

УДК 622.011

А.Е. Воробьев /д.т.н./

НП «Инновационное недропользование» (Москва)

А.Н. Корчевский /к.т.н./

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)

К.А. Воробьев

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (Москва)

ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ГЕОИНЖИНИРИНГА

Представлены базовые подходы и основные принципы геоинжиниринга. Дано понятие геоинжиниринга и показаны области его применения (атмосферные явления, гидрология и др.). Детализирована схема ионосферы и возможности проекта HAARP (США). В связи со значительным влиянием на биосферу Земли к геоинжинирингу была отнесена мировая добыча разнородных полезных ископаемых и глобальное загрязнение окружающей среды (атмосферы, гидросферы и почв). Раскрыты возможные риски геоинжиниринга. Описан подход ООН к управлению геоинжинирингом и представлены основные принципы, регулирующие его деятельность.

Ключевые слова: *геоинжиниринг, геовоздействие, геосферы Земли, риски, подходы, принципы, управление.*

Геоинжиниринг представляет собой современные технологии контролируемого и целенаправленного управления глобальными геопроцессами и явлениями (климатом, местной погодой, прозрачностью атмосферы, альбедо земной поверхности, направлением и течением рек, образованием крупных водохранилищ – искусственных морей и т.д.), т.е. довольно масштабные контролируемые манипуляции природными геосистемами Земли [1].

Одной из основных целей геоинжиниринга является попытка стабилизации климатической системы Земли путем целенаправленного и контролируемого регулирования ее имеющегося энергетического баланса.

Активным сторонником применения технологий геоинжиниринга на практике являлся д-р Джон Холдрен. Этот ученый в течение многих лет всесторонне изучал проблему глобального потепления земного климата [2] и с позиции ведущего эксперта в этом вопросе настаивал на скорейшем применении превентивных мер борьбы с имеющимся в земной атмосфере парниковым эффектом.

Хотя для современного развития человеческого общества резкое сокращение имеющихся объемов выбросов парниковых газов является наивысшим приоритетом, созданная при ООН Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC) считает, что этого в настоящее время уже явно недостаточно. Поэтому появились различные предложения о необходимости удаления из атмосферного воздуха Зем-

ли содержащихся в нем гигантских объемов углекислого газа, а также аэрозолей различных примесей, взвесей и загрязнений [3].

В результате были разработаны такие запатентованные технологические решения, как «Устройство очищения атмосферы от примесей» (№ 3722183), выданное 27 марта 1973 г., «Образование и устранение микрочастиц» (№ 4684063) – 4 августа 1987 г., «Метод подавления образования инверсионных следов и соответствующее решение» (№ 4766725) – 30 августа 1988 г., «Метод подавления образования инверсионных следов и соответствующее решение» (№ 5005355) – 9 апреля 1991 г., «Метод подавления образования инверсионных следов и соответствующее решение» (№ 5110502) – 5 мая 1992 г., «Метод предотвращения образования и рассеивания атмосферных инверсий, стимуляции циркуляции воздуха в приземном слое и улучшения качества городского воздуха» (№ 5425413) – 20 июня 1995 г., «Система измерения расхода газа ультразвуковым способом» (№ 6539812) – 1 апреля 2003 г., «Метод и прибор для очистки атмосферы» (№ 6569393) – 27 мая 2003 г., «Метод экстракции и улавливания двуокиси углерода» (№ 6890497) – 10 мая 2005 г., «Метод удаления аэрозолей из атмосферы» (№ 7965488) – 9 ноября 2007 г., «Утилизация двуокиси углерода с помощью морской воды» (№ 8048309) – 28 августа 2008 г., «Улавливание углерода и выработка водорода и гидрида» (№ 8012453) – 27 октября 2008 г., «Устройство для экстракции и улавливания двуокиси углерода» (№ 7655193) – 2 февраля 2010 г.

Кроме того, геоинжиниринговые разработки включают в себя различные технологии, имитирующие деятельность природных вулканов, выбрасывающих в земную атмосферу различные вещества (химические соединения в виде газов, аэрозолей, твердых частиц и т.д.), что позволяет качественно-количественно изменить значение ее отражательной способности.

В частности, учёные из Гарварда в 2019 г. собирались провести первый натуральный эксперимент в области солнечного геоинжиниринга. Бюджет первой стадии этого эксперимента был запланирован в размере 3 млн. долл.

В ходе реализации такой исследовательской программы было запланировано запустить над юго-западом США в земную атмосферу управляемый стратостат и осуществить распыление из него на высоте около 20 км наночастиц (размером 0,0005 мкм) карбоната кальция (мела), которые экологичнее и безопаснее (в первую очередь – для озонового слоя), чем диоксид серы.

В ходе проведения этого натурального эксперимента было запланировано распыление нескольких порций мела, по 100 г каждая (в общей совокупности – в количестве меньше 1 кг). После чего планировалось, что этот летательный аппарат будет обеспечивать постоянный мониторинг и регистрацию того, что происходит с распыленной аэрозолью, озоном и атмосферным воздухом, отслеживая с помощью специального лазера миграцию шлейфа наночастиц, а также осуществлять отбор образцов воздуха. В технической стороне этого эксперимента было запланировано участие Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA) США.

Среди различных способов обеспечения технологий геоинжиниринга определенный практический интерес вызывает распыление в земной атмосфере морской воды (проект британских ученых из университетов Манчестера и

Эдинбурга), что позволит увеличить имеющееся значение ее отражающей способности, т.е. образовать барьер для проникновения солнечных лучей к земной поверхности. Также предлагалось распылять сульфатные аэрозоли в течение одного года с воздушного шара в американском штате Нью-Мексико на высоте 24000 м, чтобы создать в земной атмосфере защитный слой, не отражающий, а поглощающий солнечную радиацию. Считается, что в этом случае нижние слои атмосферы Земли будут меньше нагреваться [2].

Однако есть и альтернативное предложение решения проблемы глобального потепления земного климата, выдвинутое в качестве специального проекта от NASA: целесообразно отражать часть солнечного света от Земли в космическое пространство, для чего необходимо запустить на космическую орбиту гигантские зеркала, предназначенные для отражения определенной части солнечного света или, возможно, определенной части его спектра.

Мегаканалы (уже имеющиеся Суэцкий, Панамский и Гёта, а также только еще планируемые – Евразия, Стамбул, Каспий – Персидский залив), соединяющие через континенты различные моря и даже океаны, также являются объектами геоинжиниринга. К этим же объектам относятся и протяженные каналы от речной сети: один из самых больших по протяженности – Юньхэ (1990 км), Беломорско-Балтийский, Волго-Донской, Среднегерманский, Рейн – Майн – Дунай, Эри, Каракумский, Кызылкумский, знаменитый ташкентский канал Салар возрастом более 1000 лет, Большой Чуйский канал (рис. 1).

К этой же группе гидрологического инжиниринга необходимо отнести создание искусственных морей или же, наоборот – осушение морей, крупных озер и болот, а также создание в акваториях искусственных островов и городов (рис. 2).



Рис. 1. Каналы Ташкента и Бишкека



Рис. 2. Города на искусственных морских островах

В совокупности эти три основных подхода (борьба с парниковым эффектом и нагреванием биосферы прямыми солнечными лучами вместе с крупнейшими гидрологическими технологиями) и получили название «геоинжиниринг» [3].

Кроме того имеются и другие проекты геоинжиниринга:

– «засев» железа в океане также предназначен для удаления парниковых газов. Так, в июле 2012 г. предприниматель Расс Джордж в нескольких сотнях миль к западу от острова Хайда-Гвай (Тихий океан) рассеял в морской воде 91 т железо-сульфатной пыли. Предполагалось, что ранее дефицитное в океанической воде железо будет способствовать большему производству фитопланктона;

– защита или расширение ареалов распространения полярного морского льда и ледников, включая использование изолирующих «одеял» или искусственного снега, с использованием светлых материалов (похожий патент США на изобретение от 31 августа 1982 г. «Белый покровный листовый материал, способный отражать ультрафиолетовые лучи», № 4347284 и др., для того чтобы изменить значение яркости вод океанов, увеличивая величину альbedo их поверхности, или путем распределения полых стеклянных шариков в заранее выбранных областях, чтобы увеличить ледяной покров и снизить общую температуру биосферы;

– создание и переход в сельском хозяйстве на массовое использование генно-модифицированных растений с большей отражающей способностью.

В конце XX в. много вопросов вызывал американский проект HAARP (High Frequency Active Auroral Research Program) (рис. 3), размещенный на Аляске и официально предназначенный для исследований свойств ионосферы.

Теоретический фундамент HAARP заложил советско-французский натурный эксперимент «Аракс», проведенный ещё в начале 80-х гг. XX века [4]. Тогда с французского спутника, проходившего над островом Кергелен в Индийском океане, был произведен выстрел пучком электронов, направленный вдоль геомагнитной линии, а соответствующие ему отклики ионосферы регистрировались в пос. Согра (Архангельская область, РФ) специальной геофизической станцией.

В ходе последующих теоретических и экспериментальных (прежде всего – натуральных) исследований ионосферы было установлено, что величина излучаемой мощности от нагревных стенов (проект HAARP и др.) существенно влияет на численные характеристики ионосферы, такие как [4]:

- температура электронного газа;
- концентрация электронов;
- генерация неоднородностей электронной плотности;
- частота геомагнитных пульсаций;
- свечение вещества;
- ускорение заряженных частиц слоя и др.

Однако такие технологии геоинжиниринга (при их существенном масштабировании) могут спровоцировать неожиданные и даже непредсказуемые довольно серьезные последствия для биосферы Земли в целом [5]:

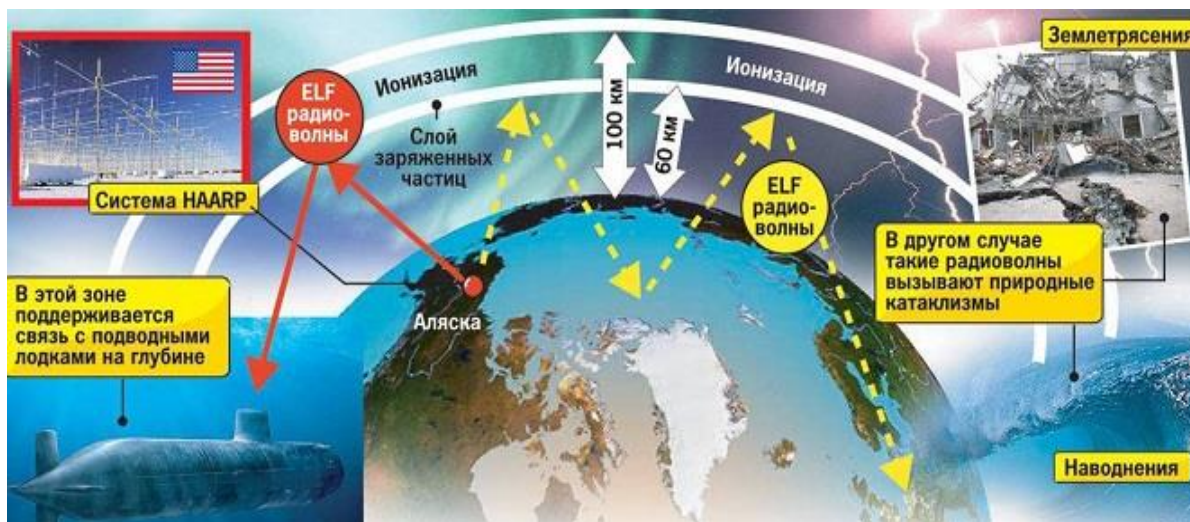


Рис. 3. Схема ионосферы и возможности программы HAARP [5]

– есть риск, что существенно изменится циркуляция воздушных потоков в земной атмосфере и, соответственно, сложившийся режим выпадения осадков в разных районах Земного шара;

– диоксид серы способен повредить озоновый слой, защищающий Землю от вредоносного влияния ультрафиолетового излучения;

– от уменьшения потока солнечного света или изменения его спектра могут пострадать имеющиеся сельскохозяйственные культуры. Так, недавнее исследование в этой области получило следующие результаты: после извержения вулкана на Филиппинах и последующих некоторых проявлений «вулканической зимы» во многих странах заметно снизились урожаи злаковых (пшеницы, риса, кукурузы и др.), имеющих значительный вклад в продовольственную систему человечества, зато дикорастущие деревья в лесах резко пошли в рост;

– из-за аэрозолей в стратосфере изменится цвет неба.

При этом с каждой такой геоинженерной технологией связаны свои риски и сомнения. Например, объективно протестировать эффективность геотехнологии управления солнечным излучением (SRM) в глобальном масштабе можно лишь одним способом – провести натурные эксперименты в реальной окружающей среде [5]: либо распыляя определенные частицы в стратосфере, либо искусственно модифицируя имеющиеся атмосферные облака. Такие натурные испытания должны выяснить, сможет ли технология SRM в реальности достичь отражения достаточного количества солнечного света, чтобы охладить на нужную величину нашу планету. Однако, возможно, что даже одних этих натурных экспериментов будет достаточно, чтобы нанести непоправимый вред эволюционно сло-

жившейся биосфере Земли [6...9]. Так, из разработанных теоретических моделей динамики земной атмосферы явно следует, что широкое применение технологий SRM довольно существенно изменит количество дождевых, градовых и снеговых атмосферных осадков во всем мире, перераспределит ветровые потоки и одновременно нарушит озоновый слой, а, следовательно, – значительно ухудшит жизнедеятельность сотен миллионов людей.

В 2020 г. во время Всемирного экономического форума (ВЭФ) в Давосе международная группа экспертов подготовила доклад, где были раскрыты наиболее вероятные и довольно серьезные угрозы для человечества. По их заключению, все они имеют первопричиной существенное изменение глобального климата Земли.

Так, по мнению экспертов ВЭФ, в числе главных угроз для человечества оказались следующие:

- экстремальные погодные явления;
- серьезные неудачи и просчеты в борьбе с изменениями глобального климата;
- природные стихийные явления;
- снижение биологического разнообразия;
- природные бедствия, вызванные человеческой деятельностью.

По значимости воздействия на биосферу к геоинжинирингу необходимо отнести и добычу разнообразных и многочисленных полезных ископаемых, ежегодные объемы добычи которых в мире составляют около 20 млрд. т (в том числе неметаллических полезных ископаемых – 13 млрд. т, угля – 8012,8 млн. т, нефти – около 3 млрд. т, газообразных – 1,5 трлн. м³). Эта геомасса при извлечении на дневную поверхность оказывает существенное влияние практически на все геоболочки Земли – гидросферу, литосферу (почвы), атмосферу (рис. 4) и биосферу.



Рис. 4. Горящие терриконы угольных шахт

Здесь же необходимо отметить и глобальную проблему загрязнения биосферы. В частности, Мировой океан неуклонно меняет свой химический состав (прежде всего из-за изменения температуры его вод), и происходит изменение его pH. Кроме того, многие реки (например, р. Читарум в Индонезии, куда сбрасывают производственные отходы около 500 промышленных предприятий и 9 млн. человек напрямую отправляют бытовой мусор и канализационные отходы; р. Янцзы, третья по величине река мира, в которую сбрасывают отходы 17 тыс. городов КНР, а также 400 тыс. промышленных предприятий) уже загрязнены катастрофически (рис. 5).

Хотя все эти технологии геоинжиниринга имеют весьма неоднозначный эффект, но с каждым годом возрастает вероятность их одностороннего применения [3]. Поэтому в 2010 г. был озвучен призыв Конвенции ООН о биологическом разнообразии ввести мораторий (одобренный правительствами 196 стран) на всю геоинжиниринговую деятельность, пока не появится «глобальный, прозрачный и эффективный механизм контроля и регулирования».

В качестве следующего шага мировое сообщество должно решить, следует ли ему установить четкие и ясные правила управления и соответствующие ограничения в применении технологий геоинжиниринга [3] или же позволить отдельным игрокам (странам, корпорациям или физическим лицам) взять на себя лидерство, поставив всех остальных перед уже свершившимся фактом.

Ассамблея ООН по окружающей среде (UNEA) – мировой орган принятия решений по экологическим вопросам на высшем уровне – должна рассмотреть вопрос о том, следует ли инициировать процесс глобального изучения научного и управленческого аспектов геоинжиниринга [3]. С этой целью UNEA собирается осуществить общемировую оценку возможностей этих новых технологий, обеспечив всем странам мира единую платформу знаний.

Ученые Оксфордского университета предложили ряд добровольных принципов, которыми целесообразно руководствоваться странам и отдельным организациям при осуществлении исследований в области климатической геоинженерии.

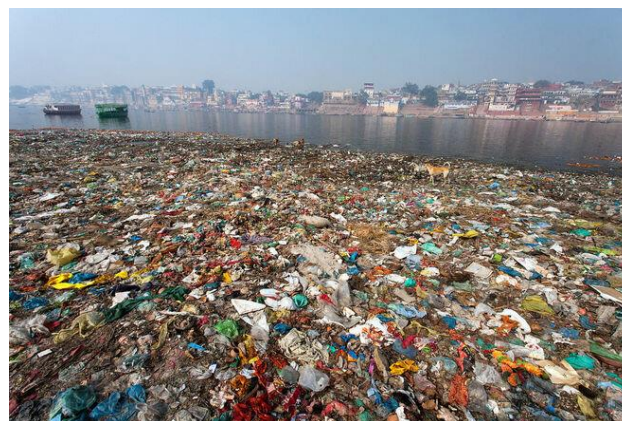


Рис. 5. Катастрофически загрязненные реки

Принцип 1. Геоинженерия должна приносить явно выраженное общественное благо для всей человеческой цивилизации.

Принцип 2. Обязательное участие национальной и мировой общественности в принятии решений по тем или иным аспектам геоинженерии.

Принцип 3. Полное и всестороннее раскрытие геоинженерных исследований и открытая публикация получаемых результатов (прозрачность геоинженерии).

Принцип 4. Независимая оценка оказываемого воздействия на геосферу Земли и последствий от технологий геоинжиниринга.

Принцип 5. Управление геотехнологиями еще до их масштабного развертывания.

Эти принципы были одобрены UNEA и предложены мировому сообществу к практическому применению.

Список литературы

1. Stilgoe, J. Experiment Earth: Responsible innovation in geoengineering. – Routledge, 2016. – 222 p.
2. Геоинжиниринг вмешивается в планетарную эволюцию [Электронный ресурс]. – Режим

доступа: <https://www.pravda.ru/science/318402-geohacking>

3. Как управлять геоинжинирингом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.project-syndicate.org/commentary/>
4. Американцы начнут охлаждать Землю [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.msk.kp.ru/daily/26924.7/3970734>
5. Миф геоинжиниринга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vlast.kz/project-syndicate/25248-mif-geoinziniringa.html>
6. Геофизическое оружие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://spravochnick.ru/fizika/geofizicheskoe_oruzhie
7. Воробьев, А.Е. Человек и биосфера: глобальное изменение климата: Учебник. Ч.II. / А.Е. Воробьев, Л.А. Пучков. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 468 с.
8. Воробьев, А.Е. Человек и биосфера: глобальное изменение климата: Учебник. Ч.I. / А.Е. Воробьев, Л.А. Пучков. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 442 с.
9. Пучков, Л.А. Человек и биосфера: вхождение в техносферу: Учебник для вузов / Л.А. Пучков, А.Е. Воробьев. – М.: МГТУ, 2000. – 342 с.

Сведения об авторах

А.Е. Воробьев

SPIN-код: 3457-6870
Телефон: +7 (916) 081-10-43
Эл. почта: fogel_al@mail.ru

К.А. Воробьев

SPIN-код: 8425-7290
Телефон: +7 (977) 533-14-74
Эл. почта: k.vorobyev98@mail.ru

А.Н. Корчевский

SPIN-код: 1293-7006
Телефон: +380 (71) 331-98-16
Эл. почта: korcheval737@gmail.com

Статья поступила 07.03.2020 г.

© А.Е. Воробьев, А.Н. Корчевский, К.А. Воробьев, 2020

