

DOI: 10.18721/JEST.27202

УДК 551.576

*В.И. Горынин¹, В.В. Рогожкин², С.Ю. Кондратьев³,
Е.Б. Мишин⁴, Е.В. Коленов⁵, А.В. Шеволдин⁶*

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

² АО «Атомпроект», Санкт-Петербург, Россия;

³ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия;

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

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

⁶ Санкт-Петербургский филиал Московского проектного института АО «Атомэнергопроект», Санкт-Петербург, Россия

КУЛЕР ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ КЛИМАТА – РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПУСТЫНИ

Предложена геоинженерная технология и техническая система «Land Coolers» для генерации высотных облачных зонтично-теневых зон с целью регулируемого охлаждения земной поверхности и приземной атмосферы жаркого и экстремального по условиям жизни места планеты (пустыни). Это достигается путем получения облачности перистого типа (*Cirrus spissatus* и *Cirrostratus*) за счет использования ресурсов влаги моря, сбросовой энергии атомных или тепловых станций (установок) и господствующего потока высотных (геострофических) ветров. Система «Land Coolers» (Кулер) может быть использована для снижения солнечной радиации не только пустынь и полупустынь, но и других обезвоживающихся территорий на Земле. Зонтично-облачное техногенное формирование оптически плотной тени над пустыней способствует приходу в прибрежную, а затем в ее глубинную зону, морской облачности и дождевых осадков для смягчения климата пустыни и последующего ее озеленения. Универсальная система «Land Coolers» может использоваться также для решения актуальной проблемы дефицита воды путем безотходного и экологически чистого производства из атмосферного конденсата акватории моря больших объемов природной пресной воды дождевого и питьевого качества.

Ключевые слова: кулер; регулирование климата; проблемы пустыни; геоинженерная технология и система «Land Coolers»; охлаждение земной поверхности и приземной атмосферы пустыни; высотно-техногенная облачность перистого типа; дождевые осадки; безотходная и экологически чистая технология.

Ссылка при цитировании:

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

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

*V.I. Gorynin¹, V.V. Rogozhkin², S.Yu. Kondratyev³,
E.B. Mishin⁴, E.V. Kolenov⁵, A.V. Shevoldin⁶*

¹ Central Research Institute of Structural Materials “Prometey”, Saint-Petersburg, Russia;

² JSC “Atomproekt”, Saint-Petersburg, Russia;

³ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia;

⁴ JSC “Atomenergoproekt”, Moscow, Russia;

⁵ PJSC “Power machines”, Saint-Petersburg, Russia;

⁶ JSC “Atomenergoproekt”, Saint-Petersburg, Russia

CLIMATE CONTROL COOLER: THE SOLUTION TO THE DESERT PROBLEM

The paper proposes a geoengineering technology and technical system “Land Coolers” for generating high-altitude cloud umbrella-shade zones for the purpose of controlled cooling of the Earth’s surface and surface atmosphere of the desert, a hot place with extreme survival conditions on our planet. This is achieved by obtaining cirrus-type clouds (Cirrus spissatus and Cirrostratus) using the resources of sea moisture, the discharge energy of nuclear or thermal stations (installations) and the dominant flow of high-altitude (geostrophic) winds. System “Land Coolers” (Cooler) can be used to reduce solar radiation not only in deserts and semi-deserts, but also in other dehydrated areas on Earth. The umbrella-cloud technogenic formation of an optically dense shade over the desert contributes to the arrival of marine clouds and rain first to the coastal zone, and then to its deeper areas to soften the desert climate and induce its subsequent greening. Universal system “Land Coolers” can also be used to solve the current problem of water scarcity by waste-free and environmentally friendly production of large volumes of natural fresh water of rain and drinking quality from atmospheric condensate in the sea area.

Keywords: water cooler; climate regulation; desert problems; geoengineering technology and the “Land Coolers” system; cooling of the Earth’s surface and the surface atmosphere of the desert; high-altitude man-made cirrus cloud cover; rain precipitation; waste-free and environmentally friendly technology.

Citation:

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

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

Введение. В настоящее время прирост средней температуры воздуха нижних слоев атмосферы Земли, составивший примерно 0,8 °С за последние 100 лет, считается весьма высоким для естественных процессов [1]. Несмотря на относительно малую величину прироста, его негативные последствия характеризуются тенденцией роста. В частности, это наблюдаемый разброс климатических температур, когда зимой заметно холоднее, а летом аномально сухо и жарко. В последнее время рост летней жары, засухи, перегрева приземной атмосферы и числа более интенсивных, обширных и загрязняющих воздух лесных и степных пожаров, а также наводнений и т.д. стали реальной и все сложнее решаемой проблемой для сохранения животного мира и обеспечения безопасности населения Европы, Америки, Австралии, Азии и Африки.

Считается, что одной из причин глобального потепления (изменения климата) являются выбросы парниковых газов (CO₂) при сжигании ископаемых видов топлива, уменьшение биосферы леса – потребителя CO₂, интенсификация сельскохозяйственной, животноводческой и вулканической деятельности. В связи с этим в мире регламентируется сокращение выбросов CO₂, например, в Европейском Союзе к 2030 году запланировано его снижение на 55% по сравнению с уровнем 1990 года. Однако практически полное сокращение выбросов CO₂ в атмосферу за счет зеленой энергетики (солнечная, ветровая и другая энергетика) позволит стабилизировать количество парниковых газов за длительное время – лишь в течение 21 века и возможно 22 века, что неприемлемо долго для населения планеты.

В связи с отсутствием подхода к решению проблемы глобального потепления, а также опустынивания и обезвоживания, для разработки эффективной и конкурентноспособной геоинженер-

ной технологии, обеспечивающей противодействие природным негативным явлениям, целесообразно использование не имеющей мировых аналогов универсальной наземной системы «Land Coolers» [2]. Такая система имеет значительно меньшую стоимость, чем предлагаемые авиакосмические проекты для распыления в атмосфере аэрозольных химико-токсичных элементов для борьбы с глобальным потеплением или региональным изменением климата, требующие десятки и сотни миллиардов долларов США [3–7].

Система «Land Coolers» использует: (1) безграничный природный ресурс атмосферной влаги моря, (2) практически лишней (малополезный) ресурс теплового (парового, водяного и воздушного) энергетического сброса атомной или тепловой электрической станции через высотное сооружение градирни («инжектора») высотой 150 м и более и (3) природную (запад-восток) направленность потоков высотных (геострофических) ветров для генерации высотной оптически плотной облачности перистого типа [8]. Универсальная система «Land Coolers» является высокотехнологичным средством коррекции перегрева поверхности пустыни и обезвоживания территории, применяемым в зоне проблемного района, региона или более глобального масштаба. При этом решается проблема использования традиционных ископаемых видов топлива без теплового загрязнения окружающей среды, что позволяет эффективно реализовывать основные положения Парижского соглашения по климату без радикального отказа от применяемых объектов атомной и тепловой энергетики. Применение кулера одновременно с электрогенерацией можно считать новым видом «зеленой» энергетики, регулирующей климат.

Эти факторы позволяют сделать вывод, что геоинженерная система «Land Coolers» [2, 8] является практически безальтернативным реальным и доступным по стоимости и срокам изготовления и строительно-монтажных работ, инструментом коррекции пустыни или проблемной по перегреву, обезвоживанию и засухе территории большой площади.

В процессе климато-коррекционной эксплуатации система «Land Coolers» может также применяться для промышленного и экологически чистого производства природной пресной воды дождевого и питьевого качества из атмосферного пресноводного конденсата акватории моря, без образования и накопления вредных для человека и окружающей среды суши и моря отходов, вырабатываемых при опреснении морской воды практически независимо от выбранного способа ее опреснения.

Парадокс пустыни

Морское побережье пустыни с мая по октябрь, когда температуры воздуха и воды достигают днем $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно – это небо без облаков из влаги, испаряющейся с поверхности моря. Но утром на остывшей поверхности бетона наблюдаются следы воды из влажного морского воздуха, движимого ветром.

Причина отсутствия облаков над пустыней при избытке морской атмосферной влаги заключается в специфической структуре атмосферы прибрежно-морской пустыни при нагреве солнцем поверхности Земли. Над нагретой поверхностью пустыни в атмосфере в виде газовой оболочки формируются задерживающие слои («температурные инверсии»), препятствующие подъему влажного воздуха (рис. 1) на высоту нижнего яруса облакообразования в тропосфере.

Зимой, с ноября по март, задерживающих температурных инверсий нет, поскольку нагрев солнцем поверхности пустыни в этот период незначительный, что характерно для приморской пустыни. Конденсация водяного пара над морем и побережьем пустыни приводит к образованию дождевых облаков и выпадению осадков на больших территориях.

Пустыня, как геологический объект, является двухмерной природной аномалией, тонкой и плоской, уже на высоте 6 км (средний ярус тропосферы) жара исчезает, сменяясь холодом. В пещерах под пустыней тоже нет жары. То есть между этими «холодами» – зной, отсутствие влаги и

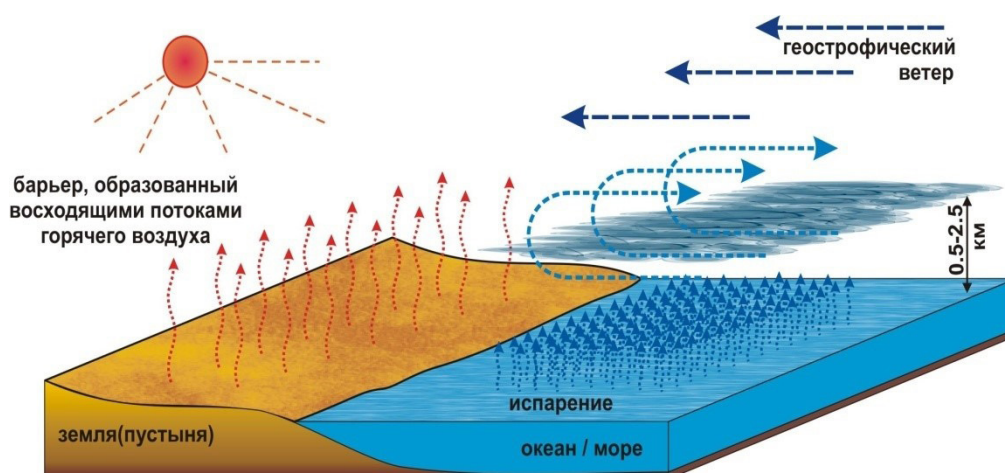


Рис. 1. Схема формирования «температурных инверсий» над поверхностью пустыни
 Fig. 1. Diagram of the formation of "temperature inversions" over the desert surface



Рис. 2. Пояс пустынь на планете Земля
 Fig. 2. The zone of deserts on planet Earth

горячий песок (глина, камень и др.). Эта природная аномалия не только устойчива, но и активно распространяется, вытесняя людей (рис. 2).

Условия избавления от пустыни

За последние 100 лет площадь самой большой пустыни Сахара увеличилась на 10% и сравнялась с площадью Европы, вызывая рост миграции населения из-за «водного» голода, исключая хозяйственную деятельность. Нет воды – нет и еды. Но даже минимальная реабилитация кругооборота воды в пустыне с появлением зеленых зон (оазисы) создаст условия для жизни и труда реэмигрантов.

Жизнь на поверхности земли обычно (в условиях умеренного и экваториального пояса) защищена зеленым листом. Солнце, нагревая планету, испаряет воду с поверхности океанов, морей, озер и рек. Она превращается в водяной пар и непрерывно поступает в атмосферу. Водяной пар выделяют в воздух и растения – процесс транспирации.

Тень от листа ограничивает отбор солнцем у земли пресной воды – основу жизни и противодействует осушению почвы. Лист, в отличие от песка и глины пустыни, потребляет и расходует солнечную энергию на прирост биомассы, а не на подогрев атмосферы, что принципиально важ-

но. Земля без листьев беззащитна перед солнцем. Солнце тратит много энергии, чтобы разделить молекулы воды, имеющие большую силу связи, и превратить их в пар. На создание 1 грамма водяного пара затрачивается 537 калорий солнечной энергии. Подсчитано, что за 1 минуту солнце испаряет на Земле миллиард тонн воды. При этом могут мелеть и исчезать реки и болота, затем выветриваться почва чернозема, оголяться слои глины, песка и осадочных пород. Возникает пустыня, которая сама себя защищает и воспроизводит.

Сухие русла рек и их выходы к морю – свидетельство того, что ранее системы пустыни Сахара были землей с лесами и реками. Есть ли возможность озеленения пустыни для возврата естества жизни? Пока это мечта человечества, но которая уже имеет геоинженерное решение с помощью стратегии системы «Land Coolers» и может быть осуществлена за короткое время с учетом проектирования и строительства.

Превращение пустыни: весна вместо засушливого лета

Атмосфера может содержать влагу в виде пара, частиц льда и капель дождя (это ее жидкое состояние). Воды в ней немного – ~0,001% от всей воды на Земле, что свидетельствует о возможности возврата дождя и озеленения пустыни.

Рассмотрим климатическую ситуацию в пустыне при работе системы «Land Coolers». В жаркий летний период над морем лето, а над пустыней (по предлагаемой технологии) – будет ранняя весна. Весной ночи в пустыне холодные. Инверсии в атмосфере отсутствуют, а рядом с прохладной пустыней парит разогретое днём летнее море с атмосферой, перенасыщенной влагой (не соленой, а пресной!). В отношении температуры воздуха суша и море поменяются местами.

Тогда, ночью возможно образование и приход в «холодную» пустыню дождевой облачности. Ночная гроза с ливневым дождем не очень вероятна, но облака и дожди меньшей интенсивности гарантированы. При наличии эффекта «холодной» пустыни вследствие «ночного» кругооборота воды в природе, такие дожди пройдут с весны до зимы. При этом отметим, что на берегу моря обычно больше осадков, а в глубине суши меньше. Количество выпадаемых осадков зависит от объема дождевых облаков в этом месте или сколько их доставит ветер.

Дело за малым – заменить лето в пустыне на весну. Весна позитивна везде, но особенно в пустыне.

Над пустыней: облака нижнего и верхнего яруса

Почти все облака образуются в тропосфере. Выделяют три яруса облаков: нижний – до 2 км, средний – от 2 км до 8 км и верхний – от 8 км до 18 км. Днем облака защищают поверхность Земли от перегрева солнцем, а ночью от охлаждения [9–10].

Ввод режима весны в летнее время для прибрежной пустыни возможен, например, с помощью образования над пустыней маловодной высотной техногенной облачности (ВТО) необходимой площади и плотности. На рис. 3 показана принципиальная схема ослабления барьера из горячих слоев воздуха с помощью ВТО с последующим проникновением с моря природных маловысотных форм дождевой облачности на прибрежную территорию. Возникает циркуляция атмосферы ранней весны, способствующая более масштабному распространению по территории суши влажных морских воздушных масс. Вечером и ночью эффект «холодной» пустыни будет усиливаться. Охлаждать пустыню целесообразно на протяжении всего жаркого периода года.

Маловысотная дождевая облачность сформируется над теплой поверхностью моря за счет интенсивного испарения в летнее дневное время. Приморские и приземные ветры смогут беспрепятственно и регулярно (практически суточно-сезонный цикл) перемещать дождевую облачность по территории пустыни. Ввиду неизбежности рассеивания высотных облаков в атмосфере форма и габариты ВТО и соответственно границы зонтично – теневой области на земле будут переменчивы. Вероятной формой «зонтика» ВТО (рис. 2) считается сектор с углом раскрытия ~15° [11].

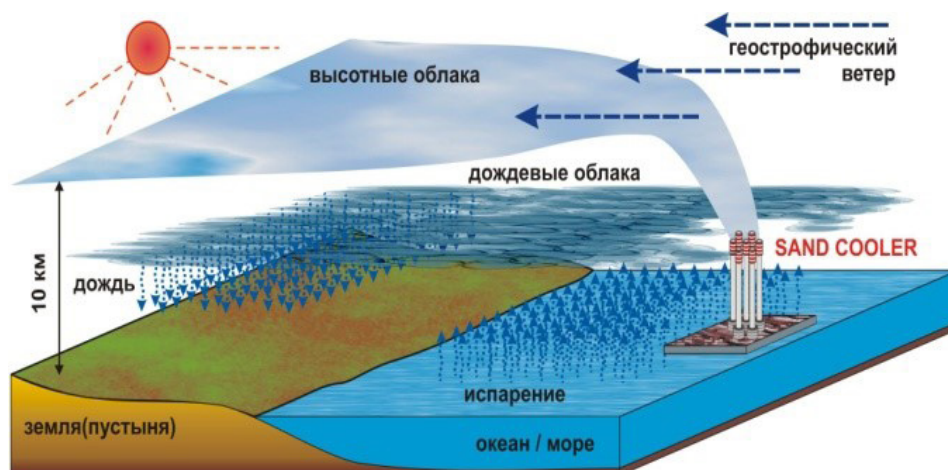


Рис. 3. Принципиальная схема ослабления барьера из горячих слоев воздуха над пустыней за счет образования высотной техногенной облачности

Fig. 3. Schematic diagram of the weakening of the barrier of hot air layers over the desert due to the formation of high-altitude technogenic clouds

Для практической реализации режима «холодной» пустыни необходимо следующее:

- (1) – собственно ВТО – маловодная и относительно долговечная;
- (2) – полезное направление прогнозируемого перемещения ВТО;
- (3) – устройство вывода объемов теплого влагосодержащего воздуха на заданный уровень высоты для образования ВТО.

Высотные облака – универсальное природное средство для рассеивания и поглощения достигшей Земли прямой солнечной радиации в широких пределах. Какая облачность лучше? Известно, что высотные аэрозольные и пепловые облака от деятельности вулканов влияют на климат Земли. Для наших целей, очевидно, это облака среднего яруса на высоте свыше 6 км. Прообразом этих облаков являются конденсационные следы от летящих на сравнительно большой высоте самолетов (*Cirrocumulus tractus*) (рис. 4).

Перистые облака (*Cirrus*) – самые высокие из всех видов облаков. Они образуются в атмосфере на высоте 8-18 км, где в течение всего года температура воздуха составляет (-20)–(-60) °С. Они состоят из ледяных кристаллов и снежинок. Интерес представляют следующие разновидности облаков: перистые плотные (*Cirrus spissatus, Ci sp*), перисто-слоистые (*Cirrostratus, Cs*), перисто-кучевые (*Cirrocumulus Ci cm*) и некоторые другие (рис. 5).

Влагосодержание (η_{cs}) их весьма мало – $< 0,01 \text{ г/м}^3$ (1/3000 доля влагосодержания воздуха южных морей), что принципиально важно для осуществления режима весны в пустыне по технологии «Land Coolers». Измеримых осадков эти облака не дают. Прозрачность такой облачности зависит от ее толщины и водности. Это может обеспечивать снижение уровня солнечной радиации на 10% и более [12]. Время существования перистых облаков составляет десятки часов.

Перисто-слоистые облака (*Cirrostratus*) не имеют четких очертаний и представляют собой равномерно застилающую все небо туманную пелену, сквозь которую видны лишь диски Солнца и Луны.

Ветер является важным фактором, но ветер не приземный, направление и скорость которого могут меняться ежедневно, а стабильный по направлению – высотный («самолетный», «геострофический») ветер на высоте от 6 км до 15 км (диапазон тропосферы). Вне экваториальных широт и полюсов Земли это высотный ветер верхнего яруса тропосферы западных направлений, скорость его варьируется в широких пределах от нескольких единиц до 30-40 м/с. Таким образом,



Рис. 4. Конденсационные следы от летящих на сравнительно большой высоте самолетов
 Fig. 4. Condensation traces from aircraft flying at a relatively high altitude



Рис. 5. Перисто-кучевые (а) и перисто-слоистые облака (б)
 Fig. 5. Cirro cumulus (a) and Cirrostratus clouds (b)

ветер является фактором перемещения ВТО в предсказуемом направлении почти регулярно, а периметр пустыни, над которой расположится ВТО, будет определяться местонахождением ее источника.

Рассмотрим один из главных аспектов темы – сколько морского воздуха нужно, например, для подъема на уровень высоты горы Эверест (Джомолунгма 8848 м над уровнем моря) для получения значимой ВТО и каковы при этом будут энергетические затраты?

Весна в пустыне: требуемое количество морского воздуха для подъема на высоту 9000 м

На рис. 6 показаны типичные формы и траектории тропосферной струи теплого воздуха (при слабом приземном ветре).

Оценим относительно стабильные видимые размеры ВТО (в форме сектора), приняв 1 сутки за условное время оптического существования «вещества» техногенного облака-зонтика, а также количество морского воздуха, для вывода на высоту 6-15 км, т.е. определим производительность источника ВТО. При скорости, например, $v = 5 \text{ м/с}$ (18 км/час), такое техногенное облако за *одни сутки* пройдет расстояние $R = 24 \cdot 18 = 432 \text{ км}$.

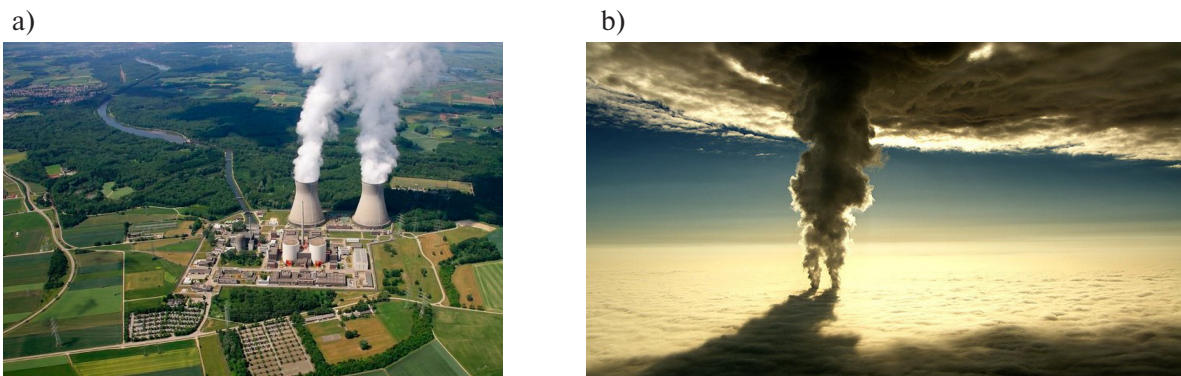


Рис. 6. Формы и траектории тропосферной струи теплого воздуха (а-б)
 Fig. 6. Shapes and trajectories of the tropospheric warm air steam (a-b)

Определим площадь 15° – сектора зонтичной ВТО:

$$S_{ВТО} = \pi \cdot R^2 \cdot 15^\circ / 360^\circ = 24000 \text{ км}^2.$$

Объем ВТО при толщине 0,5 км [10] составит:

$$V = 24000 \text{ км}^2 \cdot 0,5 \text{ км} = 12000 \text{ км}^3.$$

Найдем содержание воды в ВТО (водность перистого облака $\eta_{cs} = 0,01 \text{ г/м}^3 = 10 \text{ т/км}^3$):

$$M = \eta_{cs} \cdot V = 120000 \text{ т}.$$

Дебет для поддержки существования такого «зонтика» составит:

$$Q_{ВТО} = M / (24 \cdot 3600) = 1,4 \text{ т/сек}.$$

При использовании в качестве «исходного сырья» воздуха акватории тропических морей (с влажностью $\eta_w = 30 \text{ г/м}^3 = 30000 \text{ т/км}^3$) производительность (по воздуху) Q нашего источника ВТО должна быть не менее:

$$Q = M / \eta_w = 120000 \text{ (т/сутки)} / 30000 \text{ (т/км}^3) = 4 \text{ км}^3/\text{сутки} \approx 50000 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Для скорости высотного ветра $v_b = 20 \text{ м/с}$ производительность Q должна быть не менее 200 тыс. $\text{м}^3/\text{сек}$. Соответственно размеры ВТО будут следующими:

$$R_{ВТО} = 432 \text{ км} \cdot 22/5 = 1900 \text{ км},$$

$$S_{ВТО} = \pi \cdot R^2 \cdot 15^\circ / 360^\circ = 470000 \text{ км}^2.$$

Объем при толщине 0,5 км составит:

$$V = 470000 \text{ км}^2 \cdot 0,5 \text{ км} = 235000 \text{ км}^3.$$

Будем считать значения $Q_{\min} = 50000 \text{ м}^3/\text{сек}$ и $Q_{\max} = 200000 \text{ м}^3/\text{сек}$ (соответственно расстояниям $R_{\min} = 432 \text{ км}$ и $R_{\max} = 1900 \text{ км}$), нижней и верхней границами необходимого расхода воздуха для поддержания ВТО.

Энергетические затраты на зонтичную защиту пустыни от солнца

Исходя из заданной производительности инжектора (по воздуху) $Q_A = 50000 \text{ м}^3/\text{сек}$, оценим величину мощности (N_{50}), затрачиваемой электровентиляторами для достижения воздушной струи высот 2 км и более [13]. Пусть диаметр выходного сопла инжектора $D_0 = 40 \text{ м}$, тогда для обеспечения значения Q_A начальная скорость воздушной струи должна быть $V_{i_0} = Q_A / (\pi * D_0^2 / 4) = 40 \text{ м/сек} = 144 \text{ км/час}$. Такую скорость воздуха используют в дозвуковой аэродинамической трубе. Вертикальные струи воздуха с такими выходными параметрами, согласно оценке по формуле Пристли [14], могут достигать в условиях неустойчивой стратификации атмосферы высоты до 2 км и более с максимальной скоростью $V_{i_2} = 4,5 \text{ м/сек}$ (рис. 7).

Оценим мощность инжектора N_{50} , необходимую для обеспечения производительности (по воздуху) $Q_A = 50000 \text{ м}^3/\text{сек}$, пользуясь соотношением:

$$N_{50} = (\pi/8) * \rho * D_0^2 * V_{i_0}^3 = 45 \text{ МВт}, \quad (1)$$

где $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха.

Оценим стабильные видимые размеры ВТО (в форме сектора) [10], принимая:

- 1) условное время оптического существования «вещества» зонтика ВТО $\tau_1 = 24 \text{ час}$,
- 2) изменение водосодержания морского воздуха ($\eta_w \approx 25 \text{ г/м}^3$) при образовании перистого облака ($\eta_{ci} \approx 0,01 \text{ г/м}^3 \approx \eta_w / 2500$) обусловлено рассредоточением 1:2500 воздушной массы ВТО на высоте $> 6 \text{ км}$.

Очевидно, объем ВТО с учетом рассредоточения (1:2500) в перистую облачность составит за сутки:

$$V_{\text{ВТО}} = Q_A * \tau_1 = 50000 \text{ (м}^3/\text{с)} * 24 * 3600 \text{ (с)} * 2500 \text{ м}^3 = 10800 \text{ км}^3.$$

При характерной толщине перистого облака $h_{ci} = 100...400 \text{ м}$ [10] площадь ВТО и экранируемой территории достигнет:

$$S_{\text{ВТО}} = V_{\text{ВТО}} / h_{ci} = (100...28) \text{ тыс. км}^2. \quad (2)$$

Глубина распространения ВТО по континенту РВТО для диапазона скорости высотного ветра (и соответственно ВТО) $V_{\text{ВТО}} = 5...30 \text{ м/с}$, равна:

$$R_{\text{ВТО}} = 24 * 3600 \text{ (с)} * V_{\text{ВТО}} \text{ (м/с)} = (430...2580) \text{ км}.$$

В зависимости от требуемой величины площади ослабления солнечной нагрузки на территории, экранируемой ВТО, и количества инжекторов в качестве источника энергии для электровентиляторов кулера могут использоваться теплосбрасывающие электростанции 100-1000 МВт.

Полезная модель прессинга пустыни

Рассмотрим техническое устройство для вывода потока «исходного сырья» – теплового влаго-содержащего воздуха на рабочую высоту 6-15 км.

Система «Land Coolers» [2] представляет собой энергетическую установку, работающую на свои модернизированные градирни-инжекторы. Тепловая мощность, уходящая в выпар градир-

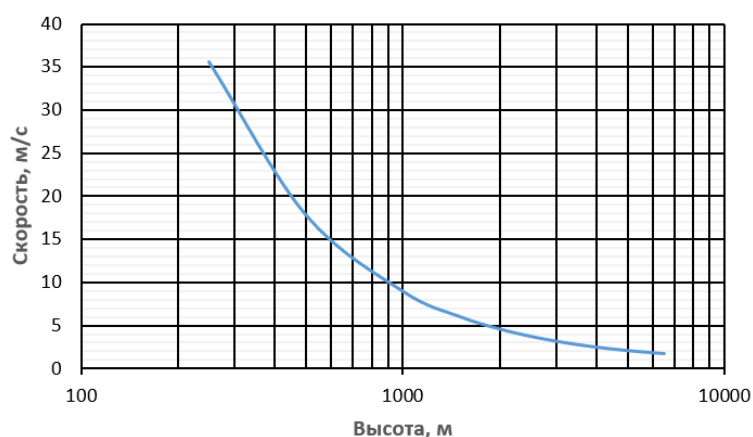


Рис. 7. Скорость и высота вертикальных струй воздуха, согласно оценке по формуле Пристли [14]

Fig. 7. The velocity and height of vertical air steams, according to the Priestley equation [14]

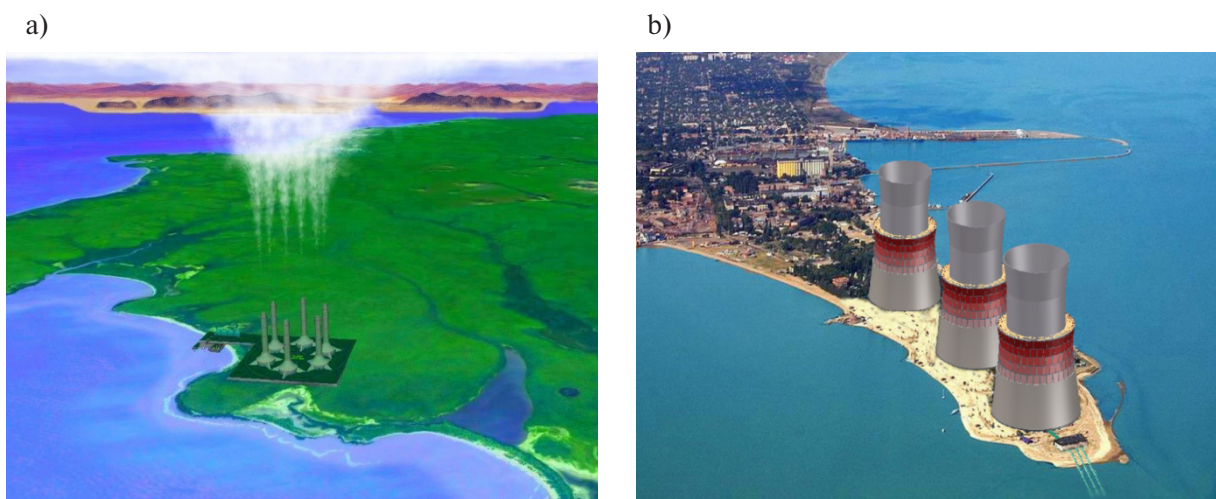


Рис. 8. Макеты систем «Land Coolers» [2] с 6 (а) и 3 (б) инжекторами

Fig. 8. Models of "Land Coolers" systems [2] with 6 (a) and 3 (b) injectors

ни, рекуперирется для подогрева потока воздуха на 10-40 °С с целью повышения плавучести воздушной струи. На рис. 8 показаны варианты «Land Coolers» [2] соответственно с 6 и 3 инжекторами.

Инжекторы «LandCoolers» имеют высоту и производительность, обеспечивающие их независимость от приземного и тропосферного ветра нижнего яруса.

«LandCoolers» могут работать также в режиме *промышленной конденсации атмосферной влаги моря*, при этом система вентиляторов подает морской воздух не в инжекторы, а на охлаждение, в специальные охладители-конденсаторы, охлаждающей средой для которых может являться, например, морская вода. Образующийся пресноводный конденсат (до 0,5 т/с с каждого инжектора), близкий по качеству к дождевой воде, обеспечит производство природной пресной воды [15–17].

Система «LandCoolers» должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) снабжать атмосферу продуктом природного взаимодействия моря и солнца;

- 2) работать длительное время бесперебойно;
- 3) быть энергонезависимой;
- 4) иметь приморское базирование;
- 5) обладать надежной защитой от цунами и других водных стрессов;
- 6) вырабатывать экологически чистый пресноводный конденсат природного происхождения без образования отходов [15–17];
- 7) контролироваться международным сообществом (органом ООН – UN-Water).

В качестве источников энергии инжекторов «Land Coolers» возможно использование (в зависимости от площади зонтично-затеняемой пустыни) энергетических установок мощностью от 100 МВт и более. Работа высотного инжектора может осуществляться не только тягой теплой струи воздуха, но также и за счет мощности винтовых вентиляторов для ускорения выхода потока воздуха из сопла и достижения уровня среднего яруса тропосферы [2]. Требуемое количество внутренних винтовых вентиляторов зависит от высоты башни инжектора.

Планирование озеленения пустыни

Системная борьба с пустыней, её орошение и озеленение осуществимы при условии применения технологии «Land Coolers». Начинать целесообразно с «молодых» пустынь, где есть остаточная водная инфраструктура: сезонные реки и озера, колодцы, мягкая почва и оазисы. Тогда осадки (и затраты) будут использованы более эффективно, а природе проще приспособиться. Важно также наличие национального и международного соглашения по количеству осадков и распределению этих ресурсов на территориях стран-регуляторов и стран-потребителей.

Решение о сооружении блоков «Land Coolers» возможно после предпроектных работ и авиационного определения Розы высотных воздушных течений для выбора площадки строительства инжекторов «Land Coolers». Монтаж энергетической установки и строительство инжекторов «Land Coolers» могут учитывать комплекс новых мероприятий по увеличению мощности и количества инжекторов.

Для решения проблемы прибрежной пустыни или обезвоживаемого региона целесообразна разработка стратегии на основе сооружения блоков системы «Land Coolers», расположенных вдоль побережья моря на одном или нескольких континентах, а также на островных территориях.

Перспективы системы «Land Coolers» для решения проблемы пустыни на планете

Система «Land Coolers» перспективна в первую очередь для борьбы с пустынями и полупустынями, омываемыми морями и океанами, например, Австралии, Ирана, Индии, Америки, Сахары, а также пустыни стран Ближнего востока и Аравийского полуострова. Территории стран, омываемые морями с востока, например, Китай, также могут быть включены в перечень перспективных для коррекции климата территории заданного масштаба (зона, регион и т.д.) с использованием системы «Land Coolers» при условии атмосферно-стабильного высотного воздушного фронта восточной направленности. Площадь корректируемых территорий зависит от размещения блоков системы «Land Coolers», составляя 300 тыс. км² и более, что сопоставимо с площадью Большой пустыни Виктория (Австралия), а также пустынь Руб-эль-Хали, Большой Нефуд (Саудовская Аравия) и др.

Система «Land Coolers» может использоваться и в Европе и Америке для коррекции изменения максимальных летних, включая среднегодовые, температур со снижением частоты отрицательных природно-климатических явлений типа циклонов-антициклонов и др. Влияние «Land Coolers» на коррекцию деградации пустынных и засушливых земель может ощущаться на расстоянии 1000 км и более от берега (рис. 9).

Заданное по масштабу (зона, регион и др.) воздействие на атмосферу и на окружающую среду с целью коррекции климата и кругооборота воды – именно соответственно такой является задача

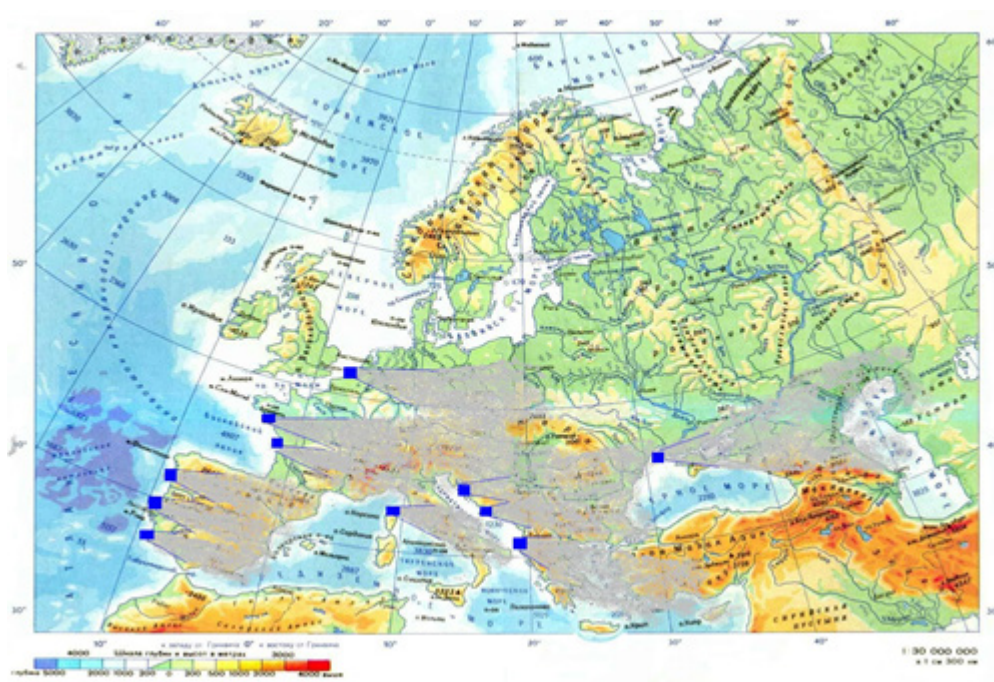


Рис. 9. Территории планеты, перспективные для применения системы «Land Coolers» (выделены серым цветом)
 Fig. 9. The territories of the planet that are promising for the use of the "Land Coolers" system (highlighted in gray)

работы системы «Land Coolers» применительно к прибрежной пустыне или деградирующей проблемной территории.

Отметим, что эксплуатация блоков «Land Coolers» может сопровождаться шумом вследствие разнонаправленности ветров по высоте тропосферы, начиная с приземного ветра, что потребует их удаления от населенных пунктов.

Также отметим, что наземная технология «Land Coolers» значительно дешевле затратных и не безопасных аэрокосмических проектов коррекции климата, предложенных в США и Европе [4–7]. Её применение является необходимым и достаточным условием природоохранных проектов озеленения пустыни и защиты от солнца проблемных территорий, начиная с этапа подготовки создания в пустыне условий появления зеленых зон – оазисов. Использовать природный режим весны в пустыне вместо засушливого лета позволяет охлаждение пустыни влажными морскими воздушными массами.

В отличие от технологии «Land Coolers», ряд проектов, включая аэрокосмические, действующие исключительно на технической, а не на природной основе климатических процессов на земле, море и в атмосфере и их взаимодействия, не имеют достаточного реального коррекционного воздействия. Действуя только техническим путем, включая химический фактор, сложно обеспечить эффективный и стабильный процесс ослабления солнечной радиации и выпадения значимого количества осадков.

Заключение

В настоящее время опустынивание территории пытаются остановить с помощью тотальной экономии пресной воды, капельного полива, технологии «силиконовой долины» получения воды из воздуха пустыни, а также применения солнечной энергетики, что является не решением проблемы, а лишь малой отсрочкой времени проживания человека на проблемной засушливой территории.

Решение проблемы пустыни целесообразно проводить путем генерации и системного регулирования облачности с последующим выпадением дождевых осадков при условии применения наземного аэротермического кулера [2], поскольку деградация земли и образование пустыни есть следствие ранее сформированной совокупности природных процессов, в которой атмосферный кругооборот воды практически отсутствует, несмотря на имеющиеся для этого возможности атмосферной влаги морей и морской влажной облачности.

Что ожидает Землю в будущем – глобальное потепление или похолодание – науке неизвестно, поскольку не известна эволюция солнца и космических процессов. Известно лишь то, что пустыня расширяется, вытесняя человечество, ликвидировавшее к началу 21 века около половины площади жизненно важных лесов на планете, и отнимая у него воду, еду и свободу перемещения. Перегрев, обезвоживание суши и обширные лесные пожары стали реальной проблемой с тенденцией роста даже весьма благополучного по аридности региона Европы.

В связи с этим окружающая среда в возрастающей степени нуждается в корректирующем процессе охлаждения ближайших пустынь и деградирующих земель за счет кругооборота воды с помощью зонтичной высотно-техногенной перистой облачности, а также с восстановлением водности рек и озер, травяного покрытия полей и биосферы лесов на месте прибрежных пустынь и полупустынь, чтобы создать для миллионов и более людей возможности жизни и работы на восстановленной земле, не имеющей решения проблемы ее трансформации в территорию устойчивого развития. Таким средством решения проблемы пустыни, имеющим актуальный, экологический и гуманитарный потенциал для устойчивого развития, является универсальная система «Land Coolers» – охладители земель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Котляков В.М. Академическая география // Наука в России. 2008. № 4. С. 40–49.
- [2] Рогожкин В.В., Коленов Е.В., Горынин В.И., Шеволдин А.В. Кулер для регулирования климата. Патент РФ № 2734834, опубликовано 23.10.2020, Бюл. № 30.
- [3] Пять невероятных способов остановить глобальное потепление с помощью геоинженерии. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ecobyт.ru/article/121112/457/>
- [4] Йорио Луиджи. Управление климатом как инструментом борьбы с глобальным потеплением. 2014. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.swissinfo.ch/rus/sci-tech/40807950/>
- [5] Lohman U., Gasparini B. A cirrus cloud climate dial? // Science. 2017. V. 357. P. 248–249.
- [6] Smith W., Wagner G. Stratospheric aerosol injection tactics and costs in the first 15 2021s of deployment // Environmental Research Letters. 2018. V. 13. № 124001.
- [7] Ricke K., Drouet L., Kalderia K., Tavoni M. Country – level social cost of carbon // Nature Climate Change. 2018. № 8. P. 895–900.
- [8] Рогожкин В.В., Горынин В.И., Мишин Е.Б., Коленов Е.В., Минкин А.И. COOLERS новое средство для обводнения пустыни / Сб. материалов Всероссийской конференции изобретателей. – СПб: Изд-во Политехнического университета, 2018. – С. 127–136.
- [9] Беспалов Д.П., Девяткин А.М., Довгалою Ю.А. и др. Атлас облаков. – СПб: ДАРТ, 2011. 248 с.
- [10] Андреев А.О., Дукальская М.В., Головина Е.Г. Облака: происхождение, классификация, распознавание. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2007. – 228 с.
- [11] Вульфсон Н.И., Левин Л.М. Метеотрон как средство воздействия на атмосферу / Ин-т приклад. геофизики им. Е.К. Федорова. – М.: Гидрометеиздат: Москов. отд-ние, 1987. 131 с.
- [12] Григорьев Н.О., Саенко А.Г. Оценка прозрачности перистых облаков на основе анализа спутниковых фотографий // Материалы итоговой сессии Ученого совета 2005 г. Изд. РГГМУ, 2005. 224 с.
- [13] Пристли С.Х.Б. Турбулентный перенос в приземном слое атмосферы. Гидрометеиздат, 1964. 122 с.

[14] Кухлинг Х. Справочник по физике. М.: Мир, 1982. — 519 с.

[15] Горынин В.И., Рогожкин В.В., Мишин Е.Б., Коленов Е.В., Скачков В.А. Конденсационный ресурс пресной воды — фактор будущего Земли // Сб. материалов Всероссийской конференции изобретателей. — СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2018. — С. 24–33.

[16] Горынин В.И., Рогожкин 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.

[17] 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.

[18] Вализер Н.А., Мошков К.В., Потапов К.А., Рогожкин В.В. Атомно-энергетический комплекс. Патент RU2504417C1. Оpubл. 20.01.2014 г.

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

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

E-mail: rogozhkin010@gmail.com

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

E-mail: petroprom2013@yandex.ru

МИШИН Евгений Борисович — директор Московского проектного института, Московский проектный институт АО «Атомэнергопроект», канд. техн. наук.

E-mail: mishin@aep.ru

КОЛЕНОВ Евгений Викторович — ведущий конструктор, ПАО «Силловые машины», 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

Дата поступления статьи в редакцию: 08.06.2021

REFERENCES

[1] V.M. Kotlyakov, Akademicheskaya geografiya // Nauka v Rossii. 2008. № 4. С. 40–49.

[2] V.V. Rogozhkin, Ye.V. Kolenov, V.I. Gorynin, A.V. Shevoldin, Kuler dlya regulirovaniya klimata. Patent RF № 2734834, opublikovano 23.10.2020, Byul. № 30.

[3] Pyat neveroyatnykh sposobov ostanovit globalnoye poteplyeniye s pomoshchyu geoinzhenerii. 2021. [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.ecobyт.ru/article/121112/457/>

[4] Yorio Luidzhi, Upravleniye klimatom kak instrumentom borby s globalnym poteplyeniyem. 2014. [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.swissinfo.ch /rus/sci-tech/40807950/>

[5] U. Lohman, B. Gasparini, A cirrus cloud climate dial? // Science. 2017. V. 357. P. 248–249.

- [6] **W. Smith, G. Wagner**, Stratospheric aerosol injection tactics and costs in the first 15 years of deployment // *Environmental Research Letters*. 2018. V. 13. № 124001.
- [7] **K. Ricke, L. Drouet, K. Kalderia, M. Tavoni**, Country – level social cost of carbon // *Nature Climate Change*. 2018. № 8. R. 895–900.
- [8] **V.V. Rogozhkin, V.I. Gorynin, Ye.B. Mishin, Ye.V. Kolenov, A.I. Minkin**, COOLERSs novoye sredstvo dlya obvodneniya pustyni / Sb. materialov Vserossiyskoy konferentsii izobretateley. – SPb: Izd-vo Politekhnikeskogo universiteta, 2018. – С. 127–136.
- [9] **D.P. Bespalov, A.M. Devyatkin, Yu.A. Dovgalyuk i dr.**, Atlas oblakov. – SPb: DART, 2011. 248 s.
- [10] **A.O. Andreyev, M.V. Dukalskaya, Ye.G. Golovina**, Oblaka: proiskhozhdeniye, klassifikatsiya, raspoznavaniye. – SPb.: Izd. RGGMU, 2007. – 228 s.
- [11] **N.I. Vulfson, L.M. Levin**, Meteoron kak sredstvo vozdeystviya na atmosferu / In-t priklad. geofiziki im. Ye.K. Fedorova. – M.: Gidrometeoizdat: Moskov. otd-niye, 1987. 131 s.
- [12] **N.O. Grigoryev, A.G. Sayenko**, Otsenka prozrachnosti peristyykh oblakov na osnove analiza sputnikovyykh fotografii // *Materialy itogovoy sessii Uchenogo soveta 2005 g.* Izd. RGGMU, 2005. 224 s.
- [13] **S.Kh.B. Pristli**, Turbulentnyy perenos v prizemnom sloye atmosfery. Gidrometeoizdat, 1964. 122 s.
- [14] Kukhling Kh. *Spravochnik po fizike*. M.: Mir, 1982. – 519 s.
- [15] **V.I. Gorynin, V.V. Rogozhkin, Ye.B. Mishin, Ye.V. Kolenov, V.A. Skachkov**, Kondensatsionnyy resurs presnoy vody – faktor budushchego Zemli // Sb. materialov Vserossiyskoy konferentsii izobretateley. – SPb.: Izd-vo Politekhnikeskogo universiteta, 2018. – S. 24–33.
- [16] **V.I. Gorynin, V.V. Rogozhkin, S.Yu. Kondratyev, Ye.B. Mishin, Ye.V. Kolenov**, Tekhnologiya i sredstva kondensatsii atmosfernoy vlagi morey dlya proizvodstva presnoy vody // *Vestnik mashinostroyeniya*. 2019. № 7. С. 84–88.
- [17] **V.I. Gorynin, S.Yu. Kondratyev, V.V. Rogozhkin, Ye.B. Mishin, Ye.V. Kolenov**, Kondensatsiya atmosfernoy vlagi akvatorii morya dlya potochnogo proizvodstva prirodnoy presnoy vody // *Materialovedeniye. Energetika*. 2020. T. 26. № 4. С. 23–35.
- [18] **N.A. Valizer, K.V. Moshkov, K.A. Potapov, V.V. Rogozhkin**, Atomno-energeticheskiy kompleks. Patent RU2504417S1. Opubl. 20.01.2014g.

THE AUTHORS

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

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

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

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

KOLENOV Evgeniy V. – *PJSC “Power machines”*.
E-mail: evkol50@gmail.com

SHEVOLDIN Aleksey V. – *JSC “Atomenergoproekt”, St-Petersburg Branch*.
E-mail: avshev@gmail.com

Received: 08.06.2021