

# Металлургия. Материаловедение Metallurgy. Material Science

Научная статья

УДК 621.319.4

DOI: <https://doi.org/10.18721/JEST.30402>



*В.И. Горынин<sup>1</sup> ✉, В.В. Рогожкин<sup>2</sup>, В.Е. Михайлов<sup>1</sup>,  
Ю.Г. Сухоруков<sup>1</sup>, А.А. Ланин<sup>1</sup>, Л.А. Хоменок<sup>1</sup>,  
С.Б. Есин<sup>1</sup>, Е.В. Коленов<sup>1</sup>, А.В. Шеволдин<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова», Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup> АО «Атомпроект», Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский филиал Московского проектного института  
АО «Атомэнергопроект», Санкт-Петербург, Россия

✉ [z1dehy97@mail.wplus.net](mailto:z1dehy97@mail.wplus.net)

## **СОВМЕСТНОЕ РЕШЕНИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ БЕЗВОДНЫХ И ПУСТЫННЫХ РЕГИОНОВ**

*Аннотация.* В статье предложена аэроконденсатная технология совместного регулирования пресноводных ресурсов и климата с целью масштабного водообеспечения населения, увлажнения пустынь и аридных земель в Саудовской Аравии, Африке и других климатически проблемных регионах. Сформулированы технико-экономические характеристики мегасистемы «COOLERS» с производительностью безотходного промышленного сбора пресноводного конденсата до 30 тыс. т/сут. и с генерацией высотной зонтичной облачности перистого типа (Cirrus) толщиной 0,5–2,0 км и массой от десяти до нескольких тысяч тонн для снижения солнечной радиации до 40% над площадью до 100 тыс. км<sup>2</sup> для обеспечения доступа влажных морских атмосферных масс на территорию пустынь. Пресноводный конденсат производится благодаря наличию практически безграничной и экологически чистой атмосферной влаги морей и океанов путем применения турбокомпрессорной системы для охлаждения воздуха при его адиабатическом расширении. Основой для реализации аэроконденсатной технологии регулирования водных ресурсов и климата служит электрическая энергия АЭС и ТЭС проблемных регионов.

*Ключевые слова:* аэроконденсатная технология, совместное регулирование, пресная вода, климат, природная основа, технико-экономические характеристики, мегасистема «COOLERS», атмосферная влага морей, промышленный сбор пресноводного конденсата.

*Для цитирования:*

Горынин В.И., Рогожкин В.В., Михайлов В.Е., и др. Совместное решение пресноводных и климатических проблем безводных и пустынных регионов // Глобальная энергия. 2024. Т. 30, № 4. С. 24–36. DOI: <https://doi.org/10.18721/JEST.30402>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JEST.30402>

V.I. Gorynin<sup>1</sup> ✉, V.V. Rogozhkin<sup>2</sup>, V.E. Mikhailov<sup>1</sup>,  
Yu.G. Sukhorukov<sup>1</sup>, A.A. Lanin<sup>1</sup>, L.A. Homenok<sup>1</sup>,  
S.B. Esin<sup>1</sup>, E.V. Kolenov<sup>1</sup>, A.V. Shevoldin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> JSC “I. I. Polzunov Scientific and Development Association on Research and Design of Power Equipment”, St. Petersburg, Russia;

<sup>2</sup> JSC “Atomproekt”, St. Petersburg, Russia;

<sup>3</sup> JSC “Atomenergoproekt”, St. Petersburg, Russia

✉ z1dehy97@mail.wplus.net

## JOINT SOLUTION OF FRESHWATER AND CLIMATE ISSUES OF WATERLESS AND DESERT REGIONS

**Abstract.** The article proposes an aerocondensate technology for joint regulation of freshwater resources and climate for the purpose of large-scale water supply for the population, humidification of deserts and arid lands in Saudi Arabia, Africa and other climatically problematic regions. The technical and economic characteristics of the COOLERS megasystem with a capacity of waste-free industrial collection of freshwater condensate of up to 30 thousand tons/day and with the generation of high-altitude umbrella clouds of the cirrus type with a thickness of 0.5–2.0 km and a mass from 10 tons to several thousand tons are formulated to reduce solar radiation by 40% over an area of up to 100 thousand square kilometers to ensure access of humid marine atmospheric masses to the territory of deserts and the continent. Freshwater condensate is produced due to the presence of virtually unlimited and environmentally friendly atmospheric moisture of the seas and oceans by using a turbocompressor system for cooling the air during its adiabatic expansion. The basis for the implementation of the aerocondensate technology for regulating water resources and climate is the electrical energy of nuclear power plants and thermal power plants in problematic regions.

**Keywords:** aerocondensate technology, joint regulation, fresh water, climate, natural basis, technical and economic characteristics, COOLERS megasystem, atmospheric moisture of the seas, industrial collection of freshwater condensate.

**Citation:**

Gorynin V.I., Rogozhkin V.V., Mikhailov V.E., et al., Joint solution of freshwater and climate issues of waterless and desert regions, *Global Energy*, 30 (04) (2024) 24–36, DOI: <https://doi.org/10.18721/JEST.30402>

**Введение.** Вода, входящая в состав всего живого на Земле, и климат как совокупность состояний гидросферы, литосферы и атмосферы находятся в непрерывной связи, и изменение климата оказывает воздействие на ресурсы воды, способствуя ее нехватке в условиях нарушения механизма выпадения атмосферных осадков вследствие повышения температуры окружающей среды [1–4]. В свою очередь, негативное изменение процесса влагооборота в природе снижает водоснабжение, увеличивая спрос на пресную питьевую воду.

В настоящее время, по данным ООН, около 2 млрд человек в мире (каждый четвертый житель Земли) не имеют доступа к безопасной природной пресной воде. По прогнозам ООН и ВОЗ, к 2035 году число людей с постоянным дефицитом воды превысит 4 млрд человек.

Анализ данных [1] по количеству воды на 1 человека, равнявшемуся 11000 м<sup>3</sup> в 1970-х годах, 8700 м<sup>3</sup> – в 1980-х и 6500 м<sup>3</sup> – в 2000-х годах, позволяет сделать прогноз, что в 2025 году оно достигнет 4000–5000 м<sup>3</sup>. Таким образом, за 55 лет население мира увеличилось вдвое, а водоснабжение

уменьшилось примерно втрое. Предполагается, что к 2050 году оно составит 2500–4000 м<sup>3</sup>/год, что ниже прогнозного критического значения в 4300 м<sup>3</sup>/год.

Однако и эту оценку проблемы пресной воды сложно считать объективной, так как компьютерное моделирование данных по странам с низким и средним уровнем дохода выявило в 2024 году более 4,4 млрд человек в мире без свободного доступа к природной пресной воде [5]. Эти данные более чем вдвое (в 2,2 раза) превышают значения ООН и ВОЗ по пресноводным ресурсам.

Нехватка природной пресной воды стала общепризнанной глобальной проблемой номер один, которая не имела достаточно объективной оценки вследствие более высокой ее динамичности, чем это определялось и прогнозировалось. Население таких регионов, как, например, Африка к югу от Сахары и Юго-Западная Азия, имеют серьезные проблемы в обеспечении себя питьевой водой, препятствующие устойчивому развитию [5].

В Швейцарском институте водных проблем использовали данные опросов 65 тыс. домохозяйств и карты 135 стран-членов ООН для оценки реального состояния водоснабжения. Было выявлено, что в странах с высоким доходом также могут быть группы населения с недостаточным доступом к природной пресной воде, хотя эти страны не были включены в анализ. Кроме того, использовались результаты спутниковых наблюдений, съемок с бортов самолетов и местных замеров различных экологических и эпидемиологических параметров, влияющих на качество воды. Это позволило составить глобальную карту, отражающую стабильность доступа к природной пресной воде [5].

Можно отметить, что уже в 2024 году доля населения мира, имеющего доступ к природной пресной воде, до последнего времени доминировавшая, впервые стала меньше доли жителей с дефицитом пресноводных ресурсов. Это мало кто замечает, как и то, что расчет доступа к природной пресной воде уже может оцениваться не по населению с нехваткой воды, а по динамике уменьшения количества населения без дефицита воды и тем самым по снижению доступных пресноводных ресурсов.

Доступ к природной пресной воде близок к критическому для более чем 4,4 млрд человек с учетом более высоких и практически не регулируемых климатических температур. Приведенные данные [1, 3–5] и исследования ООН и ВОЗ свидетельствуют не о целесообразности, а о срочности разработки и применения инженерных методов эффективного сокращения и устранения галопирующего дефицита пресноводных ресурсов в условиях регулирования климата для обеспечения основного права на безопасную питьевую воду для всех.

#### **Актуальность проблем воды и климата**

Вода во все большей степени является ресурсом, последствия дефицита которого с учетом интенсивности изменения климата являются фактором различных рисков для энергетического, аграрного, индустриального, медицинского и других секторов. Все это при контролируемом или достаточном водоснабжении приобретает важное значение для обеспечения устойчивого развития в условиях даже ограниченно-активной приспособляемости к росту климатических температур за счет техногенного регулирования климата проблемного региона на природной основе, с учетом управления атмосферной влагой.

В настоящее время пресная вода и ее объемы в основном воспринимаются в виде обособленного сектора с попытками его отдельного регулирования или управления практически без учета реальной неразрывной связи факторов атмосферной влаги и климата. В связи с этим постановка задачи, исследовательский подход и реализация на их основе мультидисциплинарного инженерного мегапроекта, связанные с масштабным и экологически чистым промышленным сбором природной пресной воды, а значит, и с влиянием климата, должны иметь совместную (совокупную) пресноводную и климатическую направленность.

### Принцип совместного решения проблем воды и климата

В соответствии с [4] основным принципом решения проблем дефицита пресной воды и опустынивания территорий регионов является использование безграничных объемов атмосферной влаги южных морей (Каспийское, Красное и Средиземное моря, Персидский залив, Индийский и Атлантический океаны и др.), примыкающих к территориям пустынь, безводных и аридных земель.

Воздух акватории морей и океанов является крупнейшим на Земле восполняемым хранилищем пресноводной влаги (содержание влаги до 3,5% от веса воздуха при максимальной температуре среды 45°C). Пресноводная атмосферная влага морей формируется естественным путем как результат взаимодействия морской воды, солнца, ветра и других природных факторов. Химический и изотопный состав атмосферной влаги совпадает с составом дождевой воды (с точностью до морских аэрозолей и атмосферных примесей). Атмосферная влага может быть использована в сельском хозяйстве и промышленности наравне с дождевой и ледниковой водой, для питья после фильтрации для удаления загрязнений (железа, сероводорода, марганца и др.) и минерализации, а также в качестве природного вещества для формирования перистой облачности [6, 7].

Аэроконденсатные мегасистемы «COOLERS» для решения проблем климата пустынь реализуются технологическими системами на базе модернизированных башенных градирен высотой более 200 м (рис. 1) с встроенным типовым турбонасосным, теплообменным, турбодетандерным и винтовентиляторным оборудованием российского и зарубежного производства:

1) система «SAND-COOLER» (далее «Кулер») – для круглогодичного обеспечения регулируемой высотной облачности перистого типа (Cirrus) над территориями пустынь и засушливых районов площадью 100 тыс. км<sup>2</sup> и более (рис. 2) для снижения уровня солнечной радиации до 40%.

Перистые облака являются первым препятствием, которое встречает солнечное излучение на пути к Земле. Ориентация кристаллов в перистом облаке часто возможна в горизонтальной плоскости, что позволяет им осуществлять функцию единого зеркального пространства для отражения большей части солнечной радиации обратно в атмосферу. При недостаточной плотности перистой облачности и, соответственно, при отсутствии этой ориентации и хаотическом состоянии кристаллов солнечная радиация способствует изменению климата [8, 9]. Градирни «Кулера» поглощают влажный воздух южных морей и перемещают его струями на высоту более 1 км для дальнейшего свободного подъема теплого воздуха в зону постоянных геострофических ветров (высота более 6 км) с формированием оптически плотной перистой облачности. Уровень энергопотребления «Кулера» минимальный – не более 45 МВт [10, 11].

2) система «Конденсор» – для получения до 30 тыс. т/сут. пресноводного конденсата дождевого качества путем компрессии воздуха турбонасосами и его охлаждения при адиабатическом расширении с помощью турбодетандеров. Градирни «Конденсора» оперируют всеми формами атмосферной влаги южных морей, отобранной на высоте от 50 до 300 м, а также выпаром сбросного отводящего канала ТЭС и АЭС. Энергопотребление «Конденсора» не превышает 66 МВт. Состав оборудования для станции «Конденсора» включает в себя ядерную энергетическую установку ВВЭР-640/СВБР-100, компрессоры STX-SX, конденсатор КП-95000, турбодетандер-генератор ETG и др. [11].

Аэроконденсатные мегастанции «COOLERS» позволяют регулировать температуру земной поверхности и приземного воздуха. На затеняемых аридных и супераридных территориях возможно увеличение выпадения атмосферных осадков с восстановлением цикличности кругооборота воды за счет блокировки экранирующих свойств перегретой пустыни в отношении к проникновению с морей и океанов на побережье и континент океанической дождевой облачности [12].

Системы «Кулер» и «Конденсор» могут быть конструктивно совмещены на базе одной платформы аэроконденсатной мегастанции «COOLERS» монолитного исполнения.

Прототипами градирен типа аэроконденсатной мегастанции «COOLERS» по облакообразованию являются (в безветрие) башенные градирни, где тяга создается с помощью высокой вытяжной



Рис. 1. Вариант полуостровного расположения мегасистемы «Кулер» для сбора атмосферной влаги (третий в ряду инжектор справа) и генерации высотной зонтичной облачности (первые два инжектора слева)

Fig. 1. Peninsular arrangement of the “Cooler” megasystem for collecting atmospheric moisture (third injector in the row on the right) and generating high-altitude umbrella clouds (first two injectors on the left)

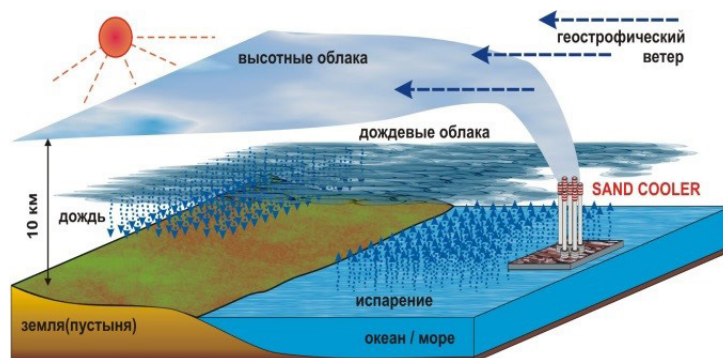


Рис. 2. Схема генерации высотной зонтичной облачности на острове/полуострове для проникновения дождевой облачности с акватории морей на территорию пустыни

Fig. 2. Scheme of generation of high-altitude umbrella clouds on an island/peninsula for penetration of rain clouds from the sea area to the desert territory

башни, и градирни АЭС, имеющие форму гиперboloида вращения, с мощностью 2000 МВт и более (рис. 3 и 4).

На рис. 5 показана карта размещения аэроконденсатных мегастанций для реанимации пустынных приморских и глубинных территорий Аравийского полуострова и Африки с учетом векторной диаграммы розы ветров на высоте более 6 км.

Сравнительно низкое энергопотребление и возможность прибрежного или островного расположения аэроконденсатных мегастанций «COOLERS» позволит применять стационарные, модульные (технология SMR) и плавучие разновидности ТЭС и АЭС региона или их автономные и децентрализованные схемы с электрической мощностью не менее 120 МВт.

Предлагаемые аэроконденсатные мегастанции «COOLERS», например, от предприятий топливно-энергетического комплекса: ГК «Росатом», ПАО «Газпром», ПАО «Роснефть» и др. – за несколько лет минимизируют пресноводные и климатические проблемы пустынь и засушливых земель, например в районах Аравийского полуострова (в Саудовской Аравии – проект супергорода «Неом» с городами The Line, Oxagon, Trojena и Sindalah), прикаспийских территорий Казахстана, Египетского Средиземноморья (96% территорий Египта – пустыня площадью более 1 млн км<sup>2</sup>) и т.д.



Рис. 3. Подъем вертикально-цилиндрической струи теплого воздуха из башенных градирен в тропосферу  
Fig. 3. Rise of a vertical cylindrical stream of warm air from cooling towers into the troposphere



Рис. 4. Формирование техногенной перистой зонтичной облачности в тропосфере за счет вертикально-скоростного перемещения теплого воздуха из башенных градирен АЭС  
Fig. 4. Formation of man-made cirrus umbrella clouds in the troposphere due to the vertical-speed movement of warm air from the cooling towers of nuclear power plants

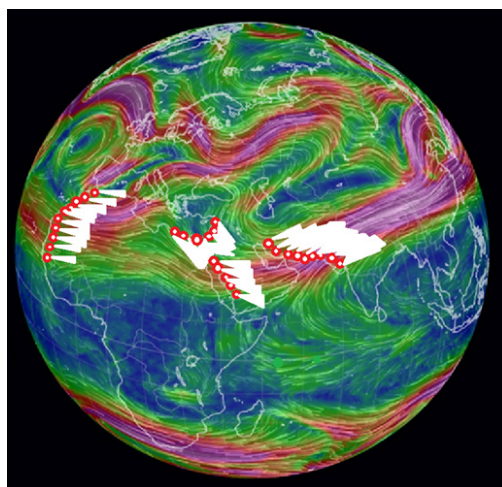


Рис. 5. Глобальная карта ветров в средне-верхнем ярусе тропосферы (электронный ресурс Камерона Беккариа на основе анализа метеонаблюдений)  
Fig. 5. Global map of winds in the middle-upper troposphere (electronic resource by Cameron Beccaria based on the analysis of meteorological observations)

Схема аэроконденсатной мегастанции «COOLERS» для круглогодичного обеспечения преимущественно плотной высотной облачности перистого типа над территориями пустынь и аридных земель представлена на рис. 6.

Стоимость аэроконденсатной мегастанции «COOLERS» высотой 400 м в железобетонном исполнении с производительностью инжектора (по воздуху) 50 тыс. м<sup>3</sup>/с, скоростью выхода струи теплого воздуха 40 м/с, потребляемой мощностью 45 МВт (без учета системы «Конденсор») является умеренной – на уровне 500 млн €.

Для примера в табл. 1 представлен расчет технико-экономических параметров системы «Конденсор» для конденсации атмосферной влаги Персидского залива на острове Киш (Иран).

Таблица 1

**Расчет стоимости пресной воды системы «Конденсор»**

Table 1

???

Персидский залив, о. Киш	Данные от эксперта		Кол-во турбокомпрессоров STC-SX	Кол-во винтовентиляторов СВ-27	$Q_{\text{комп.}} = q * N_{\text{комп.}} * Q_{\text{возд.}}$		$Q_{\text{вент.}} = q * N_{\text{вент.}} * Q_{\text{возд.вент.}}$		$Q_{\text{общ.}} = Q_{\text{комп.}} + Q_{\text{вент.}}, \text{ с}$		Сумма энергозапрат (с вычетом 60% от турб.детанд.) + 10%	$n = N_{\text{общ.}} / Q_{\text{общ.}}$	Из расчета цены: 3руб. за 1квт*ч.
	Т <sub>возд.</sub> , °С	Отн. влажн., %			К-во комп. N <sub>комп.</sub>	К-во вент. N <sub>вент.</sub>	Выход 1 Q <sub>комп.</sub> , кг/с	Выход 2 Q <sub>вент.</sub> , кг/с	Общ. вых. воды, Q <sub>общ.</sub> , кг/с	Общ. вых. воды, Q <sub>общ.</sub> , т/сут.			
N <sub>эл.</sub> = 600 МВт	31,5	67	45	9	284,67	91,81	376,48	32528	594	0,438	1,31		
N <sub>эл.</sub> = 66 МВт	31,5	67	5	1	31,63	10,20	41,83	3614	66	0,438	1,31		

Цена компрессора STC-GV (200-2) концерна AG «Siemens» – от 2 до 3 млн €. Производительность (по воде) системы «Конденсор» – 20–30 тыс. т/сут. Стоимость продукта (воды): 20 тыс. т/сут. × 3€/т = 60 тыс. €/сут. Годовой доход от системы «Конденсор» – около 22 млн €/год. Стоимость одной конденсатной системы (для производительности 3600 т/сут.) – 15–20 млн €. Стоимость одной конденсатной системы (для варианта 32 тыс. т/сут.) – 140–145 млн €.

На рис. 7 представлен пример комплексного видения промышленной дизайн-концепции принципиально новой и полифункциональной АЭС «Эль-Дабаа» (Египет) с инновационными продуктами-опциями «Water & Supply» («Конденсор», патент № RU 2504417 C1 от 19.09.2012), «Climat & Control» («Кулер», патент № 2734834 C1 от 30.12.2019) и «Water & Recovery» («Рекуператор», международная патентная заявка WO 2019/132703 A1 от 04.07.2019).

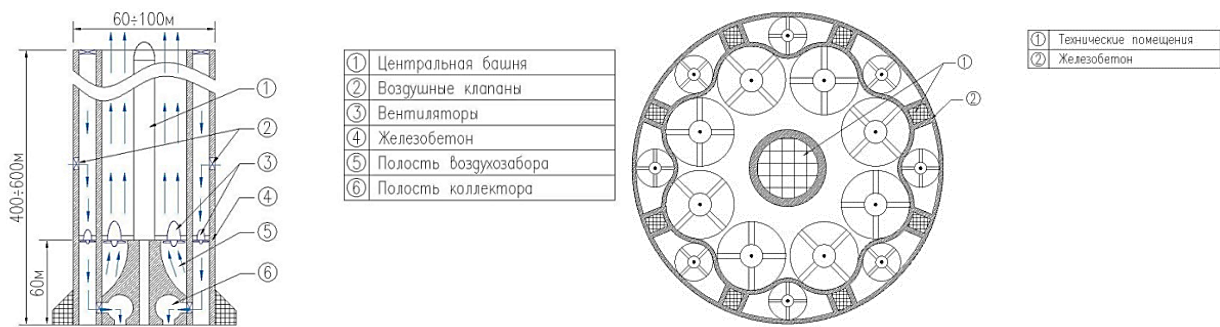


Рис. 6. Схема конструкции инжектора «Кулера» с учетом опций регулирования климата и водообеспечения  
 Fig. 6. “Cooler” injector design diagram taking into account climate control and water supply options

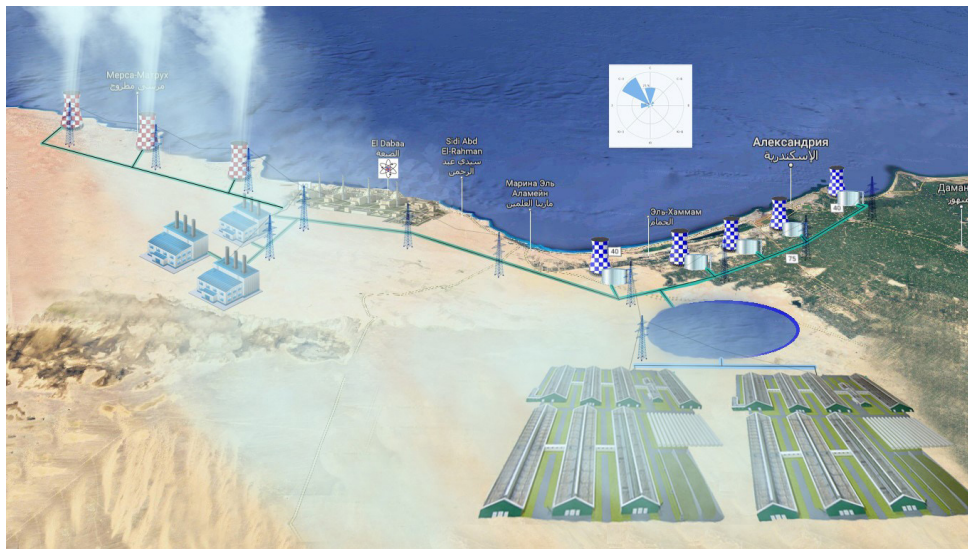


Рис. 7. Пример промышленной дизайн-концепции полифункциональной АЭС «Эль-Дабаа» (Египет) с инновационными продуктами-опциями систем «Конденсор» (сбор пресной воды), «Кулер» (регулирование климата) и «Рекуператор» (собственное производство пресной воды для технических целей)

Fig. 7. Example of an industrial design concept for the multifunctional El Dabaa NPP (Egypt) with innovative product options for the systems “Condenser” (fresh water collection), “Cooler” (climate control) and “Recuperator” (own production of fresh water for technical purposes)

Эта дизайн-концепция аэроконденсатных и экологически чистых технологий является также первым примером промышленного дизайна в России применительно к АЭС, которая производит весьма ограниченное число продуктов: тепло и электроэнергию. Не трудно видеть, что на данном этапе новые продукты – опции для решения проблем воды и климата, а в перспективе их строительство в качестве проектных объектов, соответствующих более широкой линейке потребностей и комфорту пользователей, позволит обеспечить одновременно более высокий уровень реализации коммерческих целей и конкурентоспособности российской тепловой и ядерной энерготехники.

#### **Преимущества системы «Конденсор» для производства пресной воды из атмосферной влаги морей**

В настоящее время наиболее распространенным методом опреснения морской воды стал обратный осмос [13–16]. По данным Международной ассоциации по опреснению воды, в 150 странах



имеется 20516 опреснительных установок, которые обеспечивают 300 млн человек (в среднем одна установка – на 15 тыс. человек).

Самыми большими проблемами, препятствующими распространению опреснения морской воды, являются экологические и медицинские, которые в сумме создают и финансовые проблемы.

При опреснении морской воды образуется большое количество солевых отходов, которые некуда использовать. В морской воде примерно 35 г солей на литр и на 1 т опресненной воды выходит около 35 кг солей, в основном NaCl. При переходе к сотням миллионов и единицам миллиардов кубических метров пресной воды получается фантастическое количество отходов, которое невозможно утилизировать. Основной путь утилизации – это сброс токсичных сверхконцентрированных рассолов в море или океан. В местах регулярного стационарного сброса концентрированных смесей рассолов и химикатов даже на значительном расстоянии от завода опреснения убивается почти вся морская жизнь. Прибрежные воды в этой зоне становятся токсичными. Это в конечном итоге нарушает экобаланс окружающей среды, что вызывает протесты экологов и местного населения. Инвестиции в опреснение морской воды обратным осмосом имеют риски неожиданных потерь.

Важным также является то, что употребление опресненной воды для питья опасно для здоровья, поскольку в ее составе также содержится тяжелая дейтериевая и тритиевая вода D<sub>2</sub>O и T<sub>2</sub>O, изотопы кислорода соответственно. Санитарные нормы и правила не включают требования к изотопному составу воды. В морской воде доля тяжелой воды выше, чем в пресноводных водоемах рек, озер, подземных источников, питаемых из атмосферных осадков. По дейтерию разница в материковой и морской воде составляет 11,1–13,3%. Казалось бы, немного, но есть результаты исследований влияния изотопного состава на здоровье населения и возникновение проблем передачи наследственной информации. Также можно отметить, что минерализация опресненной для питья воды не позволила решить проблему изотопного состава.

В связи с этим, несмотря на исследования и множество разработок по мембранам (графен) и новым технологиям обессоливания морской воды, опреснение не имеет перспектив водообеспечения людей питьевой водой, не позволяет решить их экологические, медицинские и другие проблемы. Перспективы опреснения морской воды фильтрованием можно рассматривать в части производства пресной воды для технических целей с целью экономии пресноводных ресурсов природной питьевой воды.

Система «Конденсор» позволяет ограничить стоимость производства природной питьевой воды из воздуха акватории моря в объеме 13 € за 1 м<sup>3</sup>, что является весьма конкурентным показателем, например на Аравийском полуострове. Так, по данным компании Саудовской Аравии «HANA Water», стоимость одного кубометра чистой питьевой воды из подземных источников составляет 540 €, что более чем в 40 раз дороже чистой питьевой воды атмосферного происхождения. В Объединенных Арабских Эмиратах цена природной питьевой воды еще выше – до 900 €, что дороже пресной воды от системы «Конденсор», полученной из конденсата атмосферной влаги морей, почти в 70 раз.

## **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

- [1] **Данилов-Данильян В.И.** Глобальная проблема дефицита пресной воды // Век глобализации. 2008. № 1. С. 45–56.
- [2] **Колодин М.В.** Вода и пустыни. М.: Мысль, 1981. 74 с.
- [3] **Шимко Д.А., Бондарчик О.Б.** Проблема дефицита пресной воды в мире // Alfabuilid. 2017. Т. 1, № 1. С. 7–15.
- [4] **Горынин В.И., Рогожкин В.В., Михайлов В.Е. и др.** Природная пресная вода для Саудовской Аравии // Глобальная энергия. 2023. Т. 29, № 1. С. 118–128. DOI: 10.18721/JEST.29106

- [5] Норе R. Four billion people lack safe water // Science. 2024. Vol. 385. P. 708–709. DOI: 10.1126/science.adr3271
- [6] Горынин В.И., Рогожкин В.В., Кондратьев С.Ю., Мишин Е.Б., Коленов Е.В., Шеволдин А.В. Кулер для регулирования климата – решение проблемы пустыни // Материаловедение. Энергетика. 2021. Т. 27, № 2. С. 23–37. DOI: 10.18721/JEST.27202
- [7] Рогожкин В.В., Горынин В.И., Кондратьев С.Ю., Мишин Е.Б., Коленов Е.В., Шеволдин А.В. Кулер против перегрева Европы // Материаловедение. Энергетика. 2021. Т. 27, № 3. С. 120–133. DOI: 10.18721/JEST.27311
- [8] Рыбакова Ж.В. Облака и их трансформация. Томск: ИД ТГУ, 2020. 234 с.
- [9] 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
- [10] Горынин В.И., Рогожин В.В., Кондратьев С.Ю., Мишин Е.Б., Коленов Е.В. Технология и средства конденсации атмосферной влаги морей для производства пресной воды // Вестник машиностроения. 2019. № 7. С. 84–88.
- [11] Горынин В.И., Рогожкин В.В., Ланин А.А., Туркбоев А. Особенности проектирования и выбора материалов при изготовлении блоков конденсера для производства природной пресной воды // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2018. Т. 24, № 2. С. 140–148. DOI: 10.18721/JEST.240212
- [12] Рогожкин В.В., Горынин В.И., Мишин Е.Б. и др. COOLERS – новое средство для обводнения пустыни / В сб. материалов Всероссийской конференции изобретателей «Изобретатели России в импортозамещении». СПб: Изд. Политехнического университета, 2018. С. 127–136.
- [13] Алексеев В.В., Чекарев К.В. Получение пресной воды из влажного воздуха // Аридные экосистемы. 1996. Т. 2, № 2–3. С. 111–122.
- [14] Ищенко И.Н., Титлов А.С. Разработка систем получения воды из атмосферного воздуха на базе теплоиспользующих абсорбционных холодильных машин // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Технические науки. 2011. № 4. С. 76–77.
- [15] Семенов И.Е. Автономная установка для конденсации пресной воды из атмосферного воздуха // Водоснабжение и санитарная техника. 2008. № 5. С. 65–68.
- [16] Tchizhik A.A., Tchizhik T.A., Alexeichuk G.P. Properties and use of 10% Cr-Steel for tubes of modern boilers and steam generators // Proceedings of the International Conference on Plant Condition Life Management. 1995. P. 135–142.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**ГОРЫНИН Владимир Игоревич** – главный научный сотрудник, ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова», д-р техн. наук.  
E-mail: z1dehy97@mail.wplus.net

**РОГОЖКИН Владимир Владимирович** – главный специалист, АО «Атомпроект», канд. физ.-мат. наук.  
E-mail: vvrogzhkin@atomproekt.com

**МИХАЙЛОВ Владимир Евгеньевич** – генеральный директор, ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова», д-р техн. наук.  
E-mail: mikhvi@ckti.ru

**СУХОРУКОВ Юрий Германович** — заместитель генерального директора, ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова», канд. техн. наук.  
E-mail: ygsukhorukov@gmail.com

**ЛАНИН Александр Алексеевич** — заведующий отделом, ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова», д-р техн. наук.  
E-mail: svarka@ckti.ru

**ХОМЕНОК Леонид Арсеньевич** — начальник отдела, ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова», д-р техн. наук.  
E-mail: deptresursmikhvi@ckti.ru

**ЕСИН Сергей Борисович** — заведующий лабораторией, ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова», канд. техн. наук.  
E-mail: esinsb@gmail.com

**КОЛЕНОВ Евгений Викторович** — ведущий инженер, ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова», без степени.  
E-mail: evkol50@gmail.com

**ШЕВОЛДИН Алексей Вячеславович** — ведущий инженер, Санкт-Петербургский филиал Московского проектного института АО «Атомэнергопроект», без степени.  
E-mail: avshev@gmail.com

## REFERENCES

- [1] **V.I. Danilov-Danil'ian**, Global'naia problema defitsita presnoi vody [The global problem of fresh water shortage], Vek globalizatsii [The Age of Globalization], 1 (2008) 45–56.
- [2] **M.V. Kolodin**, Voda i pustyni [Water and deserts], Moscow: Mysl', 1981. 74 p.
- [3] **D.A. Shimko, O.B. Bondarchik**, The problem of fresh water deficiency in the world, Alfabuild, 1 (1) (2017) 7–15.
- [4] **V.I. Gorynin, V.V. Rogozhkin, V.I. Mikhailov, etc.**, Natural fresh water for Saudi Arabia, Global Energy, 29 (1) (2023) 118–128. DOI: 10.18721/JEST.29106
- [5] **R. Hope**, Four billion people lack safe water, Science, 385 (2024) 708–709. DOI: 10.1126/science.adr3271
- [6] **V.I. Gorynin, V.V. Rogozhkin, S.Yu. Kondratyev, E.B. Mishin, E.V. Kolenov, A.V. Shevoldin**, Climate control cooler: the solution to the desert problem, Materials Science. Power Engineering, 27 (02) (2021) 23–37. DOI: 10.18721/JEST.27202
- [7] **V.V. Rogozhkin, V.I. Gorynin, S.Yu. Kondatyev, E.B. Mishin, E.V. Kolenov, A.V. Shevoldin**, Cooler against overheating of Europe, Materials Science. Power Engineering, 27 (3) (2021) 120–133. DOI: 10.18721/JEST.27311
- [8] **Zh.V. Rybakova**, Oblaka i ikh transformatsiia [Clouds and their transformation], Tomsk: ID TGU, 2020. 234 p.
- [9] **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

- [10] **V.I. Gorynin, V.V. Rogozhin, S.Yu.Kondrat'ev, E.B. Mishin, E.V. Kolenov**, Technology and means of condensation of atmospheric moisture of the seas for the production of fresh water, *Vestnik mashinostroyeniya* [Bulletin of Mechanical Engineering], 7 (2019) 84–88.
- [11] **V.I. Gorynin, V.V. Rogozhkin, A.A. Lanin, A. Turkboev**, Design features of condenser blocks for production of natural fresh water, *St. Petersburg Polytechnic University Journal Of Engineering Science And Technology*, 24 (2) (2018) 140–148. DOI: 10.18721/JEST.240212
- [12] **V.V. Rogozhkin, V.I. Gorynin, E.B. Mishin et al.**, COOLERS – novoye sredstvo dlya obvodneniya pustyni [COOLERS is the new means for irrigating the desert], In: *Proceedings of the All-Russian Conference of Inventors “Inventors of Russia in Import Substitution”*, St. Petersburg: Izd. Politehnicheskogo universiteta, (2018) 127–136.
- [13] **V.V. Alekseev, K.V. Chekarev**, Obtaining of fresh water out of humid air, *Arid Ecosystems*, 2–3 (1996) 111–122.
- [14] **I.N. Ishchenko, A.S. Titlov**, Razrabotka sistem polucheniia vody iz atmosfernogo vozdukha na baze teploispol'zuiushchikh absorbtionnykh kholodil'nykh mashin [Development of systems for obtaining water from atmospheric air based on heat-using absorption refrigeration machines], *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики. Tekhnicheskie nauki* [Current issues of aviation and astronautics. Technical sciences], 4 (2011) 76–77.
- [15] **I.E. Semenov**, Avtonomnaia ustanovka dlia kondensatsii presnoi vody iz atmosfernogo vozdukha [Autonomous unit for condensation of fresh water from atmospheric air], *Water Supply and Sanitary Technique*, 5 (2008) 65–68.
- [16] **A.A. Tchizhik, T.A. Tchizhik, G.P. Alexeichuk**, Properties and use of 10% Cr-Steel for tubes of modern boilers and steam generators, *Proceedings of the International Conference on Plant Condition Life Management*, (1995) 135–142.

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Vladimir I. GORYNIN** – JSC “I. I. Polzunov Scientific and Development Association on Research and Design of Power Equipment”.

E-mail: z1dehy97@mail.wplus.net

**Vladimir V. ROGOZHKIN** – JSC “Atomproekt”.

E-mail: vvrogzhkin@atomproekt.com

**Vladimir E. MIKHAILOV** – JSC “I. I. Polzunov Scientific and Development Association on Research and Design of Power Equipment”.

E-mail: mikhvi@ckti.ru

**Yuriy G. SUKHORUKOV** – JSC “I. I. Polzunov Scientific and Development Association on Research and Design of Power Equipment”.

E-mail: ygsukhorukov@gmail.com

**Aleksandr A. LANIN** – JSC “I.I. Polzunov Scientific and Development Association on Research and Design of Power Equipment”.

E-mail: svarka@ckti.ru

**Leonid A. HOMENOK** – JSC “I. I. Polzunov Scientific and Development Association on Research and Design of Power Equipment”.

E-mail: deptresursmikhvi@ckti.ru

**Sergey B. ESIN** – JSC “I. I. Polzunov Scientific and Development Association on Research and Design of Power Equipment”.

E-mail: esinsb@gmail.com

**Evgeniy V. KOLENOV** – *JSC “I. I. Polzunov Scientific and Development Association on Research and Design of Power Equipment”*.

E-mail: evkol50@gmail.com

**Aleksey V. SHEVOLDIN** – *JSC “Atomenergoproekt”, St. Petersburg Branch.*

E-mail: avshev@gmail.com

**Поступила: 07.12.2024; Одобрена: 25.12.2024; Принята: 28.12.2024.**

**Submitted: 07.12.2024; Approved: 25.12.2024; Accepted: 28.12.2024.**