-CONDENSER, включающего теплообменное оборудование, предложена экопромышленная технология конденсации атмосферной влаги акваторий морей континентальных и островных территорий для получения природной пресной воды. Эксплуатация W-CONDENSER предусматривает получение больших объемов пресной воды, в первую очередь, для питьевых целей, а также для аграрных, промышленных и других потребностей.

2. Обоснованы основные технические параметры проектирования и строительства блоков мощных крупногабаритных W-CONDENSER, обеспечивающих производство до 4000 т/сутки пресной (питьевой) воды природного происхождения для вододефицитных приморских регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Кофман В.Я. Родники и атмосферные осадки как источник питьевой воды // Энергия: экономика, техника, экология. 2014. № 7. С. 48–53.

- [2] **Данилов-Данильян В.И.** Глобальная проблема дефицита пресной воды. Век глобализации. Том 1, 2008, с. 45–56.
- [3] **Ветштейн В.Е.** К вопросу опреснения морской воды как источника водоснабжения Израиля. 2007 // [Электронный ресурс] Режим доступа: www.ecoimper.net/stat/1013_vetshtein.
- [4] **Ветштейн В.Е.** Питьевой дейтерий – медико-биологические и экологические проблемы опреснения морской воды // Вести. 01.11.2000. С. 6.
- [5] **Ветштейн В.Е.** Изотопы водорода и кислорода природных вод СССР. – Л.: Недра, 1982. 262 с.
- [6] **Корнилов И.** Докопаться до воды // Машины и механизмы. 2015. № 10 (121). С. 97–102.
- [7] **Рябчук Е.Ф.** Пресная вода на земле и под землей // Энергия: Экономика, техника, экология. 2010. № 6. С. 54–57.
- [8] Атомно-энергетический комплекс. Патент РФ № 2504417 от 20.01.2014 (RU 2504417 C1). Рогожкин В.В., Мошков К.В., Вализер Н.А., Потапов К.А.
- [9] **Фукс М.Д., Зеленин Ю.В., Кондратьев С.Ю.** Исследование качества металла толстостенных труб из коррозионно-стойких сталей // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 2. С. 36–38.
- [10] **Горынин В.И., Кондратьев С.Ю., Оленин М.И.** Повышение сопротивляемости разрушению сталей перлитного класса за счет микро- и наноструктурной трансформации карбидной фазы при дополнительном отпуске // Заготовительные производства в машиностроении. 2013. № 2. С. 42–48.
- [11] **Горынин В.И., Кондратьев С.Ю., Оленин М.И., Рогожкин В.В.** Концепция карбидного конструирования сталей повышенной хладостойкости // Металловедение и термическая обработка металлов. 2014. № 10 (712). С. 32–38.
- [12] **Доникян М.** Как заработать на жажде. 04.09.2016 // [Электронный ресурс] Режим доступа: mark.donikyan@qbfin.ru.
- [13] **Лихачева А.Б.** Проблема пресной воды как структурный фактор мировой экономики // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2013. № 3. С. 497–522.
- [14] **Андреев И.Л.** Пресная вода как глобальная социальная проблема. Вопросы философии. 17.01.2011 // [Электронный ресурс] Режим доступа: vphil.ru.
- [15] **Консулт В.** Мировой рынок пресной воды. 2009 // [Электронный ресурс] Режим доступа: v@vigorconsult.ru.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ГОРЫНИН Владимир Игоревич – начальник лаборатории, Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», д-р техн. наук.

E-mail: z1dehy97@mail.wplus.net

КОНДРАТЬЕВ Сергей Юрьевич – профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, д-р техн. наук.

E-mail: petroprom2013@yandex.ru

РОГОЖКИН Владимир Владимирович – главный специалист, АО «Атомпроект», канд. физ.-мат. наук.

E-mail: rogzhkin010@gmail.com

МИШИН Евгений Борисович – директор, Московский проектный институт АО «Атом-энергопроект», канд. физ.-мат. наук.

E-mail: mishin@aep.ru

КОЛЕНОВ Евгений Викторович – ведущий конструктор, ПАО «Силовые машины», без степени.

E-mail: kolenov@p.mach.ru

Дата поступления статьи в редакцию: 24.11.2020

REFERENCES

- [1] **V.Ya. Kofman**, Rodniki i atmosferynye osadki kak istochnik pityevoy vody // Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya. 2014. № 7. S. 48–53.
- [2] **V.I. Danilov-Danilyan**, Globalnaya problema defitsita presnoy vody. Vek globalizatsii. Tom 1, 2008, s. 45–56.
- [3] **V.Ye. Vetshteyn**, K voprosu opresneniya morskoy vody kak istochnika vodosnabzheniya Izrailya. 2007 // [Elektronnyy resurs] Rezhim dostupa: www.ecoimper.net/stat/1013_vetshtein.
- [4] **V.Ye. Vetshteyn**, Pityevoy deyteriy – mediko-biologicheskiye i ekologicheskiye problemy opresneniya morskoy vody // Vesti. 01.11.2000. S. 6.
- [5] **V.Ye. Vetshteyn**, Izotopy vodoroda i kisloroda prirodnykh vod SSSR. – L.: Nedra, 1982. 262 s.
- [6] **I. Kornilov**, Dokopatsya do vody // Mashiny i mekhanizmy. 2015. № 10 (121). S. 97–102.
- [7] **Ye.F. Ryabchuk**, Presnaya voda na zemle i pod zemley // Energiya: Ekonomika, tekhnika, ekologiya. 2010. № 6. S. 54–57.
- [8] **V.V. Rogozhkin, K.V. Moshkov, N.A. Valizer, K.A. Potapov**, Atomno-energeticheskiy kompleks. Patent RF № 2504417 ot 20.01.2014 (RU 2504417 C1).
- [9] **M.D. Fuks, Yu.V. Zelenin, S.Yu. Kondratyev**, Issledovaniye kachestva metalla tolstostennykh trub iz korrozionno-stoykikh staley // Zagotovitelnyye proizvodstva v mashinostroyenii. 2012. № 2. S. 36–38.
- [10] **V.I. Gorynin, S.Yu. Kondratyev, M.I. Olenin**, Povysheniye soprotivlyayemosti razrusheniyu staley perlitnogo klassa za schet mikro- i nanostrukturnoy transformatsii karbidnoy fazy pri dopolnitelnom otpuske // Zagotovitelnyye proizvodstva v mashinostroyenii. 2013. № 2. S. 42–48.
- [11] **V.I. Gorynin, S.Yu. Kondratyev, M.I. Olenin, V.V. Rogozhkin**, Kontseptsiya karbidnogo konstruirovaniya staley povyshennoy khladostoykosti // Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka metallov. 2014. № 10 (712). S. 32–38.
- [12] **M. Donikyan**, Kak zarabotat na zhazhde. 04.09.2016 // [Elektronnyy resurs] Rezhim dostupa: mark.donikyan@qbfin.ru.
- [13] **A.B. Likhacheva**, Problema presnoy vody kak strukturnyy faktor mirovoy ekonomiki // Ekonomicheskiy zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki. 2013. № 3. С. 497–522.
- [14] **I.L. Andreyev**, Presnaya voda kak globalnaya sotsialnaya problema. Voprosy filosofii. 17.01.2011 // [Elektronnyy resurs] Rezhim dostupa: vphil.ru.
- [15] **V. Konsult**, Mirovoy rynek presnoy vody. 2009 // [Elektronnyy resurs] Rezhim dostupa: v@vigorconsult.ru.

THE AUTHORS

GORYNIN Vladimir I. – *Central Research Institute of Structural Materials “Prometey”*.
E-mail: z1dehy97@mail.wplus.net

KONDRATYEV Sergey Yu. – *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*.
E-mail: petroprom2013@yandex.ru

ROGOZHNIK Vladimir V. – *JSC “Atomproekt”*.
E-mail: rogozhkin010@gmail.com

MISCHIN Evgeniy B. – *JSC “Atomenergoproekt”*.
E-mail: mishin@aep.ru

KOLENOV Evgeniy V. – PJSC “*Power machines*”.
E-mail: kolenov@p.mach.ru

Received: 24.11.2020