

УДК 620.92(045)

О СПОСОБЕ УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТОМ

Н.П. Кузнецов, В.И. Нифадьев, В.Ф. Гракович

Для снижения темпов всемирного потепления предлагается реализовать на практике идею по созданию в экваториальной зоне Земли солнечных электростанций, позволяющих осуществить рекуперацию солнечных тепловых потоков. Показана возможность организации массового производства элементов солнечных батарей на основе арсенид-галлиевых технологий в Российской Федерации.

Ключевые слова: глобальное потепление; солнечные батареи; КПД солнечных электростанций; арсенид-галлиевые солнечные батареи.

КЛИМАТТЫ БАШКАРУУ ЫКМАСЫ ЖӨНҮНДӨ

Н.П. Кузнецов, В.И. Нифадьев, В.Ф. Гракович

Бул макалада климаттын глобалдык жылуусунун темпин төмөндөтүү үчүн күндүн жылуулук агымдарын рекуперациялоону ишке ашырууга мүмкүндүк берүүчү Жердин экватордук зонасында күн электр станцияларын түзүү боюнча идеяны практикада жүзөгө ашыруу сунушталат. Россия Федерациясында арсенид-галлий технологияларынын негизинде күн батареяларынын элементтерин массалык түрдө өндүрүүнү уюштуруу мүмкүнчүлүгү көрсөтүлдү.

Түйүндүү сөздөр: глобалдык жылуулук; күн батареялары; күн электр станциялары; арсенид-галлий күн батареялары.

ABOUT METHOD OF COMBATING GLOBAL WARMING

N.P. Kuznetsov, V.I. Nifadiev, V.F. Grakovich

To reduce the rate of global warming practically, the idea of building solar power stations in the equatorial zone of the Earth is proposed. The power stations will be able to implement recuperation of solar thermal flow. The possibility of mass production of solar cells based on gallium arsenide technologies in the Russian Federation is shown.

Keywords: global warning; solar cells; efficiency of solar power stations; gallium arsenide solar cells.

Введение. Одной из главных проблем человечества является проблема изменения климата – всемирное потепление. При этом, изменение климата влияет на состояние сферической оболочки Земли, где возможны проявления тех или иных форм жизни. Особенно наглядно это проявляется на состоянии многолетней (вечной) мерзлоты в России.

Изменение климата в среднесрочной и долгосрочной перспективе [1, 2] сопровождается повышением температуры воздуха [3] и температуры вечномерзлых грунтов. Перечень клима-

тических воздействий, оказывающих значимое влияние на экологическое состояние территорий, является достаточно обширным [4]. Главные природно-климатические факторы, оказывающие влияние на современное изменение криозоны приведены в работе [5].

В работе [6] рассмотрена и обоснована методика оценки риска возникновения неблагоприятных экологических явлений в зоне вечномерзлых грунтов при прогнозируемых климатических изменениях. Выполнена количественная оценка риска при повышении средней температуры

до 1 градуса и при повышении контрастности температурного режима на территории. Показано, что рассмотренные климатические изменения приводят к существенному возрастанию рисков. Однако достоверность и адекватность даже таких оценок риска возникновения неблагоприятных экологических явлений зависит от механизма процессов изменения климата, от их динамики в ближайшее время и на перспективу.

Прогнозы о динамике неблагоприятных экологических явлений, обусловленных всемирным изменением климата зависят от достоверности используемой для расчета теоретической модели изменения климата и реальных процессов, характеризующих это глобальное явление.

1. Модели изменения климата. Анализ развития методов изучения климатических процессов приведен в работе [7]. Большинство методов анализа климатических процессов основано на общих физических законах, позволяющих количественно объяснить закономерности метеорологических режимов, например, на изучении теплового энергетического баланса земной поверхности и атмосферы. На основе этого подхода в 1955 г. был издан “Атлас теплового баланса”, включающий 66 мировых карт, характеризующих процессы преобразования солнечной энергии на земной поверхности. Результаты исследования по тепловому балансу используются в работах по генезису климата, прикладной климатологии и оценке влияния климатических факторов на различные природные процессы. Метод теплового баланса позволяет исследовать закономерности естественного изменения климата и производить оценку возможностей воздействия на него.

Наиболее крупные изменения климата, происходившие в геологическом прошлом, были связаны с изменениями термической зональности, при этом, в современной климатологии все еще нет общепринятых представлений о закономерностях протекания климатических процессов.

Используя карты суммарной радиации “Атласа теплового баланса” для декабря и июня, и карты изотерм за те же месяцы, можно оценить влияние радиационных факторов на термическую зональность. Причину существенного понижения температур летом в полярных широтах, по сравнению с экватором, можно объяснить, исходя из анализа теплового энергетического

баланса. Главной причиной понижения летних температур в высоких широтах является влияние ледяных покровов Северного Ледовитого океана и Антарктиды. Из-за высокой отражательной способности снега основная часть суммарной радиации в высоких широтах отражается, а поглощение радиации оказывается очень малым.

В работах Б. Барри [8] исследуется более комплексный подход к проблеме выявления причин изменения климата. Изучение солнечной активности, климата и тектонической активности Земли показало, что эти процессы изменяются синхронно при движении планет вокруг Солнца. От взаимодействия их гравитационных полей возникают синхронные колебания солнечных и планетарных процессов, периоды которых зависят от периодов обращения планет вокруг приведенного центра тяжести Солнечной системы от масс планет и их расстояния до Солнца. Размах колебаний солнечных и планетарных процессов зависит также и от внутренних процессов, протекающих в небесных телах.

Гравитационные поля тел Солнечной системы изменяют периодически солнечную и сейсмическую активность циркуляции воздушных и жидких масс Земли, которые формируют климатические колебания. Взаимодействие этих процессов объясняет все внутривековые потепления и похолодания климата, которые случались в последние 400 лет.

Таким образом, подход к оценке динамики климатических процессов по Б. Барри говорит о несостоятельности Киотского протокола, поскольку основные источники климатических колебаний находятся вне Земли. Более того, в работах Б. Барри утверждается, что современное потепление (1920–2035) – это результат сложения теплых фаз климатических колебаний с периодом 230, 500 и 1000 лет. Начиная с 2035 г., температура и природные условия постепенно придут к параметрам начала XX века. Б. Барри предлагает для блага человечества не решать проблему управления климатом для обеспечения повышения комфортности жизни на планете Земля, а адаптироваться к изменениям климата заранее в соответствии с прогнозными оценками.

Еще одной причиной изменения климата на Земле в справочнике по климату названы тепловые выбросы и выбросы (попадание)

различных веществ в биосферу или перераспределение их между различными средами (третья модель). Выбросы могут иметь естественные причины – извержения вулканов, выветривание горных пород, и антропогенные – выделение тепла при использовании энергии человеком, загрязнение биосферы излучением различных антропогенных источников [9]. Вода дольше, чем суша нагревается и медленнее остывает, поэтому зимние температуры в прибрежных зонах обычно выше, а заморозки случаются реже. Периодические проникновения теплового океанического течения Эль-Ниньо в высокие широты оказывает воздействие на климат этих широт, проявляющееся в ритмическом возникновении ливневых дождей на юге Южной Америки, а как следствие – эрозии почвы, гибели посевов.

Климатообразующими факторами также являются изменение свойств элементов климатической системы. Это изменение характера подстилающей поверхности за счет антропогенных (создание ирригационных систем, перераспределение водных масс, вспашка почв, изменение площадей лесных и сельскохозяйственных насаждений, урбанизация) и естественных (изменение площади снежного покрова, морского льда) причин, изменение состава и свойства атмосферы (ее прозрачности) за счет выброса аэрозольных частиц и различных веществ.

Таким образом, факторами, дестабилизирующими климат в соответствии с этой моделью, являются: 1) обогащение атмосферы парниковыми газами и создающими антипарниковый эффект аэрозолями серы; 2) обеднение атмосферы парами воды вследствие обезлесения и в какой-то мере из-за наличия нефтяной пленки в океане (водяной пар – главный генератор парникового эффекта, а облака – больше всего отражают солнечную радиацию); 3) увеличение отражательной способности земной поверхности (альбедо) из-за обезлесения и опустынивания; 4) снижение альбедо из-за появления озоновых дыр.

Четвертая модель – причиной изменения климата названа вариация космогонической теории Б. Барри – на климат Земли может влиять дрейф северного магнитного полюса, деформация электромагнитных полей вокруг нашей планеты. Даже незначительные на первый взгляд изменения физических характеристик отдельных зон планеты (тектонических плит) могут

оказывать существенное влияние на количество и силу землетрясений [10].

Управляя отмеченными выше факторами, дестабилизирующими климат, в том числе воздействуя на электромагнитные поля Земли, можно управлять климатом. Однако следует учитывать, что основной причиной изменения климата является нарушение энергетического баланса в ноосфере Земли [11].

2. Технические решения по управлению климатом Земли. Формирование погодных и климатических условий является результатом глобальной циркуляции воздушных масс, обусловленных неравномерностью прогрева земной поверхности и приземного воздушного слоя [12]. Изменение размеров площади облачных полей является главным фактором протекания термодинамических процессов в атмосфере, определяющих зарождение и эволюцию циклонов и антициклонов [13]. Исходя из этого, один из возможных способов борьбы с глобальным потеплением был предложен в начале 1970-х годов академиками Ю.А. Израэлем и М.И. Будыко, который состоит в рассеивании аэрозоля, например, сульфатного, для защиты планеты от солнечного излучения [14]. Добавляя в атмосферу дополнительные химические соединения в виде аэрозолей, можно не только снизить температуру приземных слоев атмосферы, но и непредсказуемо изменить динамику природного круговорота. Лауреат нобелевской премии по химии П. Дж. Крутцена считает, что распыление аэрозоля в атмосфере может рассматриваться как крайняя мера в борьбе с катастрофическими последствиями экстремально потепления.

Поэтому необходимы способы, основанные на более эффективных решениях, например, на использовании физических, а не химических эффектов. Примером реализации такого способа являются эксперименты по вмешательству в атмосферу Земли Николы Теслы. В настоящее время разновидностями физического воздействия на атмосферу является использование различных видов плазменных и лазерных пушек с использованием СВЧ-, УВЧ- и НЧ-волн. Однако и в этом случае нарушение природной гармонии всех слоев атмосферы и соответствующее воздействие на климат способны привести к непредсказуемым последствиям.

Известные способы физико-механического воздействия на процесс, являющиеся региональными (локальными) проявлениями изменения климата, это геоинженерные технологии, варианты которых рассматриваются уже более 100 лет. В 20-х годах прошлого века Герман Зергель предложил создать гигантскую электростанцию в Гибралтарском проливе. Аналогично и Бил Гейтс совместно с НАСА разрабатывает машину для распыления морской воды, которая помогла бы предотвратить образование в Атлантическом океане торнадо и ураганов, регулярно разрушающих восточное побережье США. Подобные машины могут поглощать до десяти тонн воды в секунду, а затем распылять ее в воздухе на высоту более километра, увеличивая плотность облаков. Реализация такого способа позволит смягчить воздействие Атлантики на побережье США. Но для работы машин, установленных почти на 2000 судах, потребуется большое количество энергии и большое количество финансовых средств. Недостатком способа Билла Гейтса является и непредсказуемость последствий такого решения: как оно скажется на морских течениях в Атлантическом океане, на Гольфстриме, например. Бил Гейтс довольно активно продвигает свой проект, но именно в последние годы резко изменились параметры Гольфстрима. Оба отмеченных выше проекта основаны на использовании для борьбы с региональными изменениями климата механизмов локального (регионального) воздействия на мировой океан в отдельных его зонах [15–17].

Для уменьшения отражательной способности поверхности Земли доктор Джейсон Бокс предлагает снизить скорость таяния ледников, накрыв их отражательными одеялами. Известно также предложение профессора Роджера Анхела о постройке огромного солнечного щита площадью в 250 тысяч км², состоящего из множества линз. С технической точки зрения оба эти способа крайне сложно выполнить, причем солнечный щит позволит снизить интенсивность солнечного излучения всего лишь на 2 %, а стоит это будет более 350 трлн долл. США.

Таким образом, рассмотренные выше способы воздействия на климат и погоду носят односторонний характер: выделяется только один фактор, один механизм, на который и делается упор. Это либо снижение поступления солнечного

излучения, достигающего земной поверхности, либо увеличение отражающей способности поверхности и “отправка” солнечного излучения обратно в атмосферу и далее в космос. Но во втором случае отражательным излучением все равно будет дополнительно прогреваться (нагреваться) атмосфера и фактически в обоих случаях человечество должно отказаться от избыточного солнечного потока. Но этот поток является основой жизни на Земле: за день человечество сейчас сжигает столько органического топлива, которое является результатом “работы” Солнца, на “производство” которых природа потратила 1000 лет [18].

Для глобального решения проблемы изменения климата необходимы глобальные проекты, которые позволили бы отводить с поверхности планеты более значимые потоки энергии, соизмеримые с такими природными явлениями, как океанские течения, то есть, для такого охлаждения планеты Земля необходимы соответствующие “радиаторы”. Однако при наличии таких радиаторов возникнет проблема утилизации отводимого из атмосферы тепла. При этом, утилизация тепла может быть произведена путем преобразования отводимого с помощью радиаторов тепловой энергии, например, в электрическую: использование технологий солнечной энергетики может решить эту проблему [19]. Это позволит снизить потребление углеводородного сырья, снизит выбросы CO₂ в атмосферу. Для солнечной энергетики, основанной на использовании солнечных батарей, эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую определяется КПД солнечной батареи. Именно массовое использование солнечных батарей с высоким КПД позволит создать подобные “радиаторы” отвода тепла из атмосферы Земли.

3. Комплексный способ борьбы с всемирным потеплением. Основой солнечных электростанций являются солнечные батареи. Солнечные батареи на основе полиаморфного кремния имеют КПД не более 20–25 %. Для солнечных элементов на основе GaAs с полупроводниковым гетеропереходом КПД превышает 25 %. Работами Ж. Алферова, лауреата Нобелевской премии, показано, что КПД солнечных батарей на основе арсенида галлия за счет многослойных структур можно довести до 60..80 %. Использование

в наземных условиях солнечных батарей в составе солнечных электростанций с таким высоким КПД и при больших их площадях (десятки тысяч квадратных километров), позволяет создать “глобальные радиаторы” для отвода тепла с поверхности земного шара. Фактически, несмотря на относительно большие площади, отводимые под строительство таких электростанций на основе арсенид-галлиевых батарей, такая электростанция будет являться мощным, но в масштабах Земли локальным полюсом холода. Для строительства глобальной солнечной электростанции необходимо отчуждать значительные площади, поэтому целесообразно располагать такую электростанцию вблизи экватора в зоне пустынь. За последние сотни и даже тысячи лет на Земле установился своеобразный погодный (климатический) баланс, в том числе с учетом двух земных географических полюсов, с учетом смены времен года. Появление в такой динамической системе дополнительных, пусть и менее значимых, чем географические полюса, “радиаторов” (поглотители тепла в виде глобальных солнечных электростанций) усложнит динамические процессы в гидросфере и атмосфере, но может создать своеобразное регулирующие звенья в климатической системе. Тем самым, предлагаемый способ управления климатическими процессами на поверхности земного шара, состоящий в строительстве нескольких глобальных солнечных электрических станций, позволяет не только отвести из атмосферы Земли значительные тепловые потоки, но и получить значительные ресурсы электрической энергии. В результате на земном шаре можно будет получить несколько точек реального воздействия на глобальные тепло-массообменные процессы. Такое техническое решение позволит дополнительно снизить количество CO_2 , поступающего в атмосферу при сжигании углеводородного (органического) сырья.

Известны также технические способы воздействия на атмосферу, основанные на использовании электричества и способы, заключающиеся во внесении в атмосферу в месте сосредоточения облачности реагентов. При этом применение различных средств, обеспечивающих доставку реагентов в зону распыления, например, ракет или воздушного транспорта, потребует значительных материальных затрат,

в том числе за счет стоимости оборудования для пуска средств доставки реагентов, самих реагентов, систем управления, установок и т. д. [20]. К существенному недостатку такого способа следует отнести ухудшение экологии окружающей среды, связанное с применением различных вредных реагентов, выпадающих в зоне их применения.

Наиболее перспективным способом воздействия на атмосферу являются электрические заряженные частицы, источником генерации которых служат коронирующие провода. Более приемлемым является размещение коронирующих проводов непосредственно на земле, в зонах постоянной защиты от воздействий атмосферных образований на те или иные объекты [21]. Все без исключения способы воздействия на атмосферу основаны на непосредственном внесении реагентов или подаче потоков электрических частиц в атмосферные образования.

По патенту РФ на изобретение № 2084128 [22] предлагается управлять воздействием потока электрических частиц в момент обнаружения надвигающегося фронта облачности. Одновременно формируют дополнительные потоки электрических заряженных частиц, направляя их в зоны атмосферы, смежные с указанной, и свободные от атмосферных образований. В соответствии с [22] потоком электрически заряженных частиц производится расширение части атмосферы над охраняемой зоной с формированием как восходящих, так и горизонтальных потоков воздушной среды, разрушающих надвигающийся фронт облачности вне охраняемой зоны, являясь преградой его дальнейшего продвижения. Однако основным недостатком этого способа является невозможность использования его для интенсификации процесса дождеобразования.

Для более эффективного использования солнечных электростанций, строительство которых целесообразно осуществлять в зоне пустынь, можно использовать часть энергии, производимой электростанциями, для активирования образования регулярных осадков в зоне электростанций, что позволит произвести озеленение значительных площадей. Это существенно ускорит процесс утилизации CO_2 в атмосфере, поскольку за последние десятилетия площади под лесами значительно сократились.

Проблема образования осадков, в том числе и в засушливых районах не исключая пустыни, может быть решена при использовании предназначенных для активного воздействия на облака тех или иных способов. Один из таких способов – воздействие на атмосферу над заданным районом электромагнитного излучения, но наиболее эффективен этот способ для рассеивания тумана. Импульсы возмущающего поля являются только спусковым механизмом для создания локальных неустойчивостей в атмосфере и, как следствие, они находятся под влиянием мощного потока заряженных частиц солнечного ветра [23]. Было обнаружено, что районы, над которыми появляются новые, либо активизируются существующие очаги осадкообразования, обычно расположены в том месте Земли, которое в момент начала воздействия оказывается в соответствующем ему центре ночной стороны Земли.

Формирование возмущающего электромагнитного поля в виде луча и направление его в область ионосферы над заданным районом приводит к выпадению осадков только над этим районом. Отмеченный эффект использован в патенте РФ на изобретение № 2058071 [24]. Реализация способа позволяет более чем в 1000 раз сократить затраты на искусственное вызывание осадков над заданными районами, причем для этого достаточно использовать небольшие по интенсивности электромагнитные поля. Осадки можно вызывать даже над районами, в пределах которых наблюдается сильная засуха, либо лесные пожары. Предложенный способ дистанционного изменения погоды был использован в 1992 г. по заявкам из разных районов России и Казахстана. В результате было установлено, что способ позволяет не только увеличивать количество осадков над конкретными районами площадью в несколько миллионов гектаров, но и получить значительный экономический эффект от их своевременного выпадения.

Таким образом, для эффективного управления (воздействия) на процессы всемирного потепления необходим комплексный подход: отводить из атмосферы лишнее тепло, утилизировать тепло путем преобразования его в электрическую энергию, повышать выпадение осадков в зоне расположения объектов глобальной солнечной энергетики для озеленения прилегающих регионов. Цель может быть достигнута пу-

тем создания в пустынных областях нескольких солнечных электростанций сверхбольшой мощности каждая, в экваториальном поясе планеты шириной от 30° ю.ш. до 30° с.ш. и на угловом расстоянии друг от друга по долготе в 120°.

Этот способ управления климатом оформлен заявкой на изобретение [25]. Экономическая эффективность реализации способа во многом определяется стоимостью строительства солнечных электростанций, именно эти аспекты подробно рассмотрены в работе [26].

4. Анализ проблем строительства глобальных солнечных электростанций. В работе [26] отмечается, что строительство отдельной солнечной электростанции будет зависеть от площади отчуждения земель и их стоимости, от стоимости одного ватта энергии, получаемой на электростанции. Стоимость отдельной солнечной батареи определяется снимаемой с нее мощностью. Один ватт электрической энергии, получаемой с помощью солнечных батарей на основе полиаморфного кремния, составляет порядка 2 долл. При сооружении таких глобальных электростанций необходимы многослойные чипы на основе редкоземельных элементов, например, на основе арсенида галлия. Стоимость панели солнечной батареи на основе арсенида галлия для выработки одного ватта электрической энергии доходит до 5 долларов.

В работе [26] также отмечено, что наибольший интерес для международного сотрудничества в борьбе с всемирным потеплением представляет предложенный в конце прошлого века проект создания глобальной солнечной энергетической системы [27, 30] с солнечными батареями на основе полиаморфного кремния, параметры которой представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры глобальной энергетической системы

Параметры	Величина
Объем производства электроэнергии в глобальной энергетике	Порядка 20000 ТВт ч/год
КПД солнечных электростанций	Не менее 25 %
Срок службы солнечных модулей электростанций	50 лет
Стоимость солнечных фотоэлектрических модулей	Менее 1000 долл/кВт

При этом, для обеспечения необходимого объема производства электроэнергии предполагалось создать три солнечных электростанции мощностью 2,5 ТВт, площадью 190×190 км² каждая. В качестве регионов расположения солнечных электростанций предложены пустыни Мексики, север Африки и Австралии.

Наиболее распространенные материалы для элементов солнечных батарей – Si, Ga. Для солнечных элементов из кремния со структурой, имеющей электронно-дырочный переход, при освещении в земных условиях КПД достигает 15...25 %. Для солнечных элементов на основе GaAs с полупроводниковым гетеропереходом КПД превышает 25 %.

Рост КПД солнечных батарей солнечных электростанций позволит значительно сократить площадь отчуждаемых территорий под их строительство, увеличить количество регионов, где их можно разместить, например, в пустынях Средней Азии и Монголии. Увеличение количества электростанций позволит увеличить эффективность управления процессами теплоотвода из атмосферы, а, соответственно управление климатом.

КПД солнечных батарей на основе арсенида галлия за счет использования многослойных структур можно довести до 60...80 % и выше, что делает их более перспективными для солнечных электростанций. Использование солнечных батарей с таким высоким КПД при больших площадях солнечных электростанций (десятки тысяч квадратных километров) позволяет создать “глобальные радиаторы” для отвода тепла с поверхности земного шара.

Результаты расчетов, приведенные в работе [26], показывают, что для строительства трех солнечных электростанций для глобальной энергетической системы необходимо порядка 6 трлн долл., а уточненный расчет для 6 подобных электростанций составляет 16 трлн долларов. Тем самым, этот проект в 20 с лишним раз менее затратный, чем предложение профессора Роджера Анхела.

В работе [26] рассмотрены аспекты реализации проекта по массовому производству солнечных батарей в России. Для этого необходимо решить несколько взаимосвязанных задач: а) организационно-технические; б) сырьевые; в) финансовые. В работе изложена концепция

производства солнечных батарей. Для строительства глобальных солнечных электростанций в течение 10 лет необходимо производить не менее 600 т высокочистого мышьяка в год. Производство монокристаллов и пластин арсенида галлия, используемых в качестве подложки для выращивания тела фотоэлемента, включая полупроводниковый (легированный и нелегированный) и легированный теллуром, цинком, кремнием, оловом, увеличенного диаметра (до 150 мм), ориентируясь, прежде всего, на малодислокационный материал, следует организовать на базе методов Чохральского и Бриллемена.

В работах [28, 29] изложены проблемы разработки технологии производства высокочистого мышьяка и его соединений квалификации 6N (99,9999 масс %) и 7N (99,99999 масс %) из продуктов детоксикации люизита. Там же приведены результаты опытной отработки блочно-модульных установок по производству химически чистого мышьяка с мощностью модуля в 4 тонны/год особо чистого продукта марки 6N и 300 кг/год марки 7N.

В зависимости от финансовых возможностей и с учетом потребительского спроса (внутреннего и внешнего) количество производственных модулей по выпуску высокочистого мышьяка может быть тиражировано, а номенклатура изделий может быть существенно расширена.

Исходя из особенностей структуры, в рамках перепрофилирования объектов по уничтожению химического оружия в РФ на производственных площадях объектов целесообразно организовать не только производство химически чистого мышьяка, но и организовать выращивание арсенид-галлиевых кристаллов и их обработку, а также непосредственную сборку арсенид-галлиевых солнечных батарей [30].

Использование в производстве солнечных арсенид-галлиевых солнечных батарей пленочных технологий позволит значительно упростить и удешевить их конструкции. Некоторые конструктивно-компоновочные схемы солнечных батарей рассмотрены в работе [29].

Выводы. Таким образом, для борьбы с глобальным потеплением необходимо повысить эффективность отвода тепла из атмосферы, например путем рекуперации солнечной энергии. Многослойные чипы солнечных батарей на основе арсенида галлия позволяет довести

КПД до 60–80 %. Если предположить, что эффективность использования отчуждаемых для подобных электростанций площадей земной поверхности равна 0,5 и при мощности солнечного света, падающего на 1 м², порядка 1 кВт, мощность отдельной такой электростанции, рабочие элементы которой изготовлены на основе многослойной арсенид-галлиевой технологии будет составлять $1,5...2 \times 10^{13}$.

Воздействие одной такой электростанции на атмосферные процессы будет соответствовать по мощностным параметрам ядерному взрыву мощностью более 10 мегатонн. Причем такое воздействие будет постоянным, а не единичным, как при взрыве бомбы. Оценить (смоделировать) воздействие такой отдельной электростанции на погодные и климатические процессы можно по моделям, предложенным в 80-х годах прошлого века академиком Н. Моисеевым для описания так называемой ядерной зимы на Земле в случае массового использования ядерного оружия. Глобальные заборы тепловой энергии приведут к мощным и устойчивым потокам атмосферного воздуха, которым можно будет управлять, поскольку на земном шаре будет несколько таких электростанций, да и интенсивность отбора тепловой энергии для каждой такой электростанции является управляемым параметром. Угроза использования таких электростанций для ведения климатических войн является незначительной [31], поскольку модели функционирования подобных объектов весьма быстро выявят несанкционированные действия по вмешательству в работу электростанций. В случае неповиновения мировому сообществу, например ООН, электростанции могут быть достаточно легко выведены из строя.

Литература

1. Киктев Д.Б. Тренды в полях годовых экстремумов осадков и приземной температуры во второй половине XX века / Д.Б. Киктев, Д.М. Секстон, Л.В. Александер, К.К. Фолланд // Метеорология и гидрология. 2002. № 11. С. 13–24.
2. Груза Г.В. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова. М.: Из-во ФГБУ «ВНИИГМИ – МЦД», 2012. 195 с.
3. Кириллина К.С. Оценка современных климатических изменений температуры воздуха на территории Республики Саха (Якутия) / К.С. Кириллина, В.А. Лобанов // Ученые записки Российского госуд. гидрометеорологического ун-та. 2015. № 38. С. 137–151.
4. Якубович А.Н. Концептуальные основы моделирования самовосстановления экосистем Крайнего Северо-Востока России, нарушенных при сооружении временных автодорог / А.Н. Якубович, И.А. Якубович, В.И. Рассоха // Вестник Оренбургского госуд. ун-та. 2012. № 10. С. 182–186.
5. Анисимов О.А. Оценка роли природно-климатических факторов в изменении криолитозоны России / О.А. Анисимов, А.Б. Шерстюков // Криосфера Земли. 2016. Т. XX. № 2. С. 90–99.
6. Трофименко Ю.В. Моделирование нарушения экологического состояния придорожных территорий криолитозоны России в условиях изменения климата / Ю.В. Трофименко, А.Н. Якубович // Экология промышленного производства. 2017. № 1. С. 41–47.
7. URL: http://big-archive.ru/geography/development_and_transformation_on – Изменение климата и пути его преобразования.
8. URL: http://geoberry.ru/ypravlenie_klimatom.html – Управление климатом, его прошлое и будущее / Борис Бери.
9. URL: <http://ru-ecology.info/term/54508/> – Экология. Справочник.
10. Дреп М.С. Влияние положения Земли в Солнечной системе на количество и силу землетрясений / М.С. Дреп // Экология промышленного производства. 2017. № 1. С. 27–33.
11. Колоев Т.А. Некоторые вопросы глобальной климатологии и предсказания климатических катастроф / Т.А. Колоев, М.С. Дреп // Экология промышленного производств. 2017. № 3. С. 56–59.
12. Лоренц Э.Н. Природа и теория общей (энергетика) циркуляции в атмосфере / Э.Н. Лоренц. М.: Гидрометеиздат, 1970.
13. Борисенко Е.П. Состояние и проблемы энергетика атмосферных процессов. Проблема современной метеорологии / Е.П. Борисенко. Л.: Гидрометеиздат, 1970.
14. URL: <http://elementy.ru/lib/430976?context=30-341127> – Мелешко В.П. Опасный соблазн. Воздействие на климат в борьбе с глобальным потеплением / В.П. Мелешко, В.М. Катцов, И.Л. Кароль // Экология и жизнь. 2010. № 2.

15. *Барнетт*. Роль океанов в глобальной климатической системе // *Изменение климата: сборник*. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 209 с.
16. *Петросянц М.А.* Об определении явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья / М.А. Петросянц, Д.Ю. Гущина // *Метеорология и гидрология*. 2002. № 8. С. 24–35.
17. *Семенов Е.К.* Грандиозные последствия далекого “Эль-Ниньо” / Е.К. Семенов // *Россия в окружающем мире – аналитический ежегодник*. М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. С. 197–213.
18. *Котиков Ю.Г.* Транспортная энергетика: учеб. пособие для студ. вузов / Ю.Г. Котиков, В.Н. Ложкин; под ред. Ю.Г. Котикова. М.: Изд. центр “Академия”, 2006. 272 с.
19. *Стребков Д.С.* Новые экологически чистые энергетические технологии / Д.С. Стребков, П.П. Безруких // *Всероссийский энергетический форум “ТЭК России в 21 веке. Актуальные вопросы. Стратегические ориентиры”*, Москва, 18–19 декабря 2002 г.: сб. докладов. М., 2002. С. 95–98.
20. *Библашвили Н.Ш.* Руководство по организации и проведению противорадиационных работ / Н.Ш. Библашвили и [др.] Л.: Гидрометеиздат, 1981.
21. *Качурин П.Г.* Физические основы воздействия на атмосферные процессы / Л.Г. Качурин. Л.: Гидрометеиздат, 1978.
22. Патент РФ на изобретение № 2084128. МПК E 01 H 13, A 01 G 15. Способ воздействия на атмосферу / А.А. Палей, В.И. Уйвоо.
23. *Нуждина М.А.* Реакция тропосферы на прохождение пятен через центральный меридиан / М.А. Нуждина, Н.А. Баркова // *Солнечные данные*. 1983. № 7. С. 105–112.
24. Патент РФ на изобретение № 2058071. МПК E 01 H 13, A 01 G 15. Способ активного воздействия на атмосферу / А.Ф. Смирнов.
25. Заявка на предполагаемое изобретение № 20-14128421/13(045984). Способ воздействия на глобальные циркуляции с целью управления климатом. МПК А 01 G 15/ В.Ф. Гракович, М.Ч. Залиханов, Н.П. Кузнецов. Заявл. 10.07.2014.
26. *Залиханов М.Ч.* Об одном способе борьбы с всемирным потеплением / М.Ч. Залиханов, В.Ф. Гракович, Н.П. Кузнецов, В.А. Федоров // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2011. № 2(18). С. 143–254.
27. *Strebkov D.S.* Global solar power system / D.S. Strebkov, A.E. Irodionov // *Eurosun – 2004*. Freiburg, Germany. 14 Intern. Sonnenforum 2004. Vol. 2. P. 336–343.
28. *Ахмадуллин И.Б.* Конверсионная утилизация вооружений и военной техники: инженерные аспекты: в 2 ч. Ч. 1. Концепция конверсионной утилизации и сферы применения утилизируемой военной техники по новому назначению / И.Б. Ахмадуллин, Г.Н. Безруков, Е.В. Бухтулова, М.Ч. Залиханов, А.И. Краснянский, Н.П. Кузнецов, М.Г. Кургузкин, В.В. Середина, П.М. Фомин; под общ. ред. Н.П. Кузнецова. М.–Ижевск: Ин-т компьютерных исследований НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2017. 632 с.
29. *Ахмадуллин И.Б.* Конверсионная утилизация вооружений и военной техники: инженерные аспекты: в 2 ч. Ч. 2. Структура комплексов вооружений и военной техники и варианты их конверсионной утилизации / И.Б. Ахмадуллин, Г.Н. Безруков, Е.В. Бухтулова, М.Ч. Залиханов, А.И. Краснянский, Н.П. Кузнецов, М.Г. Кургузкин, В.А. Федоров; под общ. ред. Н.П. Кузнецова. М.–Ижевск. Ин-т компьютерных исследований НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2017. 612 с.
30. *Гракович В.Ф.* Обоснование Федеральной Целевой программы “Перепрофилирование объектов уничтожения химического оружия” / В.Ф. Гракович, М.Ч. Залиханов, Н.П. Кузнецов, А.И. Салтыков // *Экология промышленного производства*. 2016. № 1. С. 3–12.
31. *Карпов В.В.* Управляемые природные катаклизмы как перспективное средство противоборства в войнах XXI века / В.В. Карпов. М.: ВА РВСН, 2008.