***

V. A. Alekseev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University
E. M. Kozachenko, Candidate for a Degree, Izhevsk State Technical University
S. I. Yuran, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University

Automatic Installation for Elimination of Emergency Emission in Sewage Filtration Systems

Automatic installation for elimination of emergency emission of polluting substances in sewage filtration systems based on the control of optical density of water environment is considered. In case of emission occurrence a control signal is generated which activates latches, located on the pipeline and pipe bend. As a result, polluted water in due time goes through the bend to a sediment chamber for recycling that increases service life of filters.

Keywords: emergency emission of polluting substances, monitoring, optical density, optoelectronic sensor, speed of liquid flow, cleaning filter

Получено: 02.11.11

УДК 620.92(045)

М. Ч. Залиханов, академик РАН
В. Ф. Гракович, доктор технических наук
Государственная Дума, Москва
Н. П. Кузнецов, доктор технических наук, профессор
Ижевский государственный технический университет
В. А. Федоров, доктор химических наук, профессор
Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ БОРЬБЫ С ВСЕМИРНЫМ ПОТЕПЛЕНИЕМ

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 арсенидгаллиевых технологий на базе объекта по уничтожению люизита в пос. Камбарка Удмуртской Республики путем его перепрофилирования. При этом в качестве исходного сырья для получения химически чистого мышьяка предлагается использовать реакционные массы, полученные в результате уничтожения люизита.

Ключевые слова: глобальное потепление, солнечные батареи, КПД солнечных электростанций, арсенидгаллиевые солнечные батареи, люизит, управление климатом

Рост солнечной активности, измененение геомагнитного поля Земли, вмешательство человека в природные процессы, изменение характеристик и параметров глобальных океанических течений (например, Гольфстрим) приводит к ежегодному росту природных катастроф (тайфуны, ураганы, цунами и т. д.), а в конечном итоге к изменению климата на Земле, глобальному потеплению [1–4]. Этому способствует и интенсивный рост энергопотребления, в том числе за счет углеводородного сырья, сжигание которого приводит к усилению парникового эффекта. Парниковый эффект приведет к таянию метаносодержащих льдов вечной мерзлоты

© Залиханов М. Ч., Гракович В. Ф., Кузнецов Н. П., Федоров В. А., 2011

в северных районах Сибири и к дальнейшей интенсификации парникового эффекта и процессов глобального потепления. Аномальная жара в Европе летом 2010 г., аномально высокая температура в Восточной Европе в апреле 2011 г. явно указывают на своеобразный «перегрев» поверхности планеты и о необходимости расширения таких энергопроизводящих технологий, которые бы исключали выбросы в атмосферу тепла и парниковых газов, что наиболее характерно для теплоэнергетики. Одной из альтернатив теплоэнергетики были атомные электрические станции, но развитие этой области энергетики будет резко остановлено в ближайшее время из-за аварии АЭС в г. Фокусима [5, 6].

Социальные волнения на севере Африки и Ближнем Востоке наводят на мысль, что одной из основных целей этих «революционных движений» является передел рынков углеводородного сырья. В конце концов эти процессы могут закончиться резким увеличением потребления углеводородного сырья и усугублением экологической нагрузки на окружающую среду.

Таким образом, можно констатировать, что в настоящее время нет масштабных проектов, направленных на борьбу с уже наступившим глобальным потеплением: все существующие технические решения, например снижение выбросов в атмосферу парниковых газов, могут только продлить агонию по переходу к новым климатическим условиям с недопустимо высокими для комфортной жизни человека температурами окружающей среды. Нет эффективных технологий борьбы с последствиями природных катастроф, нет отработанных технологий, предотвращающих такие катастрофы.

Для решения некоторых составляющих этой проблемы предлагаются различные проекты. Так, Билл Гейтс, например, финансирует геоинженерный проект по созданию искусственных облаков, препятствующих глобальному изменению климата [7]. Однако этот проект не только является многозатратным, но и имеет плохо предсказуемые последствия. Суть проекта Гейтса заключается в размещении в водах Мирового океана множества насосов, которые осуществляли бы искусственное охлаждение верхних слоев воды: одни насосы должны закачивать теплую воду с поверхности океана на глубину, а другие, наоборот, качать холодную воду из глубины и распространять ее по поверхности океана. Предполагается этот процесс осуществлять в зоне возможного зарождения очередного урагана. Но предугадать образование урагана, по мнению крупного специалиста по ураганам Уильяма Грея, можно лишь за два-три дня, а в течение этого времени перекачать необходимое количество воды технически и экономически очень сложно: для работы насосов нужна энергия. Более того, такая технология позволит, возможно, защитить только побережье США от ураганов, но неизвестно, как она скажется при ее реализации в каждом конкретном случае на погодных условиях в других регионах Земли [8–10].

В технологии Билла Гейтса фактически происходит локальное, с точки зрения планетного масштаба, перераспределение тепловых потоков. Для глобального решения проблемы потепления климата необходимы глобальные проекты, которые бы позволяли отводить с поверхности планеты более значимые потоки энергии, соизмеримые с такими природными явлениями, как океанские течения, т. е. для своеобразного охлаждения планеты Земля необходим соответствующий «радиатор».

Для технической реализации такого «всепланетного радиатора» должны быть использованы достижения мировой энергетики. В свою очередь, основными перспективными направлениями развития мировой энергетики являются:

• переход от энергетики, основанной на ископаемом топливе, к бестопливной энергетике с использованием возобновляемых источников энергии [11];

• распределенное производство энергии на региональном уровне, совмещенное с локальными потребителями энергии;

• создание глобальной солнечной энергетической системы [12].

Наибольший интерес для международного сотрудничества в борьбе с всемирным потеплением представляет предложенный в конце прошлого века проект создания глобальной солнечной энергетической системы, параметры которой представлены в таблице.

Параметр	Величина
Объем производства электроэнергии в глобальной энергосистеме	Порядка 20 000 ТВт · ч/год
КПД солнечных электростанций	Не менее 25 %
Срок службы солнечных модулей электростанций	50 лет
Объем производства солнечных модулей электростанций	100…300 ГВт/год
Объем производства солнечного кремния	$1…3\times10^6$ т/год
Стоимость солнечных фотоэлектрических модулей	Менее 1000 долл./кВт

Оценка, приведенная в таблице, относится к солнечным батареям на основе полиаморфного кремния, однако на практике КПД таких батарей меньше, чем 20 %. При этом предполагалось создать три солнечные электростанции мощностью 2,5 ТВт, площадью 190×190 км^2 каждая. Солнечные электростанции предполагалось устанавливать в экваториальном поясе планеты шириной от 30º ю. ш. до 30º с. ш. на угловом расстоянии друг от друга по долготе в 120º. В качестве таких зон для размещения солнечных электростанций предлагается избрать Мексику, Север Африки и Австралию.

Солнечная батарея – батарея солнечных элементов, каждый из которых является полупроводниковым фотоэлектрическим генератором, непосредственно преобразующим энергию солнечной радиации в электрическую. Действие солнечных элементов (СЭ) основано на использовании явления внутреннего фотоэффекта. Первые солнечные элементы с КПД преобразования порядка 6 % были созданы в США в 1953–1954 гг. Г. Пирсоном, К. Фуллером, Д. Чаплиным.

Энергетические характеристики солнечных батарей определяются полупроводниковым материалом, конструктивными (структурными) особенностями солнечных элементов в батарее. Наиболее распространенные материалы для солнечных элементов Si, Ga. Для солнечных элементов из кремния со структурой, имеющей электронно-дырочный переход, при освещении в земных условиях КПД достигает 15…18 %. Для солнечных элементов на основе GaAs с полупроводниковым гетеропереходом КПД превышает 25 %.

Конструктивно солнечные батареи обычно выполняются в виде плоской панели из солнечных элементов, защищенных прозрачными покрытиями. Число солнечных элементов в батарее может достигать нескольких сотен тысяч, площадь панели – десятков м^2, напряжения – десятков В, генерируемая мощность – несколько десятков кВт.

В настоящее время ежегодная потребность только Западной Европы в солнечных батареях составляет сотни тысяч квадратных метров. В последние годы эта потребность удовлетворяется поставками из Китая, причем основой солнечных батарей является кремний. Поставляемые панели солнечных батарей имеют размеры 1580×808×45 мм, вес 150 Н и производят 175 Вт электричества. Стоимость панели 2,8…2,9 долл. за 1 Вт.

Поскольку КПД солнечных батарей на основе GaAs значительно выше, чем на основе Si, солнечные батареи первого типа являются более перспективными для использования с целью борьбы со всеобщим потеплением.

Выполняемые в последние годы исследования, в том числе под руководством академика РАН, лауреата Нобелевской премии Ж. Алферова, показывают, что КПД солнечных батарей на основе арсенида галлия за счет многослойных структур можно довести до 60…80 %, что делает перспективным использование таких солнечных батарей в космосе. Использование в наземных условиях солнечных батарей с таким высоким КПД и при больших площадях солнечных электростанций (десятки тысяч квадратных километров) позволяет создать «глобальные радиаторы» для отвода тепла с поверхности земного шара. С другой стороны, увеличивая КПД отдельного элемента солнечной батареи и используя концентраторы солнечного света, можно существенно уменьшить площадь чувствительных элементов (чипов) солнечных батарей, которые являются наиболее дорогой составляющей солнечной батареи.

Существенным дополнением к суммарной мощности всепланетной системы рекуперации тепловой солнечной энергии явилось бы создание нескольких десятков так называемых национальных солнечных электростанций. Такие электростанции могут быть созданы на территории отдельных государств, заказчиками строительства выступили бы сами эти государства. Однако принятые международные соглашения позволяют организовать централизованное производство унифицированных солнечных батарей в какой-либо отдельной стране. Авторы настоящей статьи считают, что для этого наиболее подходит Россия.

Ниже рассмотрены некоторые аспекты реализации проекта по массовому производству солнечных батарей в России, для этого необходимо решить несколько взаимосвязанных проблем:

а) организационно-техническая;

б) сырьевая;

в) финансовая.

Состояние и перспективы производства солнечных батарей на основе арсенида галлия в России

В настоящее время в мире наблюдается устойчивый рост потребления арсенида галлия, используемого для производства различных классов полупроводниковых приборов. Важнейшие области использования арсенида галлия – изделия микро- и оптоэлектроники, приборы с высоким быстродействием от транзистора до сверхскоростных интегральных схем с плотностью до 10 000 элементов на кристалл, системы гелиоэнергетики (солнечные батареи), устройства ИК- и лазерной техники, волоконной оптики.

Мировой рынок арсенида галлия. В настоящее время ежегодный объем продаж электронных полупроводниковых компонентов на основе соединений $A^{III}B^{V}$ составляет 15…20 млрд долл. Темпы роста 15…30 % в год. Наиболее привлекательными рыночными областями являются: сотовые телефоны, цифровые персональ-

ные коммуникационные системы, локальные сети, спутники, широкополосные тюнеры, автомобильные датчики и сложные космические системы. Такие направления, как высокоскоростная вычислительная техника и волоконно-оптическая связь, также обеспечивают значительный спрос на арсенидгаллиевые ИС и ССИС (сверхскоростные ИС) с уникальными характеристиками телекоммуникационных систем, работающих на частоте выше 2,5 ГГц. Пока в относительно незначительном количестве арсенид галлия используется для производства солнечных батарей в интересах космических агентств.

Основными сырьевыми компонентами для производства элементов солнечных батарей, как следует из выше сказанного, являются особо химически чистые галлий и мышьяк.

Производство высокочистого мышьяка. В настоящее время в мире объемы выпуска высокочистого мышьяка квалификации 99,9999 мас.% (6N) на базе традиционного сырья – мышьяковистых руд – составляют 220…250 т/год и достаточны для покрытия его потребности. Средний уровень цен на мышьяк 6N 320…400 долл./кг.

В нашей стране производство высокочистого мышьяка отсутствует. Необходимое количество мышьяка марки 6N (около 400…500 кг/год) для производства монокристаллов арсенида галлия закупается за рубежом (Германия, Япония).

Для реализации проекта по производству солнечных батарей на основе арсенида галлия, в соответствии с поставленными выше задачами и сроками их выполнения (не более десяти лет), необходимо будет использовать не менее 600 т в год химически чистых как мышьяка, так и галлия. Поэтому становится стратегической задачей организация производства высокочистого мышьяка и галлия. Одним из перспективных направлений решения этой проблемы для получения мышьяка является создание промышленного производства высокочистого мышьяка и его соединений из нетрадиционного сырья – продуктов детоксикации химического оружия (люизита). Это позволит восстановить производство арсенида галлия в первую очередь для гелиоэнергетики, а также для микро- и оптоэлектроники, конкурентоспособных на внешнем рынке, а также изделий новой техники. Позволит создать структуру для осуществления единой стратегии в решении всего комплекса проблем по технологии и производству высокочистого мышьяка из продуктов детоксикации люизита и перспективных материалов на основе арсенида галлия, комплексно решить проблему утилизации химического оружия.

Технические задачи

В ходе уничтожения химического оружия предполагается получить порядка 6000 т реакционных масс, представляющих собой мышьяк с чистотой 99 %. Для рентабельного производства солнечных батарей необходимо в год производить не менее 600 т высокочистого мышьяка.

С технической точки зрения целесообразно производство высокочистого мышьяка и его соединений квалификации 6N (99,9999 мас.%) и 7N (99,99999 мас.%) из продуктов детоксикации люизита организовать в блочно-модульном варианте (мощность модуля 4 т/год особо чистого продукта марки 6N и 300 кг/год – марки 7N).

Производство монокристаллов и пластин арсенида галлия, используемых в качестве подложки для выращивания тела фотоэлемента, включая полуизолирующий (легированный и нелегированный) и легированный теллуром, цинком, кремнием, оловом, увеличенного диаметра (до 150 мм), ориентируясь, прежде всего, на малодислокационный материал, организовать на базе методов Чохральского и Бриджмена.

Производство эпитаксиальных структур и чипов для элементов солнечных батарей необходимо организовать с использованием современной MOCVD-технологии и современного оборудования, производимого в Германии (Экстрон) и США (Вика).

Производство эпитаксиальных структур для изготовления высокоэффективных (20…40 %) солнечных элементов и батарей (СБ) на основе арсенида галлия организовать в первую очередь для наземного использования.

Самостоятельными задачами являются: производство панелей солнечных батарей, производство концентраторов солнечного света и непосредственная сборка солнечных батарей. Заключительной задачей является разработка и производство системы управления ориентацией панелей солнечных батарей относительно положения солнца.

Отличительной особенностью предлагаемого проекта является подход, при котором наряду с созданием производства чипов на основе арсенида галлия для солнечных батарей одновременно организуется выпуск высокочистого мышьяка из реакционных масс, полученных при уничтожении химического оружия и представляющих собой весьма эффективное и очень дешевое исходное сырье для производства высокочистого мышьяка. Это создает замкнутую технологическую схему, обеспечивающую условия охраны окружающей среды и экономии финансовых средств.

Задел и научно-технический потенциал

Ввиду масштабности проекта для его реализации необходимо сотрудничество десятков предприятий и организаций. Конечной целью проекта является организация крупносерийного производства солнечных батарей наземного базирования на основе арсенида галлия, что целесообразнее всего реализовать на производственной базе промышленных предприятий Удмуртии, где только в г. Камбарка при утилизации люизита получено более 6000 т технического мышьяка. Рационально координатором проекта на начальном этапе его реализации выбрать Ижевский государственный технический университет (ИжГТУ), поскольку в инициативном порядке в целях реализации проекта на настоящий момент между ИжГТУ и рядом предприятий Удмуртии уже заключены протоколы о намерениях.

Основными участниками выполнения предлагаемой работы должны стать ведущие научно-промышленные предприятия России, которые имеют многолетний опыт по созданию научно-технических основ и технологии получения и анализа высокочистых исходных веществ, монокристаллов и структур полупроводниковых соединений. Именно эти организации являются разработчиками и пользователями технологий и оборудования для производства полупроводниковых материалов. Со многими из них ИжГТУ уже заключены договоры о намерениях. Для проведения комплекса научно-технических работ, связанных с организацией опытного производства чипов для солнечных элементов на основе арсенида галлия, эти организации имеют экспериментальную базу и необходимое технологическое оборудование.

В частности, в последние годы Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН совместно с рядом организаций провел работы по обоснованию целесообразности использования продуктов детоксикации люизита в качестве новой сырьевой базы для промышленного производства высокочистого мышьяка и полупроводниковых материалов на его основе, по разработке технологии и созданию аппаратуры для получения высокочистого мышьяка марки 6N из продуктов детоксикации люизита. Это является основой для выдачи исходных дан-

ных на проектирование опытно-промышленного оборудования в блочно-модульном варианте. Таким образом, имеются необходимые условия по организации крупномасштабного производства высокочистого мышьяка для реализации проекта по производству солнечных батарей на основе арсенида галлия.

Осуществляя эффективную координацию работ между институтами Академии наук РФ и отраслевыми организациями, необходимо разработать и реализовать, в зависимости от задач, гибкую технологическую схему (используя блочно-модульный принцип) и в сжатые сроки приступить к выпуску солнечных батарей на основе арсенида галлия. К выполнению данного крупномасштабного проекта в качестве соисполнителей отдельных этапов предполагается привлечь новых участников из числа российских предприятий, имеющих значительный практический опыт по разработке и изготовлению оборудования и созданию аналогичных производств.

Необходимо привлечь организации, обладающие парком современного технологического оборудования для выращивания монокристаллов полупроводниковых материалов, проволочной резки (наиболее прогрессивный метод, отличающийся минимальными потерями материала и обеспечивающий максимальное качество поверхности, в отдельных случаях не требующей дополнительной механической обработки пластин после резки) и обработки пластин полупроводниковых материалов. Предприятие должно иметь кроме оборудования коллектив высококвалифицированных специалистов указанного выше профиля, а также богатый опыт организации экспорта полупроводниковой продукции. Предприятие должно иметь обширные связи с рядом зарубежных предприятий по выпуску оборудования для производства полупроводниковых материалов и компонентов, что является предпосылкой для обеспечения настоящего проекта современной технологической базой и освоения мирового рынка полупроводниковой продукции, отличающегося крайне жесткими режимами сертификации как самого производства, так и системы контроля качества выпускаемой продукции и промежуточных материалов (полуфабрикатов).

Одним из исполнителей проекта должно быть предприятие, которое занимается промышленным производством эпитаксиальных структур твердых растворов на основе арсенида галлия методами жидкофазной эпитаксии (ЖФЭ) и располагало бы парком соответствующего технологического оборудования и соответствующей измерительной базой для контроля параметров товарной продукции. В реализации проекта обязательно участие предприятия, которое имело бы опыт работы по получению и работе с высокочистым галлием.

Технико-экономическая оценка производства высокочистого мышьяка и полупроводниковых материалов из арсенида галлия

В табл. 2 представлена предварительная технико-экономическая характеристика производства мышьяксодержащих соединений в расчете на единичный модуль выпуска высокочистого мышьяка марки 6N (4 т/год).

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 (чипы, элементы СБ и др.) существенно расширена.

При этом производство рассматриваемых материалов будет характеризоваться высокой рентабельностью, особенно с учетом низкой стоимости исходного технического мышьяка, получаемого из продуктов детоксикации люизита. Эффективность производства значительно возрастет после внедрения технологии переработ-

ки отходов дорогостоящего галлия в продукт высокой степени чистоты (цена более 1000 долл./кг марки 6N), возвращаемого вновь в производство (степень использования галлия составит свыше 98 %).

Осваиваемая продукция	Объем производства в год	Доля осваиваемого рынка, %	Валовой объем производства, млн долл./год	Расчетный срок окупаемости
Мышьяк высокой чистоты марки 6N	4000 кг	2,0…2,5	1,28	14,6
Монокристаллы арсенида галлия	6500 кг	2,0…2,5	10,4	7,5
Пластины арсенида галлия	13 млн см^2	3…5	18,590	4,5
Эпитаксиальные структуры	11 млн см^2	4…6	93,500	2,5

Планируемое к запуску производство ориентировано на выпуск товарной продукции в виде эпитаксиальных структур (в этом случае мышьяк, монокристаллы и пластины арсенида галлия будут представлять полуфабрикаты основного производства), которые характеризуется уровнем рентабельности в 31,8 % к себестоимости продукции.

Предложения по порядку выполнения проекта

Для обеспечения выполнения проекта в части создания крупносерийного производства солнечных батарей наземного использования на основе арсенида галлия необходимо создание комплекса современного отечественного оборудования для производства высокочистого исходного сырья (мышьяка и галлия), а также приобретение за рубежом технологических машин для выращивания эпитаксиальных структур в необходимом для проекта объеме.

Предлагается выделить следующие этапы его реализации.

Этап 1. Организация мелкосерийного производства чипов солнечных батарей.

Организация производства высокочистого мышьяка мощностью 4 т/год предполагается осуществить на площадях объекта по уничтожению химического оружия в г. Камбарка Удмуртской Республики. Создание экспериментальных производств для получения монокристаллов, пластин и эпитаксиальных структур и переработки образующихся отходов на площадях соисполнителей проекта для отработки технологических режимов процессов, выбора технологического оборудования, разработки комплектов технологических регламентов и исходных данных для проектирования производства.

Сроки выполнения: январь 2012 г. – май 2013 г.

На первом же этапе необходима организация опытного производства солнечных батарей на основе арсенида галлия на основе покупных комплектующих. Опытное производство целесообразно организовать на базе производственных площадей ОАО «Элеконд» (Сарапул, Удмуртская Республика). Затраты на проектно-изыскательские работы и организацию опытного производства комплектующих узлов и агрегатов солнечных батарей составят 150…500 млн руб. в зависимости от вариантов поставки комплектующих.

Сроки выполнения: январь 2012 г. – май 2013 г.

Этап 2. Разработка проекта и создание промышленного производства солнечных батарей на основе арсенида галлия.

Доведение производства высокочистых мышьяка и галлия до 20 т в год.

Сроки выполнения: июнь 2013 г. – январь 2014 г.

Головной исполнитель относительно производства мышьяка – ИОНХ РАН им. Н. С. Курнакова.

Ориентировочный объем финансирования:

- в части монокристаллов и пластин арсенида галлия – 720 млн руб.;
- в части эпитаксиальных структур твердых растворов на основе арсенида галлия – 1000 млн руб.

Этап 3. Разработка конструкторской документации; изготовление опытных образцов современного технологического оборудования для крупносерийного получения монокристаллов, пластин и эпитаксиальных структур на основе соединений мышьяка; наладка и выполнение комплексных испытаний установок для последующей корректировки РКД и постановки оборудования в серийное производство.

Сроки выполнения: январь 2014 г. – декабрь 2016 г.

Ориентировочный объем финансирования:

- в части монокристаллов и пластин арсенида галлия (оборудование для крупносерийного синтеза арсенида галлия, выращивания монокристаллов по Бриджмену и Чохральскому, отжига флюса и отжига кристаллов; оборудование для формирования торцов слитка и базовых срезов, калибровки кристаллов, резки пластин, их механической и химико-механической обработки, сортировки с измерением электрофизических и структурных параметров, упаковки готовой продукции) – 620 млн руб.;
- в части эпитаксиальных структур твердых растворов на основе арсенида галлия (оборудование для ЖФЭ, оборудование для MOCVD) – 4552 млн руб.

Этап 4. Реконструкция и расширение производства мышьяка и полупроводниковых соединений на его основе с использованием современного отечественного оборудования и доведением объемов производства до 2,5 млрд см^2 эпитаксиальных структур в год.

Сроки выполнения: январь 2017 г. – декабрь 2019 г.

Ориентировочный объем финансирования:

- в части мышьяка –2210 млн руб.;
- галлия – 5340 млн руб.;
- монокристаллов и пластин арсенида галлия – 11 120 млн руб.;
- эпитаксиальных структур твердых растворов на основе арсенида галлия (оборудование для ЖФЭ, оборудование для MOCVD) – 81 740 млн руб.;
- крупносерийного производства панелей солнечных батарей на основе арсенида галлия – 7231 млрд руб.;
- изготовления комплектующих для солнечных батарей – 157 млн руб.;
- организация сборочного конвейера для крупносерийного производства солнечных батарей – 315 млн руб.

На всех этапах реализации проекта общую координацию работ и научно-техническое руководство проектом целесообразно, как отмечалось выше, осуществлять ИжГТУ.

Таким образом, с целью борьбы с глобальным потеплением необходимо повысить эффективность отвода тепла из атмосферы, например путем рекуперации солнечной энергии. Многослойные чипы солнечных батарей на основе арсенида галлия, как показано в работах академика Р. Алферова, позволяют довести КПД до 80…90 %. Если предположить, что эффективность использования отчуждаемых

для подобных электростанций площадей земной поверхности равна 0,5 и при мощности солнечного света, падающего на 1 $м^2$, порядка 1 кВт, мощность отдельной такой солнечной электростанции, рабочие элементы которой изготовлены на основе многослойной арсенидгаллиевой технологии, будет составлять порядка 1,5…2×1013 Вт.

Воздействие одной такой электростанции на атмосферные процессы будет соответствовать по мощностным параметрам ядерному взрыву мощностью более 10 Мт. Причем такое воздействие будет постоянным, а не единичным, как при взрыве бомбы. Оценить (смоделировать) воздействие такой отдельной электростанции на погодные и климатические процессы, на первый взгляд, кажется невозможным. Однако в 80-х гг. прошлого века академиком Н. Моисеевым была построена модель так называемой ядерной зимы на Земле в случае массового использования ядерного оружия. Полученные школой академика Н. Моисеева модели могут быть легко адаптированы к описанию атмосферных процессов при функционировании на земном шаре нескольких крупных электростанций, «отбирающих» из окружающей среды тепло. Такие глобальные заборы тепловой энергии приведут к мощным устойчивым потокам атмосферного воздуха, которыми, тем не менее, в глобальном смысле 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 [13], 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. Но постройка и эксплуатация таких электростанций позволит снять тепловую нагрузку на атмосферу Земли, остановить процесс глобального потепления.

Стоимость строительства отдельной такой электростанции будет зависеть от площади отчуждаемых земель и от стоимости одного ватта энергии, получаемой на электростанции. В настоящее время стоимость электрической солнечной батареи определяется снимаемой с нее мощностью. Так, для одного ватта электрической энергии, получаемой с помощью солнечных батарей на основе кремния (КПД не более 20 %), стоимость составляет порядка 2 долл. При строительстве таких глобальных электростанций, при поставленных выше целях по борьбе с глобальным потеплением, необходимы многослойные чипы на основе редкоземельных элементов, например на базе арсенида галлия. Стоимость панели солнечной батареи на основе арсенида галлия для одного ватта электрической энергии доходит до 5 долл. Тогда строительство одной электростанции обойдется, в соответствии с приведенными выше цифрами, с учетом накладных расходов в 2000 млрд долл. А строительство трех электростанций, как предполагалось первоначально, в 6000 млрд долл.

Для России такая сумма является «неподъемной», но для мирового сообщества эта сумма «по силам». Но выйти к мировому сообществу с предложением реализации проекта должна именно Россия. С одной стороны, такой проект может стать давно искомой национальной идеей: что может быть выше задачи спасения цивилизации. С другой стороны, только в России имеются механизмы снижения стоимости проекта. Положительным является то, что основоположник теории многослойных чипов, использующих фотоэффект, – гражданин России, Нобелевский

лауреат, академик РАН Ж. Алферов. Отрицательным является то, что необходимое технологическое оборудование для массового производства чипов для солнечных батарей на основе арсенида галлия изготавливается в таких странах, как Германия, США, Япония. Самым важным плюсом этого проекта является то, что в России имеется достаточный запас весьма дешевого мышьяка, основного элемента для производства таких чипов. Речь идет о мышьяке, который получен в результате утилизации химического оружия на объектах уничтожения химического оружия. Так, только в г. Камбарке получено более 6000 т технического мышьяка (чистота 99,9 %). Для производства чипов необходим мышьяк чистотой 99,999999 %. В настоящее время Институтом общей и неорганической химиии им С. А. Курнакова РАН разработана технология очистки технического мышьяка до требуемой чистоты в 7N…9N: пилотная установка уже может сегодня выпускать до 4000 кг химически чистого мышьяка в год. Производство галлия можно восстановить на соответствующих предприятиях.

Дешевое сырье для производства чипов арсенида галлия позволит снизить стоимость таких чипов при их массовом производстве до стоимости аналогичных чипов на основе аморфного кремния. Все это и делает перспективным реализацию проекта проводить под «патронажем» именно России. Для успешной реализации проекта нужна только воля руководства страны и постоянный контроль за ходом реализации проекта. К этому проекту нельзя относится как к российскому проекту, когда панели солнечных батарей будут производиться только для внутреннего потребления населением России: такое решение только опорочит саму идею и «гора родит мышь» в очередной раз.

Перспективность, эффективность, экономичность и техническая возможность реализации проекта по организации промышленного производства солнечных батарей на основе арсенида галлия в России на базе промышленных предприятий Удмуртии была показана выше. Основные положения проекта были обсуждены и одобрены в Государственной Думе на заседании Экспертного совета по проблемам устойчивого развития России комитета по науке и наукоемким технологиям.

Библиографические ссылки

1. *Будыко М. И.* Глобальное потепление // Изменение климата и их последствия : сборник. – СПб. : Наука, 2002. – С. 7–12.

2. *Будыко М. И.* Изменение климата. – Л. : Гидрометеоиздат, 1974.

3. *Логинов В. Ф.* Причины и следствия климатических изменений. – Минск : Наука і тэхніка, 1992. – С. 74.

4. *Митчелл М.* Изменяющийся климат // Энергия и климат : сборник. – Л. : Гидрометеоиздат, 1981. – С. 83.

5. *Стребков Д. С.* Возобновляемая энергетика в третьем тысячелетии // Энергетическая политика. – 2001. – № 2. – С. 23–27.

6. *Стребков Д. С.* Возобновляемая энергетика: для развивающихся стран или для России // Энергия: экономика, техника, экология. Изд. РАН. – 2004. – № 10. – С. 34–39.

7. URL : http://stigru.com/technologies/2009/09/02/1354 (дата обращения: 20.04.2011)

8. Барнетт. Роль океанов в глобальной климатической системе // Изменение климата : сборник. – Л. : Гидрометеоиздат, 1980. – С. 209.

9. *Петросянц М. А., Гущина Д. Ю.* Об определении явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья // Метеорология и гидрология. – 2002. – № 8. – С. 24–35.

10. *Семенов Е. К.* Грандиозные последствия далекого «Эль-Ниньо» // Россия в окружающем мире: 1999 : аналитический ежегодник. – М. : Изд-во МНЭПУ, 1999. – С. 197–213.

11. *Стребков Д. С., Безруких П. П.* Новые экологически чистые энергетические технологии // Всероссийский энергетический форум «ТЭК России в 21 веке. Актуальные вопросы. Стратегические ориентиры», 18–19 декабря 2002 г. : сб. докл. – М., 2002. – С. 95–98.

12. *Strebkov D. S., Irodionov A. E.* Global solar power system. Eurosun-2004, Freiburg, Germany. 14 Intern. Sonnenforum 2004, Vol. 2, p. 336–343.

13. *Карпов В. В., Стрельников А. Т.* Управляемые природные катаклизмы как перспективное средство противоборства в войнах XXI века. – М. : ВА РВСН, 2008.

***

M. Ch. Zalikhanov, Member of RAS, State Duma of Russian Federation

V. F. Grakovich, Doctor of Technical Sciences, State Duma of Russian Federation

N. P. Kuznetsov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University

V. A. Fedorov, Doctor of Science (Chemistry), Professor, Institute of General and Inorganic Chemistry RAS after N. S. Kurnakov

A method of combating global warming

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 is shown. It is proposed to convert the lewisite destruction facility (in Kambarka, Udmurt Republic). At that, as a feedstock for chemically pure arsenic production, it is proposed to use the reaction mass resulting from the destruction of lewisite.

Key words: global warming, solar cells, efficiency of solar power stations, gallium arsenide solar cells, lewisite, climate control

Получено: 15.11.11