

Научная статья

УДК 551.583

DOI: <https://doi.org/10.18721/JEST.27411>

*В.В. Рогожкин¹, В.И. Горынин¹ ✉, С.Ю. Кондратьев²,
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

✉ z1dehy97@mail.wplus.net

КУЛЕР ПРОТИВ ПЕРЕГРЕВА АВСТРАЛИИ

Аннотация. Предложено принципиально новое решение проблемы засушливых районов Австралии. Разработана аэротермическая система «Land Coolers» для коррекции аномального потепления регионов Австралии за счет искусственного принудительного формирования над проблемными территориями высотной техногенной облачности. Показана возможность использования для этого атмосферной влаги акватории ближних морей, избыточный тепловой энергосброс тепловых и атомных электростанций и господствующий поток высотно-тропосферных ветров. Зонтичная облачность перистого типа, генерируемая аэротермическим кулером в тропосферу, ослабит солнечную нагрузку и перегрев проблемных территорий Австралии. Для создания такой облачности на высоте более 6 км используется вертикальная паровоздушная струя от модифицированного инжектором прибрежного объекта энергетики, образующего оптически плотную облачность верхнего и среднего яруса тропосферы площадью до 100 тыс. кв. км, защищающая приземный воздух от перегрева и обеспечивающая доступность территорий Австралии тихоокеанским и индоокеанским дождям.

Ключевые слова: аэротермическая система «Land Coolers» (кулер); региональная коррекция аномального потепления (климата); высотная техногенная облачность перистого типа; тропосфера; тепловой энергосброс; теплосбрасывающие электростанции; атмосферная влага акватории морей.

Для цитирования:

Рогожкин В.В., Горынин В.И., Кондратьев С.Ю., Мишин Е.Б., Коленов Е.В., Шеволдин А.В. Кулер против перегрева Австралии // *Материаловедение. Энергетика.* 2021. Т. 27, № 4. С. 132–144. DOI: <https://doi.org/10.18721/JEST.27411>

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

Scientific article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JEST.27411>

V.V. Rogozhkin¹, V.I. Gorynin¹ ✉, S.Yu. Kondratyev³,
E.B. Mishin⁴, E.V. Kolenov⁵, A.V. Shevoldin⁶

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

² JSC "Atomproekt", St. Petersburg, Russia;

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

⁴ JSC "Atomenergoproekt", Moscow, Russia;

⁵ PJSC "Power machines", St. Petersburg, Russia;

⁶ JSC "Atomenergoproekt", St. Petersburg, Russia

✉ z1dehy97@mail.wplus.net

COOLER AGAINST OVERHEATING OF AUSTRALIA

Abstract. The paper proposes a principle and presents an aerothermal system Land Coolers (cooler) for the correction of abnormal warming (climate) of the regions of Australia. The system generates high-altitude technogenic clouds over problem areas, using atmospheric moisture in the waters of the near seas, excessive thermal energy consumption of thermal and nuclear power plants, and the prevailing flow of high-altitude tropospheric winds. The cirrus-type umbrella cloud generated by the aerothermal cooler into the troposphere weakens the solar load and overheating of the problem areas of Australia. For the formation of high-altitude clouds over 6 km, the system employs a vertical steam-air jet from a coastal energy facility modified by an injector. It forms optically dense clouds of the upper and middle tier of the troposphere with an area of up to 100 thousand square kilometers, protecting the surface air from overheating and ensuring the availability of the territories of Australia to Pacific Ocean and Indian Ocean rains.

Keywords: aerothermal system Land Coolers (cooler); regional correction of abnormal warming (climate); high-altitude technogenic cloud cover of the cirrus type; troposphere; thermal energy saving; heat-saving power plants; atmospheric moisture of the sea area.

Citation:

V.V. Rogozhkin, V.I. Gorynin, S.Yu. Kondratyev, E.B. Mishin, E.V. Kolenov, A.V. Shevoldin, Cooler against overheating of Australia, Materials Science. Power Engineering, 27 (04) (2021) 132–144, DOI: <https://doi.org/10.18721/JEST.27411>

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

Введение. Почти половину территории Австралии занимают пустыни и полупустыни практически без водоемов и растительности, чего нет на других континентах Земли. Считается, что климат континента менялся не по естественным причинам, так как несколько десятков тысяч лет назад он был влажным до появления человека. Вырубка леса с запуском механизма обезвоживания и опустынивания привела к тому, что сегодня почти 45% площади Австралии стали пустыней или полупустыней.

Сейчас Австралия переживает рост температуры окружающей среды. В январе 2019 года в городе Аделаида температура воздуха достигала 47,7 °С, в Сиднее 47 °С. Это оказалось проблемой не только для населения, но и для диких животных. Подсчитано, что в конце 2020 г. из-за засухи и пожаров сгорело 63000 км² лесов, ~2500 строений (~1300 жилых домов) и погибло 25 человек. По данным фонда дикой природы (WWF), при этом погибло более 60 тысяч коал и 1 миллиона вомбатов, несколько миллионов кенгуру.

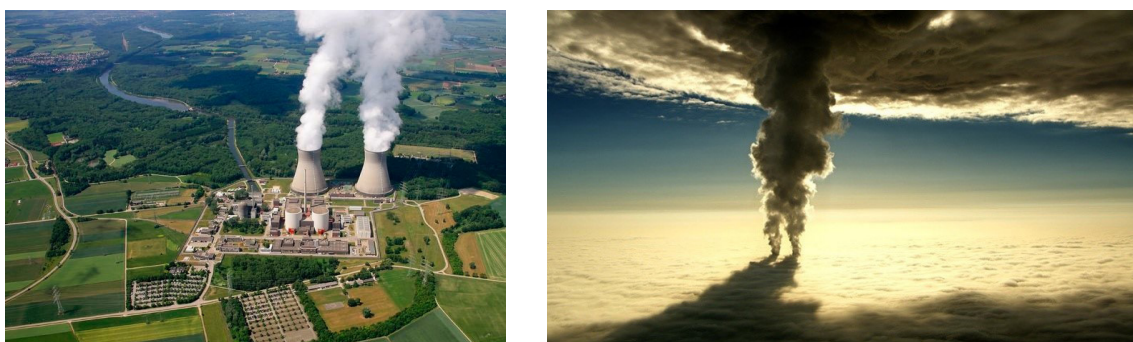


Рис. 1. Формирование в атмосфере (тропосфере) высотной светонепроницаемой облачности при генерации теплой воздушной струи из градирен атомной электрической станции (АЭС) при отсутствии приземного ветра
 Fig. 1. Formation of high-altitude light-tight clouds in the atmosphere (troposphere) when generating a warm air jet from the cooling towers of a nuclear power plant (NPP) in the absence of surface wind



Рис. 2. Вертикальная теплая воздушная струя из градирни АЭС, действующая по схеме аэротермического кулера при отсутствии приземного ветра
 Fig. 2. A vertical warm air jet from a nuclear power plant cooling tower, operating according to the scheme of an aerothermal cooler in the absence of surface wind

Генерация электрической энергии обычно сопровождается бесполезной для применения эмиссией тепла в ближайшие водоемы (реки, озера, моря и океаны) и в атмосферу при эксплуатации теплосбрасывающих электростанций (ТСЭС). В связи с этим целесообразно использование теплого (парового, водяного, воздушного) энергетического сброса мощностью 300–500 МВт из высотной башенной градирни для получения высотной светонепроницаемой облачности – средство антиаридной коррекции климата Австралии [1] (рис. 1–2).

Известно, что мощность эмиссии тепла от ТСЭС в окружающую среду в несколько раз больше полезной электрической. Трансформизм тепловой эмиссии прибрежного объекта энергетики в высотную природно-техногенную и оптически плотную облачность делает тепловой энергосброс полезным для, во-первых, коррекции круговорота влаги и климата и, во-вторых, снижения теплового загрязнения окружающей среды.

Принцип коррекции климата в Австралии

Австралия (7,692 млн. км²) окружена сразу двумя океанами с запада и юга (Индийским океаном) и с востока (Тихий океан), а также четырьмя морями вдоль северных и восточных берегов:

Арафурское, Коралловое, Тасманово и Тиморское. При этом Коралловое и Тасманово моря входят в бассейн Тихого океана, а Арафурское и Тиморское – в бассейн Индийского океана. При среднегодовой влажности воздуха Земли $\sim 11 \text{ г/м}^3$ влажность морского воздуха в Австралии в жаркое время может достигать $\eta_w \sim 35 \text{ г/м}^3$.

Природный процесс, характеризующийся температурой воздушной среды тропосферы, очевидно, зависит от уровня солнечной радиации, достигшей поверхности Земли. Облака перистого типа, средне-верхнего яруса тропосферы, могут выступать в качестве регулятора прямой и рассеянной суммарной солнечной радиации. Часть этой радиации поглощается земной поверхностью, её тепло передается приземному воздуху. Другая часть суммарной радиации отражается от поверхности Земли. Регулирование температуры воздуха при аномальном потеплении актуально для Австралии в летнее время (примерно с октября по март).

Коррекция климата Австралии по принципу «COOLER». Принцип коррекции климата «COOLER» (далее С-коррекция) заключается в регулировании температуры земной подстилающей поверхности и приземного воздуха путем генерации «зонтичной» – высотной техногенной облачности (ВТО), используя для этого атмосферную влагу акватории морей и тепловой сброс ТЭС.

Подобием ВТО являются перистые облака средне-верхнего яруса тропосферы, доминирующие на высоте свыше 6 км, и их варианты: перистые плотные (*Cirrus spissatus*, Cisp), перисто-слоистые (*Cirrostratus*, Cs) и перисто-кучевые (*Cirrocumulus*) [2–3] (рис. 3).

Водность (вода в твердой фазе) или сухость перистого облака η_{ci} составляет $0,01 \text{ г/м}^3 \sim (1/2500) \cdot \eta_w$. Это принципиально важно для системной аэротермической технологии, позволяющей обеспечивать зонтичной ВТО периметр пустыни для ее озеленения и осуществления целей устойчивого развития постпустынной территории.

Прозрачность перистой облачности зависит от её толщины и водности. Показатель ослабления солнечной радиации (в ватт/м^2) в основном в виде электромагнитного излучения Солнца может достигать 40% и более [2]. Долговечность высотного перистого облака обычно от нескольких часов до более суток.

Таким образом, ВТО является эффективным средством ослабления солнечной радиации и снижения уровня обезвоживания земель Австралии в широких пределах при условии плавного-обратимого режима управления регулированием климата. Основным источником воды (влаги) для ВТО служит атмосферная влага акватории Индийского океана, его северных морей и Большого Австралийского залива, переносимая техногенными динамическими струями воздуха на высоту более 6 км.

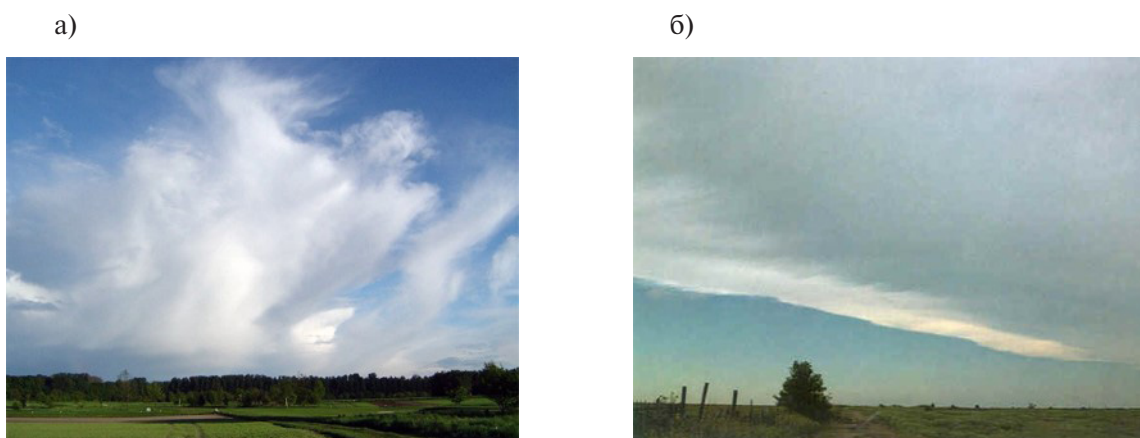


Рис. 3. Различные виды облаков: а – перистые плотные (*Cirrus spissatus*), б – перистые слоистые (*Cirrostratus*)

Fig. 3. Various types of clouds: a – cirrus dense (*Cirrus spissatus*), b – cirrus layered (*Cirrostratus*)

Система «LandCoolers» для Австралии. С-коррекция климата Австралии возможна при выполнении следующих трех условий:

- 1) природные условия для ВТО,
- 2) природные средства для переноса ВТО в заданном направлении,
- 3) технические средства обеспечения генерации ВТО.

Рассмотрим подробнее эти условия:

1) Фотографии типичной тропосферной струи теплого воздуха из башенной градирни «Gundremmingen» (Германия) с тепловой мощностью более 2000 МВт с детальной видимостью природной маловысотной и техногенной высотной облачностью являются визуальным доказательством наличия условий для организации в Австралии уникального производственного процесса зонтичной ВТО от ТЭС (рис. 1) [1]. Кроме того, на этой фотографии можно видеть плотную тень от образованной зонтичной ВТО, источники и направление переноса ВТО. Форма ВТО, зависящая от высотного ветра, близка к сектору с острым углом.

Относительно высокая температура и повышенная скорость движения факела теплой струи воздуха из градирни ТЭС в атмосфере могут обеспечить для ВТО достижение высоты более 6 км. Важным фактором для генерации зонтичной ВТО является обеспечение малого рассеивания факела струи воздуха приземным ветром.

2) Средством для прогнозируемого переноса зонтичной ВТО является природный высотный (геострофический, «самолетный») ветер верхнего яруса тропосферы. Онлайн-карты ветров и интернет-ресурс [4] определяют их скорости, направления и другие показатели в режиме реального времени (обновление карты ветров каждые 2 часа).

3) Техническое средство для генерации ВТО над пустыней называется «LAND-COOLER» («охладитель земель») или наземный аэротермический кулер [5].

Геоинженерная система «LandCoolers» [5] удовлетворяет следующим требованиям:

- а) поставка на высоту 2 км и выше экологически чистого влагосодержащего продукта природного взаимодействия моря и солнца;
- б) работа длительное время (до 6 месяцев в году) без отказов;
- в) наличие морского/островного или полуостровного прибрежного базирования;
- г) независимость от приземных ветров различного направления;
- д) обладание устойчивостью к цунами и другим водным стрессам;
- е) производство, при потребности, также пресноводного конденсата из морской атмосферной влаги [6–7];
- ж) подконтрольность международному сообществу, например, ООН (UN-Water) и др.

Конструкция аэротермического кулера

Кулер состоит из инжекторов – полых железобетонных сооружений цилиндрической формы типа башенных градирен высотой 150 м и более, с диаметром сопла 40–100 м. На рис. 4 представлены варианты исполнения основных элементов конструкции инжектора кулера.

Инжектор сооружается заново или реконструируется на базе башен градирни стационарной мощной ТЭС.

Внутри инжектора находятся дополнительные трубные конструкции и электровентильные установки для подготовки, контроля и заброса увлажненного воздуха на расчетную высоту 2 км и выше. Высота инжектора кулера и скорость вывода влажного воздуха должны обеспечивать независимость работы комплекса от направления и силы приземных ветров.

На рис. 5 показаны варианты исполнения и размещения наземного кулера с 6 и 3 инжекторами соответственно. Инжекторы могут быть оснащены системой контроля параметров паровоздушной струи на соответствие экологическим требованиям для градирен Австралии. На рис. 5б третий инжектор справа представлен в виде устройства для производства природной пресной воды.

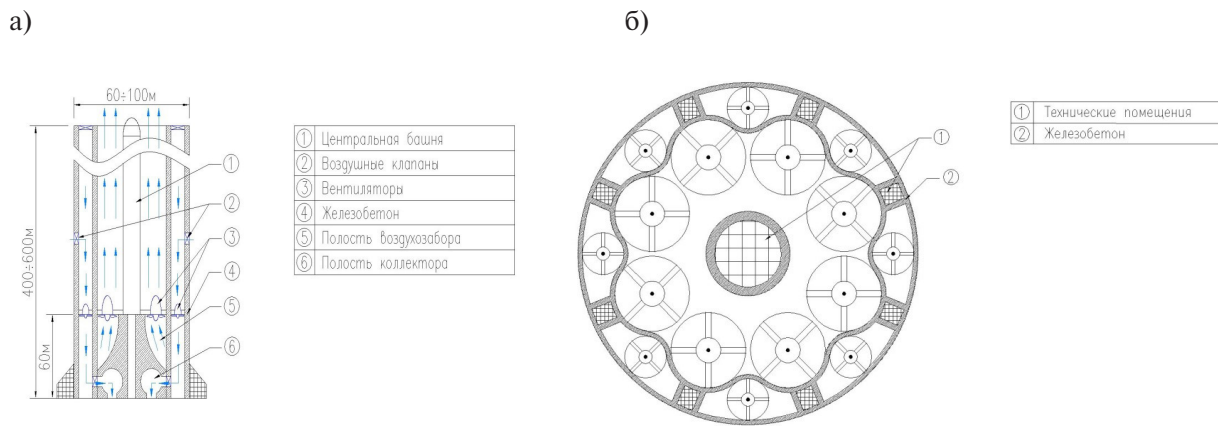


Рис. 4. Вид инжектора кулера в осевом (а) и поперечном (б) сечениях
Fig. 4. View of the cooler injector in axial (a) and transverse (b) sections

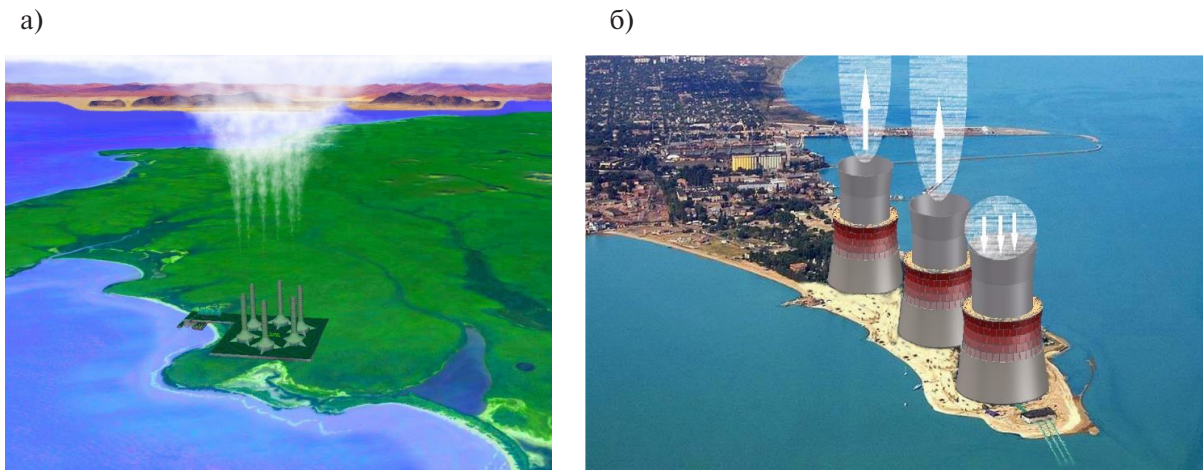


Рис. 5. Блоки аэротермического кулера с различным количеством инжекторов:
а – с 6 (прибрежное материковое или островное базирование) и б – с 3 (прибрежно-полуостровное базирование)
Fig. 5. Blocks of an aerothermal cooler with a different number of injectors:
а – with 6 (coastal mainland or island-based) and б – with 3 (coastal-peninsular basing)

Мощность аэротермического кулера

Из условия производительности инжектора (по воздуху) $QA = 50000 \text{ м}^3/\text{сек}$ оценим величину мощности (N50) электровентиляторов для подъема воздушной струи на высоту 2 км и более [8]. Пусть диаметр выходного сопла инжектора $D_0 = 40 \text{ м}$, тогда для обеспечения величины Q_A начальная скорость воздушной струи должна быть равна

$$V_{i0} = QA/(\pi * D_0^2/4) = 40 \text{ м/с} = 144 \text{ км/час}. \quad (1)$$

Такая скорость воздуха используется в дозвуковой аэродинамической трубе. Эти параметры вертикальных струй воздуха согласно оценке по формуле Пристли [9] могут обеспечить их подъем на высоту 2 км и более при неустойчивой стратификации атмосферы. Максимальная скорость струи на этой высоте $\sim 5 \text{ м/с}$ (рис. 6).

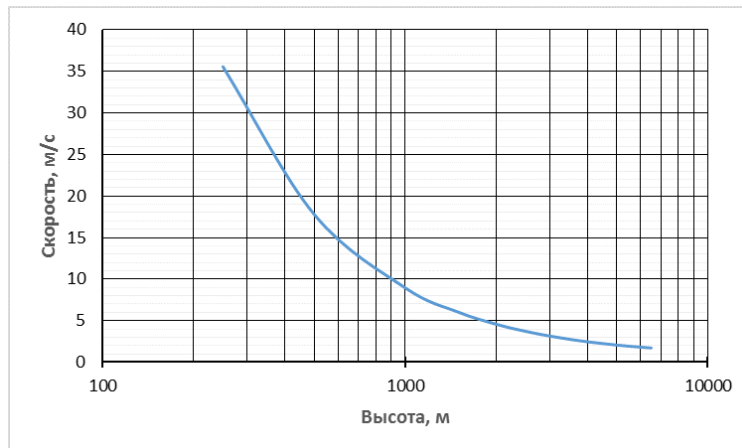


Рис. 6. Зависимость максимальной скорости струи воздуха из сопла инжектора аэротермического кулера от высоты подъема (для вертикальной воздушной струи в нестратифицированной атмосфере)

Fig. 6. The dependence of the maximum velocity of the air jet from the nozzle of the aerothermal cooler injector on the lifting height (for a vertical air jet in an unstratified atmosphere)

Мощность инжектора N_{50} для обеспечения производительности (по воздуху) составляет

$$N_{50} = (\pi/8) * \rho * D * V_{i0}^3 = 45 \text{ МВт}, \quad (2)$$

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

Определим стабильные видимые размеры ВТО (в форме сектора) [10–11], приняв:

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

Очевидно, что объем ВТО с учетом рассредоточения (1:2500) в перистой облачности составит за сутки:

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

При характерной толщине перистого облака $h_{ci} = 100 - 400 \text{ м}$ [10–11] площадь ВТО и экранируемой при этом от солнца территории составит:

$$S_{\text{ВТО}} = V_{\text{ВТО}} / h_{ci} = 108000 \div 30000 \text{ км}^2. \quad (4)$$

Глубина распространения зонтичного облака по Австралии для скорости высотного ветра $V_{\text{зонт-облако}} = 5-30 \text{ м/с}$, составит

$$R_{\text{зонт-облако}} = 24 * 3600 \text{ сек} * V_{\text{зонт-облако}} = 430 \div 2580 \text{ км}. \quad (5)$$

В зависимости от заданного периметра облачно-теневого ослабления солнечной нагрузки на территорию и количества инжекторов в качестве источника энергии для электроventильаторов системы «Land Coolers» могут использоваться ТЭС мощностью не менее 100 МВт.

Профиль системы «Land Coolers» для территориальной коррекции климата континента

Площадь проблемных территорий, начиная с округа штата Западная Австралия-Кимберли и части Северной территории, штата Южная Австралия, штата Квинсленд и кончая небольшой частью территории штата Новый Южный Уэльс, составляет примерно 3,5 млн. км². Из онлайн-карты ветров на высоте ~10 км [4] (рис. 7) видно, что ветры направлены с запада от Индийского океана на восток до побережья Тихого океана. Поэтому целесообразно размещение 8-12 инжекторов из 2-3 групп аэротермических кулеров, например, севернее или южнее города Брума на западном побережье Индийского океана. Использование его акватории и вектора геострофического ветра с учетом энергокомплекса заданной мощности позволит начать озеленение Большой песчаной пустыни и Танами. Кроме того, зонтичная ВТО может также проходить над более дальними пустынями, например, Гибсона на юге штата Западная Австралия и Симпсона около центра континента.

Использование западно-восточной дуги высотных ветров для переноса ВТО недостаточно для С-коррекции больших пустынь и поэтому её целесообразно усилить за счёт Пертской группы кулеров в направлении Большой пустыни Виктория и равнины Налларбор. При этом часть ВТО после переноса в зону побережья Большого Австралийского залива может использоваться даже для затенения юго-восточного штата Виктория (рис. 7).

Следует отметить, что наличие северо-западной (Брум) и юго-западной (Перт) групп «Land Coolers» обеспечит ВТО и охлаждение не только прибрежные и континентальные зоны штата Западная Австралия, Северной территории и штата Южная Австралия, но и континентальные обезвоженные районы таких штатов, как Новый Южный Уэльс и Квинсленд.

Организация сооружения и природно-техногенной эксплуатации геоинженерной системы «Land Coolers» (проектирование, реконструкция энергокомплекса, сооружение и пуск) на западе (в зонах городов Брум и Перт) усилиями федерального правительства Австралии и австралийско-международного бизнеса позволит снизить критичность обезвоживания и опустынивания страны. Это обеспечит устойчивое развитие Австралии за счет управления регулированием ВТО и процессами обновления страны.

Особенности геоинженерной системы «Land Coolers»

Принцип управления температурой приземной атмосферы и подстилающей земной поверхности за счет влажности на основе наземной аэротермической технологии примерно аналогичен гипотетически управляемому вулкану с выделением в атмосферу весьма чистых масс воздуха акватории океана, без пепла, без колебаний почвы и инициации водных стрессов (шторм, цунами и др.)

Аэротермическое и облачно-атмосферное влияние наземного кулера на влажность климата регулируемо и контролируемо. Кулер позволяет менять структуру и оптическую плотность (прозрачность) ВТО, а также свои рабочие параметры вплоть до прекращения генерации зонтичной ВТО, продолжая эксплуатацию по промышленной конденсации атмосферной влаги для производства природной пресной воды хозяйственно-питьевого назначения [6–7, 12–17]. Внеземные и сверхдорогие «линзовые» и «экранные» (из космоса, стратосферы на высоте 20 км и др.) способы ослабления солнечной радиации не имеют этих свойств. Часто предлагается также антиприродное химико-токсичное воздействие на атмосферу для защиты от солнца путем распыления аэрозолей на основе серы и других химических агентов [12–14, 17].

При охлаждении приземного воздуха кулером, вследствие С-экранирования территории Австралии возможен прирост выпадения дождевых осадков в жаркое и сухое время года. Известно, что влагосодержание воздуха в Австралии меняется с широтой от северной части штата Западная Австралия до побережья штатов Южная Австралия и Виктория.

Пониженная водность воздуха Западной Австралии обусловлена присутствием в юго-восточной части Индийского океана холодного Западно-Австралийского течения, которое представля-

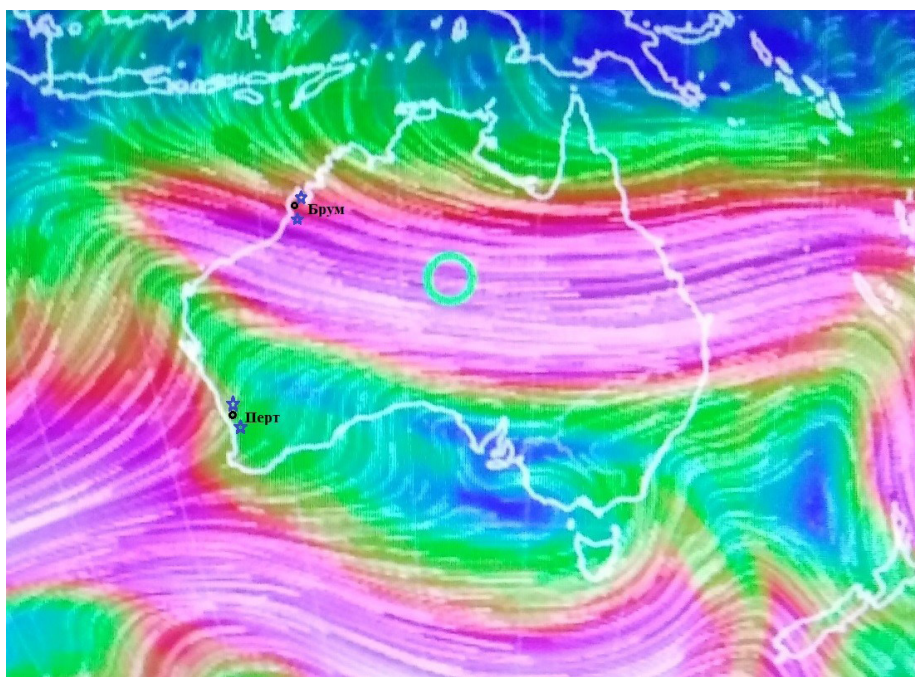


Рис. 7. Схема расположения Западно-Австралийской группы кулеров для коррекции температуры окружающей среды и озеленения пустынь на западе и в центре континента

Fig. 7. The layout of the Western Australian group of coolers for the correction of ambient temperature and landscaping of deserts in the west and in the center of the continent

ет собой Северную ветвь течения. В тропиках Южного полушария часть Западно-Австралийского течения переходит в Южное Пассатное течение, часть диссипирует в Тиморское море.

В связи с этим Индийский океан с учетом циркуляционных условий для переноса с запада на восток водно-воздушных масс может быть фактором увлажнения не только особо засушливой Западно-австралийской части континента, но и центральной части, где граничат штаты Южная Австралия и Квинсленд, а также Северная территория.

Высотная «криогенная» дистилляция ВТО (аналогично природным высотным облакам океанского происхождения) исключает загрязнение защищаемой от солнца территории.

Струйный перенос большого объема теплого воздуха может иметь низкочастотный шумовой фон. Поэтому конструкция инжектора должна компенсировать указанный акустический негативный фактор.

Зона струйного переноса воздуха (радиусом несколько километров вокруг кулера) оснащается заградительными огнями постоянного излучения красного цвета с заданной силой света. По высоте это 3-4 уровня светоограждения с заданным по регламенту Австралии количеством огней с учетом высоты и диаметра башни.

Зона кулера с устройствами светового отражения должна быть закрыта для безопасности полетов авиационных воздушных судов и беспилотных устройств круглые сутки и особенно в темное время суток.

Воздушная струя из сопла инжектора может быть опасна для птиц, летающих вблизи инжекторов. Однако при анализе несомненных преимуществ геоинженерной системы «Land Coolers» по противодействию климатической нестабильности, обезвоживанию и опустыниванию Австралии приоритет имеет одновременное обеспечение сохранности дикой природы и ее животного мира, а также природного комфорта и здоровья человека, что обеспечит реализацию одобренных ООН целей устойчивого развития.

Система «Land Coolers» спасет Австралию от пустынь

В отличие от Сахары и других континентальных пустынь Земли, сравнительно небольшая территория Австралии выделяется тем, что она со всех сторон плотно окружена океанами – источниками дождевой и атмосферной влаги. Однако над горячей поверхностью пустыни в атмосфере формируются задерживающие слои («температурные инверсии»), принципиально препятствующие проникновению дождевой облачности на ее территорию (рис. 8).

Кулер применим именно для снижения «летних» максимальных (включая среднегодовые) температур проблемных земель и приземного воздуха Австралии, для образования обширных стационарных «зимних» внесезонных коридоров для проникновения атмосферной влаги Индийского океана на континент.

Зимой, с апреля по октябрь, облака над морем и побережьем пустынных территорий Австралии не редкость, бывают и дожди. Похожая картина характерна для всех прибрежных пустынь.

«Land Coolers» будет работать [5] также в режиме промышленной конденсации атмосферной влаги моря, при этом специальные вентиляторы подают морской воздух на охлаждение, в специальные охладители-конденсаторы, охлаждающей средой для которых является морская вода. Образующийся пресноводный конденсат (до 0,5 т/с с каждого инжектора), близкий по качеству к дождевой воде, может накапливаться в резервуарах станции и транспортироваться на континент для пополнения природных водоемов, использования в сельском хозяйстве и т.п.

Влияние работы кулера может ощущаться на континенте на значительном расстоянии – порядка нескольких тысяч километров от западного побережья Индийского океана.

Заключение

1. Проблема опустынивания Австралии может быть решена путем управления температурой поверхности пустынь за счет зонтичной высотной-техногенной облачности с использованием природной атмосферной влаги акватории Индийского океана, невостребованного теплового сброса электрической станции и природного господствующего потока ветров среднего и верхнего яруса тропосферы.

2. С-коррекция влажности и температуры окружающей среды до комфортного уровня обеспечиваются стационарными геоинженерными системами «Land Coolers», имеющими объекты энергетики для подготовки и генерации струй теплого увлажненного воздуха на расчетную

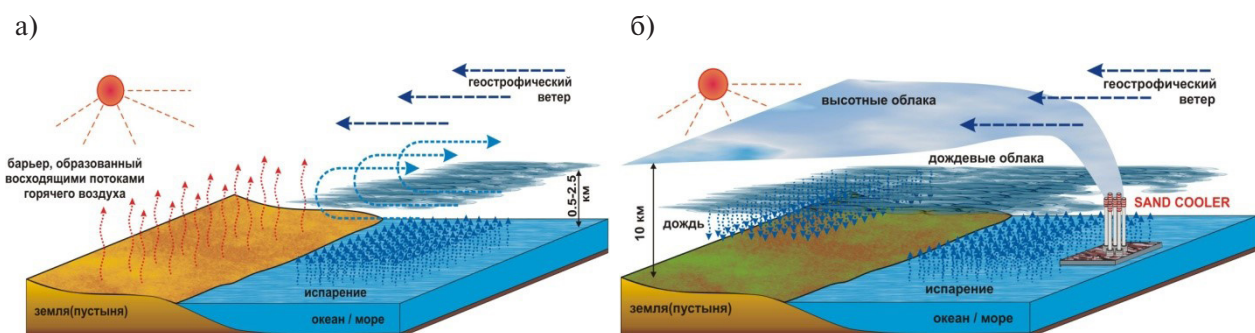


Рис. 8. Блокировка воздушных потоков с моря восходящими (инверсионными) потоками горячего воздуха, идущими от поверхности пустыни (а) и высотные техногенные облака, гонимые геострофическим ветром, снижают тепловой поток от солнца, поверхность «холодной пустыни» теряет способность к генерации мощных восходящих (инверсионных) потоков (б)

Fig. 8. Blocking of air flows from the sea by ascending (inversion) hot air flows coming from the desert surface (a) and high-altitude technogenic clouds driven by geostrophic wind reduce the heat flow from the sun, the surface of the "cold desert" loses the ability to generate powerful ascending (inversion) flows (b)

высоту 2 км за счет большого природного запаса пресной воды в виде пара в атмосфере акватории Индийского океана.

3. Размещение аэротермических кулеров на индоокеанском побережье штата Западная Австралия, занимающего треть площади страны, обеспечит зонтичной высотной техногенной облачности значительную территорию в несколько сотен тысяч квадратных километров, включая центр с большими пустынями. При этом также могут быть охвачены пустыни Северной территории и штаты Южной Австралии. Для этого целесообразно размещение 8-12 инжекторов из 2-3 групп севернее или южнее городов Брум и Перт на западном побережье Индийского океана.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

[1] Пар из градиен самой большой в Германии атомной электростанции «Gundremmingen». [Электронный ресурс]. URL: <https://cs5.pikabu.ru/postimg/big/2014/07/11/6/14050688391700831546.jpg>

[2] **Григорьев Н.О., Саенко А.Г.** Оценка прозрачности перистых облаков на основе анализа спутниковых фотографий. – Материалы итоговой сессии Ученого совета. – СПб.: Изд. Российского Государственного Гидрометеорологического Университета (РГГМУ), 2005. – 224 с.

[3] **Беспалов Д.П., Девяткин А.М., Довгалоук Ю.А., Кондратюк В.И., Кулешов Ю.В., Светлова Т.П., Суворов С.С., Тимофеев В.И.** Атлас облаков. – СПб: Д'АРТ, 2011. – 248 с.

[4] **Камерон Беккариа.** Глобальная карта ветров. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://earth.nullschool.net/about>.

[5] Патент на изобретение RU 2734834 от 23.10.2020, Бюл. № 30, Кулер для регулирования климата / Рогожкин В.В., Коленов Е.В., Горынин В.И., Шеволдин А.В.

[6] **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.

[7] **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. С. 23–35.

[8] **Кухлинг Х.** Справочник по физике. М.: Мир, 1982. 519 с.

[9] **Пристли С.Х.Б.** Турбулентный перенос в приземном слое атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1964. – 122 с.

[10] **Андреев А.О., Дукальская М.В., Головина Е.Г.** Облака: происхождение, классификация, распознавание. СПб.: Изд. РГГМУ, 2007. – 228 с.

[11] **Претор-Пинни Г.** Занимательное облаковедение. Учебник любителя облаков. М.: Livebook, 2015. 384 с.

[12] **Lohman U., Gasparini B.A.** Cirrus cloud climate dial? // Science. 2017. V. 357. Pp. 248–249.

[13] **Smith W., Wagner G.** Stratospheric aerosol injection tactics and costs in the first 15 2021s of deployment // Environmental Research Letters. 2018. V. 13. № 12. Art. 124001.

[14] **Ricke K., Drouet L., Kalderia K., Tavoni M.** Country-level social cost of carbon // Nature Climate Change. 2018. V. 8. Pp. 895–900.

[15] **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.

[16] **Горынин В.И., Кондратьев С.Ю., Оленин М.И.** Повышение сопротивляемости разрушению сталеи перлитного класса за счет микро- и наноструктурной трансформации карбидной фазы при дополнительном отпуске // Заготовительные производства в машиностроении. 2013. № 2. С. 42–48.

[17] 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 СПбГУ. Естественные и инженерные науки. 2018. Т. 24. № 2. С. 140–148.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

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

E-mail: vvrogozhkin@atomproekt.com

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

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 «Силовые 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

REFERENCES

[1] Par iz gradiren samoy bolshoy v Germanii atomnoy elektrostantsii «Gundremmingen». [Elektronnyy resurs]. URL: <https://cs5.pikabu.ru/postimg/big/2014/07/11/6/14050688391700831546.jpg>.

[2] N.O. Grigoryev, A.G. Sayenko, Otsenka prozrachnosti peristykh oblakov na osnove analiza sputnikovykh fotografiiy. – Materialy itogovoy sessii Uchenogo soveta. – SPb.: Izd. Rossiyskogo Gosudarstvennogo Gidrometeorologicheskogo Universiteta (RGGMU), 2005. – 224 s.

[3] D.P. Bepalov, A.M. Devyatkin, Yu.A. Dvogyuk, V.I. Kondratyuk, Yu.V. Kuleshov, T.P. Svetlova, S.S. Suvorov, V.I. Timofeyev, Atlas oblakov. – SPb: D'ART, 2011. – 248 s.

[4] Kameron Bekkaria, Globalnaya karta vetrov. 2018. [Elektronnyy resurs]. URL: <https://earth.nullschool.net/about>.

[5] Patent na izobreteniyе RU 2734834 ot 23.10.2020, Byul. № 30, Kuler dlya regulirovaniya klimata / Rogozhkin V.V., Kolenov Ye.V., Gorynin V.I., Shevoldin A.V.

[6] 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.

[7] 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. Т. 26. С. 23–35.

- [8] **Kh. Kukhling**, Spravochnik po fizike. M.: Mir, 1982. 519 s.
- [9] **S.Kh.B. Priestli**, Turbulentnyy perenos v prizemnom sloye atmosfery. – L.: Gidrometeoizdat, 1964. – 122 s.
- [10] Andreyev A.O., Dukalskaya M.V., Golovina Ye.G. Oblaka: proiskhozhdeniye, klassifikatsiya, raspoznaniye. SPb.: Izd. RGGMU, 2007. – 228 s.
- [11] **G. Pretor-Pinni**, Zanimatelnoye oblakovedeniye. Uchebnik lyubitelya oblakov. M.: Livebook, 2015. 384 s.
- [12] **U. Lohman, B.A. Gasparini**, Cirrus cloud climate dial? // Science. 2017. V. 357. Pp. 248–249.
- [13] **W. Smith, G. Wagner**, Stratospheric aerosol injection tactics and costs in the first 15 years of deployment // Environmental Research Letters. 2018. V. 13. № 12. Art. 124001.
- [14] **K. Ricke, L. Drouet, K. Kalderia, M. Tavoni**, Country-level social cost of carbon // Nature Climate Change. 2018. V. 8. Pp. 895–900.
- [15] **V.I. Gorynin, V.V. Rogozhkin, S.Yu. Kondratyev, Ye.B. Mishin, Ye.V. Kolenov, A.V. Shevoldin**, Kuler dlya regulirovaniya klimata – resheniye problemy pustyni // Materialovedeniye. Energetika. 2021. T. 27. № 2. S. 23–37.
- [16] **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.
- [17] **V.I. Gorynin, V.V. Rogozhkin, A.A. Lanin, A. Turkboyev**, Osobennosti proyektirovaniya i vybora materialov pri izgotovlenii blokov kondensera dlya proizvodstva prirodnoy presnoy vody // Nauchno-tehnicheskiye vedomosti SPbGU. Yestestvennyye i inzhenernyye nauki. 2018. T. 24. № 2. C. 140–148.

THE AUTHORS

ROGOZHNIKIN Vladimir V. – JSC "Atomproekt".

E-mail: vvrogzhkin@atomproekt.com

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

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

Статья поступила в редакцию 01.11.2021; одобрена после рецензирования 11.11.2021; принята к публикации 22.11.2021.

The article was submitted 01.11.2021; approved after reviewing 11.11.2021; accepted for publication 22.11.2021.