
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

УДК 631.812 + 63.54 + 662.99
DOI 10.29003/m3770.0514-7468.2024_46_1/4-19

EDN OXCKPL

НИЗКОУГЛЕРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА

В.В. Снакин*

Анализируется проблема глобального потепления климата и попытки её решения, в том числе с помощью низкоуглеродной энергетики. Успешность решения проблемы зависит от степени понимания процессов, её вызывающих. Поскольку всё больше данных говорит о естественных причинах колебания климата, а из антропогенных факторов наибольший вклад в потепление вносит тепловое загрязнение, а не антропогенный рост углекислого газа в атмосфере, то низкоуглеродная энергетика при всех её позитивных качествах не способна решить проблему потепления климата.

Ключевые слова: глобальные изменения климата, антропогенные и природные факторы потепления, парниковый эффект, тепловое загрязнение, альbedo Земли, динамика инсоляции, геотермальное тепло, низкоуглеродная энергетика, «зелёная» экономика.

Ссылка для цитирования: Снакин В.В. Низкоуглеродная энергетика и глобальное потепление климата // Жизнь Земли. Т. 46, № 1. С. 4–19. DOI: 10.29003/m3770.0514-7468.2024_46_1/4-19.

Поступила 15.01.2024 / Принята к публикации 21.02.2024

LOW-CARBON POWER AND GLOBAL CLIMATE WARMING

V.V. Snakin, Dr. Sci (Biol.)

*Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum)
Institute of Basic Problems of Biology, Russian Academy of Sciences*

The problem of global climate warming and attempts to solve it, including using low-carbon power engineering, are analyzed. The success of solving this problem depends on the degree of understanding of the processes which cause it. As more and more data speak about natural causes of climate fluctuations, and of anthropogenic factors the greatest

* Снакин Валерий Викторович – д.б.н., проф., Музей землеведения МГУ, Институт фундаментальных проблем биологии РАН, snakin@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9389-6752.

contribution to the warming is made by thermal pollution rather than the anthropogenic growth of carbon dioxide in the atmosphere, low-carbon power, with all its positive qualities, is unable to solve the problem of climate warming.

Keywords: *global climate change, anthropogenic and natural warming factors, greenhouse effect, thermal pollution, Earth's albedo, insolation dynamics, geothermal heat, low-carbon power, green economy.*

For citation: Snakin, V.V., "Low-carbon power and global climate warming", *Zhizn Zemli [Life of the Earth]* 46, no 1, 4–19 (2024) (in Russ., abstract in Engl.). DOI: 10.29003/m3770.0514-7468.2024_46_1/4-19.

Введение. Низкоуглеродную¹, или «бескарбоновую» энергетiku обычно определяют как производство электроэнергии с существенно меньшими выбросами парниковых газов в течение всего жизненного цикла, чем при производстве электроэнергии на ископаемом топливе, в целях ограничения изменения климата [32]. В этом определении чётко заложена позиция, что основная причина наблюдающегося в последние десятилетия глобального потепления климата – рост концентрации углекислого газа и других парниковых газов в атмосфере и соответствующее увеличение так называемого парникового эффекта. Но так ли это на самом деле? Гипотеза «вины» парникового эффекта в потеплении до сих пор не доказана, и в литературе всё больше сведений, её опровергающих. Рассмотрим эту проблему подробнее.

Причины глобального потепления климата. Общеизвестно, что климатические параметры постоянно и циклично изменялись за длительную историю Земли в отсутствие сколь-либо значимого влияния деятельности человека и других её обитателей. Данные исследования ледяных кернов на станции «Восток» в Антарктике² чётко демонстрируют взаимосвязанные изменения содержания атмосферной пыли, температуры, концентрации углекислого газа и метана в атмосфере, инсоляции и уровня моря за последние 420 000 лет [3, 9, 34 и мн. др.]. При этом современные изменения климатических параметров находятся в пределах полученных за этот период колебаний. Однако в силу целого ряда причин (важность климата для развития человечества, ответственность человека за свою деятельность, экологический алармизм, политико-экономические соображения) большая часть международных документов природоохранного и социально-политического характера, в частности, подписанное большинством стран мира Парижское соглашение по климату (2015), основной причиной современного глобального потепления называет парниковый эффект. Это положение легло в основу предпринимаемых международным сообществом усилий по т. н. декарбонизации экономики, заключающихся в дискриминации отраслей, в ходе функционирования которых наблюдается выделение углекислого газа в атмосферу³. Ниже рассмотрим основные возможные факторы глобальных изменений климата.

Антропогенные факторы глобального потепления климата. Как уже указывалось, наиболее распространённой гипотезой о причинах современного потепления климата является рост *парникового эффекта* за счёт антропогенного роста концентрации в атмосфере углекислого газа и других парниковых газов. Эта гипотеза основана исклю-

¹ К низкоуглеродным источникам энергии, как правило, относят ветровую, солнечную, атомную, водородную, гидроэнергетику и некоторые др.

² См. рис. на с. 2 обложки журнала.

³ Термин «декарбонизация экономики» (т.е. удаление углерода из экономики) абсурден как с научной, так и с общечеловеческой точек зрения, поскольку в основе и производственной деятельности, и биосферных процессов лежат углеродные циклы, а само живое вещество (включая человека) – это прежде всего соединения углерода, и в основе его функционирования, в частности, лежит выделение углекислого газа.

чительно на корреляции наблюдавшихся во времени трендов роста температуры и концентрации углекислого газа в атмосфере. Аналогичная тенденция отмечена для другого парникового газа – метана. Формальным объяснением механизма такой взаимосвязи стало утверждение, что повышение концентрации углекислого и других парниковых газов приводит к задержке отражённого солнечного тепла атмосферой Земли (парниковому эффекту) и, соответственно, к росту температуры.

Таким образом, «вину» за потепление возложили на антропогенный фактор, не смотря на то, что роль *парникового эффекта в современном потеплении количественно не оценена!*

На основании имеющихся в литературе данных попытаемся провести *оценку возможного антропогенного вклада в парниковый эффект*. Известно, что основным парниковым газом является *водяной пар*; его вклад в парниковый эффект оценивается в 78 % [13] и даже в 85–90 % [26]. Лишь вторым по значимости парниковым газом является *углекислый газ* (диоксид углерода) с вкладом, по разным оценкам, в 9–26 %. Важным парниковым газом является также метан с большим парниковым потенциалом, но гораздо меньшей концентрацией в атмосфере; его вклад оценивается примерно в 4–9 %⁴.

Концентрация водяных паров в атмосфере прежде всего определяется температурой и в глобальном масштабе практически не зависит от деятельности человека.

По данным большей части источников, антропогенный вклад в увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере в последние годы составляет около 5 % [9, 11 и др.].

Если считать, что в наблюдающемся в последние десятилетия ~50 %-ном увеличении концентрации метана доля антропогенного вклада составляет ~50–65 %⁵, то антропогенная доля роста его концентрации в атмосфере составит ~25–33 %.

Сопоставляя 3-ю и 4-ю строки в приводимой ниже **таблице**, получим максимальную оценку вклада углекислого газа и метана, соответственно, ниже 1 и 3 %. Таким образом, *если парниковый эффект и определяет современное потепление климата, то антропогенный вклад не является определяющим в этом процессе*.

Конечно же, важнейшим вопросом при анализе парникового эффекта является *вопрос о причинах роста концентрации углекислого газа и метана в атмосфере*. Есть

Таблица. Ориентировочная оценка возможного антропогенного вклада в парниковый эффект
Table. Tentative assessment of the possible anthropogenic contribution to the greenhouse effect

Фактор	Водяной пар (H ₂ O)	Углекислый газ (CO ₂)	Метан (CH ₄)
Ориентировочное содержание в атмосфере	0,5–4 %	0,04–0,05 %	0,00017 %
Примерный вклад в парниковый эффект	40–90 %	10–20 %	4–9 %
Антропогенная доля роста концентрации в атмосфере	~0	~5 %	25–33 %
Антропогенный вклад в парниковый эффект	~0	<1 %	<3 %

⁴ Глобальные изменения климата. Часть 1. Происходит ли потепление и почему? (geoinfo.ru); Парниковые газы – Википедия (wikipedia.org) и др.

⁵ Наряду с антропогенными источниками (нефтегазовая промышленность, сельское хозяйство, полигоны ТБО и др.), существенную долю (до половины) в современном увеличении концентрации метана в атмосфере составляют природные процессы: выделение метана из водноболотных угодий и огромных залежей газогидратов вследствие повышения температуры [5].

все основания утверждать, что именно рост температуры вызывает рост концентрации углекислого газа и метана в атмосфере, о чём мы писали ранее [15, 16 и др.].

Наблюдающийся в последние годы рост концентрации углекислого газа в атмосфере обусловлен преимущественно повышением температуры и соответствующим выделением углекислого газа из вод Мирового океана, поскольку при повышении температуры его растворимость в воде существенно уменьшается. Так, согласно справочным физико-химическим данным о растворимости газов в воде⁶, при повышении температуры только на 2°C (от 14 до 16°) растворимость углекислого газа уменьшается более чем на 6 %. Это означает, что *при потеплении из природных вод может выделиться огромное количество углекислого газа*. Учитывая, что подавляющая часть углекислого газа биосферы (>90 %) находится в растворённом виде в водах Мирового океана, такое количество CO₂, выделившегося при потеплении природных вод только на 2 градуса, способно почти удвоить его концентрацию в атмосфере! Следовательно, *Мировой океан является регулятором содержания углекислого газа в атмосфере!* Аналогично от температуры зависит содержание в атмосфере метана, выделяющегося при повышении температуры в больших количествах из болотных систем и газогидратных залежей, огромные запасы которых до сих пор количественно в полной мере не оценены.

При этом сложно обсуждать в долговременном аспекте сам факт изменения температуры воздуха, поскольку наблюдающиеся тенденции роста температуры (аномалии отклонения от среднего) свидетельствуют всего лишь о трендах продолжительностью нескольких десятков лет (~30–50 лет), что происходило многократно и разнонаправленно в истории биосферы и ничтожно в сравнении с продолжительностью глобальных трендов.

Множество установленных наукой фактов противоречит гипотезе о решающем влиянии парникового эффекта на современные изменения климата, на что неоднократно указывалось в научной литературе [7, 19, 22, 35 и мн. др.]. Синхронные колебания этих параметров в наблюдаемых в настоящее время пределах происходили раньше в отсутствии сколь-либо серьёзной хозяйственной деятельности. Рассматриваемые здесь и другие факты в своё время позволили итальянскому исследователю А. Миателло утверждать, что парниковый эффект «не соответствует ни математическим, ни законам теоретической физики» и не имеет прямого отношения к изменениям климата планеты [33].

Ещё одним антропогенным фактором влияния на климат является **изменение отражательной способности поверхности Земли** (альbedo). Уменьшение альbedo благодаря распашке земель, асфальтовому покрытию дорог, сведению лесов, загрязнению снежных поверхностей пылью и пр. ведёт к увеличению поглощения солнечного тепла Землёй и, соответственно, к потеплению. Относительно динамики величины отражательной способности Земли сведения пока ограничены небольшим сроком наблюдений. Новые данные о динамике величины альbedo Земли [28] по результатам двадцатилетних измерений отражательной способности Земли позволили получить крупномасштабное земное альbedo. Было обнаружено снижение альbedo в период с 1998 по 2017 г., что соответствует радиационному увеличению на 0,5 Вт/м² и является климатически значимым. Авторы не обнаружили корреляции между изменениями земного альbedo и показателями солнечной активности, что свидетельствует о чисто земных причинах изменения отражательной способности Земли.

⁶ См., например: Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой. 8-е изд. Л.: Химия, 1983. С. 25.

Следовательно, изменение отражательной способности Земли может вносить некоторый положительный, не оценённый в должной мере вклад в наблюдаемое в последние десятилетия потепление климата планеты.

Однако самый очевидный, прямой и, возможно, значимый вклад в потепление климата человечество вносит в результате **теплового загрязнения биосферы**. Тепловое загрязнение биосферы происходит в результате получения человеком энергии из самых различных источников (ископаемое топливо, атомная энергетика и др.) и превращения этой энергии в конечном счёте в тепло. Дополнительный нагрев окружающей среды происходит даже вследствие кондиционирования помещений⁷. Так, температура атмосферы в крупных населённых пунктах существенно (на 1–2°C и более) выше температуры окружающих территорий. Во многом именно благодаря постоянному «подогреванию» населённых пунктов метеостанции постоянно фиксируют новые температурные рекорды в городах.

Ещё в 1962 г. академик М.И. Будыко отмечал, что на территории наиболее развитых в промышленном отношении стран в результате хозяйственной деятельности человека создаётся дополнительное тепло, количество которого уже не является малым по сравнению со значением радиационного баланса земной поверхности. Увеличение производства энергии от 4 до 10 % в год приведёт к тому, что не позже, чем через 100–200 лет количество тепла, создаваемого человеком, будет сравнимо с величиной радиационного баланса всей поверхности континентов. Очевидно, по его мнению, что в таком случае произойдут громадные изменения климата на всей планете [1].

Действительно, согласно статистическим данным, с 1860 по 2015 г. потребление энергии увеличилось приблизительно в 40 раз и по прогнозам к 2040 г. должно увеличиться ещё в 1,24 раза [22]. Вся эта энергия после совершения полезной работы переходит в виде теплоты в атмосферу и разогревает её⁸. Отмечается, что коэффициент полезного действия (КПД) на современных атомных электростанциях (АЭС) составляет примерно 30–35 %, а на теплоэлектростанциях (ТЭЦ) – 35–40 %. Это означает, что большая часть тепловой энергии (60–70 %) выбрасывается в окружающую среду при производстве электроэнергии, а выработанная электроэнергия в последующем также превратится в конечном счёте в тепловую. Мощный вклад в тепловое загрязнение вносит также транспорт, потребляющий основную часть продуктов переработки нефти. В конечном итоге вся энергия от ископаемого топлива (нефть, уголь, газ, торф), представляющая собой отложенную солнечную энергию, также как и ядерное топливо (уран и др.) превращается в тепло, вызывая тепловое загрязнение атмосферы, водных ресурсов и почв.

Аномально высокая температура в мегаполисах фиксируется в т. н. городских «островах тепла»⁹. Превышающие норму показатели обнаружили на заводах, вокзалах, спортивных комплексах, а также в торговых и бизнес-центрах. Так, в Москве сильнее всего нагреваются ТЦ «Дубровка» и «Остров мечты», деловой центр «Москва-Сити», Красная площадь, Комсомольская площадь и комплекс ЦСКА¹⁰. Согласно исследованию [31], в среднем за последние годы разность температуры в центре Москвы и в

⁷ Интересно отметить, что, например, в США тратят на кондиционирование воздуха в помещениях больше энергии, чем в России на отопление зданий и, следовательно, вносят гораздо больший вклад в глобальное тепловое загрязнение.

⁸ Парижское соглашение почему-то эти очевидные тепловые выбросы в атмосферу не учитывает, а всю борьбу с потеплением климата сосредоточило на декарбонизации энергетики.

⁹ «Остров тепла» – метеорологическое явление, при котором возникает существенная разница между температурами пространства города и окружающих его загородных территорий, влияющая на здоровье и тепловой комфорт городского населения.

¹⁰ <https://ria.ru/20230523/nauka-1873385776.html>

Подмосковье составила почти два градуса; однако в некоторых случаях она оказывается гораздо большей¹¹. Больше всего на интенсивность «острова тепла» в Москве влияют нижняя облачность и суточные амплитуды температуры воздуха и поверхности при образовании антициклона.

Одним из малоизученных вопросов является *подогрев водных объектов* электростанциями и *подземное тепловое загрязнение* в результате работающих подземных сооружений, в т. ч. метрополитена в больших городах, трубопроводов, кабелей и пр. На примере Чикаго показано, что нагревание подповерхностного слоя грунта может вызывать деформацию или подвижность фундаментов, а также повлиять на долговечность или эксплуатационные характеристики строительных материалов и в целом на гражданскую инфраструктуру [36].

Таким образом, *тепловое загрязнение биосферы в результате сжигания горючих материалов и ядерного топлива является мощным вкладом в климатическую картину мира*. Даже «экологически чистая» водородная энергетика дважды вносит вклад в тепловое загрязнение: при получении водорода и при его сжигании.

Оценка влияния альтернативной (водородной, солнечной и ветровой) энергетике на тепловое загрязнение планеты по сравнению с традиционной углеродной показала, что они приводят к большему тепловому «загрязнению» атмосферы и имеют ряд других существенных недостатков, не позволяющих считать их в полной мере «зелёной» энергетикой [22]. Автор делает вывод, что водородная, солнечная и ветровая энергетика не являются альтернативой углеродной энергетике, и переход на эти виды энергетике приведёт к стагнации мировой экономики и ускорит процесс потепления климата на Земле.

Изложенное выше показывает, что *тепловое загрязнение представляет собой существенный, в полной мере не оценённый вклад человечества в потепление климата*.

Естественные факторы глобального потепления климата. Климатическая система планеты изменяется во времени под воздействием собственной внутренней динамики и в результате внешних воздействий: прежде всего, вариаций потока солнечной радиации (инсоляции) и геотермальной энергии (поступление тепла из недр планеты, включая извержения вулканов).

При этом **динамика инсоляции**, определяемая солнечной активностью, вращениями Земли вокруг Солнца и собственной оси, наклонённой под углом 23,5° к эклиптике, является одной из важнейших причин глобальных изменений климата и анализируется человечеством в течение многих веков (**рис. 1**).

В последние годы множество научных исследователей [7–9, 15, 17, 20, 21, 27 и мн. др.] доказывают, что до настоящего времени именно естественные циклы поступления солнечной энергии на поверхность планеты являются главной причиной наблюдающихся глобальных изменений климата.

Так, в работе [19] показано, что в целом для Земли многолетние изменения месячной аномалии приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) в среднем на 65,5 % определяются многолетними изменениями инсоляционной контрастности (ИК) в соответствующие месяцы. В период с мая по июль (при положении Земли вблизи афелия) многолетняя изменчивость месячной аномалии ПТВ в среднем на 75,0 % определяется многолетней изменчивостью месячной ИК Земли (**рис. 2**).

¹¹ Эти полтора–два градуса – превышение температуры в городах по сравнению с также подогретой окружающей города средой (сбросы подогретых вод, выбросы транспорта от многочисленных транспортных водных, воздушных и наземных артерий, военная деятельность и т. п.).



Рис. 1. Астрономический прибор *krantivrta* для измерения вращения Солнца вокруг Земли (эклиптики) из обсерватории Джантар-Мантар (с 2010 г. в Списке Всемирного наследия ЮНЕСКО), построенной махараджей Савай Джай Сингом в 1727–1734 (Индия, Джайпур). Фото автора.

Fig. 1. Astronomical instrument *krantivrta* for measuring the Sun's rotation around the Earth (ecliptic) from the Jantar Mantar Observatory (on the UNESCO World Heritage List since 2010), made by Maharaja Sawai Jai Singh in 1727–1734 (India, Jaipur). Photo by the author.

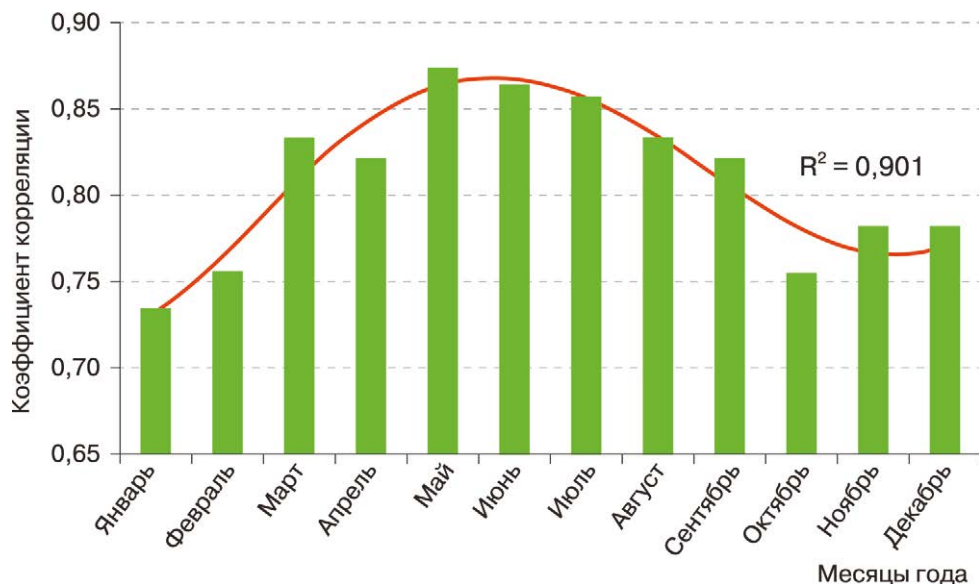


Рис. 2. Годовой ход коэффициента корреляции многолетней изменчивости месячной аномалии ПТВ Земли и многолетней изменчивости годовой ИК Земли [19].

Fig. 2. Annual variation of the correlation coefficient of long-term variability of the monthly SAT anomaly of the Earth and long-term variability of the annual IR of the Earth [19].

Идущие в недрах Земли **геотермальные процессы** также являются постоянным источником тепла в климатическую систему планеты. Наиболее очевидно воздействие на климат **вулканических извержений**, в результате которых в атмосферу из недр Земли выбрасываются тепло, вулканические газы и пепел, оказывающие влияние на состав воздуха и климат планеты порой в глобальном масштабе. *Тепловой поток из недр Земли*

невелик (оценивается $\sim 0,35$ кВт·ч /м² в год), что связано с низкой теплопроводностью горных пород и особенностями геологического строения. Но в зонах тектонических разломов, особенно во время вулканических извержений, выход тепла на порядки больше.

Следует отметить, в целом рост энергии землетрясений на планете в последние десятилетия увеличивается, причём данный процесс протекает с опережающими темпами к северу от экватора (рис. 3), поскольку южнее его сдерживает рост грушевидного тела планеты [14].

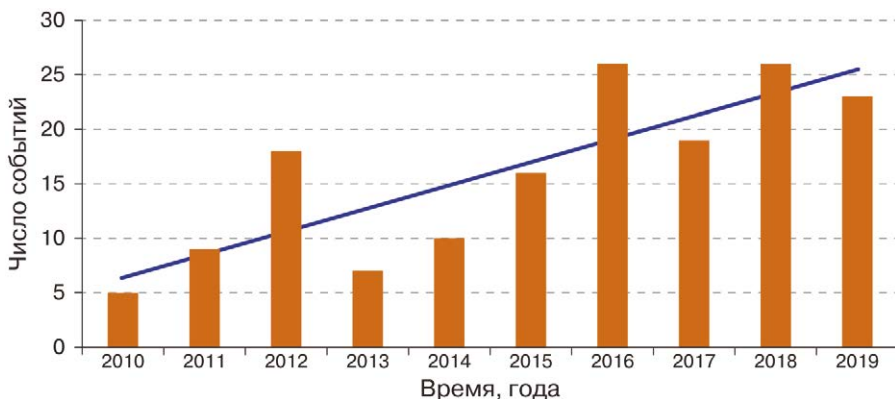


Рис. 3. Динамика землетрясений с магнитудой ≥ 3 на полуострове Таймыр и в окружающем пространстве ($60\text{--}86^\circ$ с. ш., $80\text{--}120^\circ$ в. д.) в 2010–2019 гг. [14].

Fig. 3. Dynamics of earthquakes with magnitude ≥ 3 on the Taimyr Peninsula and in the surrounding area ($60\text{--}86^\circ$ N, $80\text{--}120^\circ$ E) in 2010–2019 [14].

Большим выходом тепла в глубинах Мирового океана, где земная кора намного тоньше, вероятнее всего объясняется тот факт, что воды Мирового океана за последние годы прогреваются намного сильнее, чем атмосфера [22, 30].

Ещё одним источником циклической динамики климатических параметров природного происхождения являются изменения в подвижной системе атмосфера – океан – криосфера, основой которого является **циркуляция вод Мирового океана** – единая взаимосвязанная система непрерывного горизонтального и вертикального движения океанических вод.

Так, крупномасштабное тёплое морское течение в Атлантическом океане *Гольфстрим*¹² обеспечивает более мягким климатом страны Европы, прилегающие к Атлантическому океану, нежели другие регионы на той же географической широте. Другая глобальная погодная аномалия в Азиатско-Тихоокеанском регионе – *южное колебание Эль-Ниньо*¹³ – обеспечивает повышение температуры поверхностного слоя воды в Тихом океане, изменение его уровня в разных частях и образование крупномасштабного течения сильно нагретой воды от берегов Перу до архипелага, окружающего Юго-Восточную Азию. Явление происходит с регулярной частотой (примерно раз в три – восемь лет, особенно сильное в 1998 г.) и сопровождается стихийными бедствиями глобального масштаба. Явление, противоположное Эль-Ниньо – похолодание в поверхностных водах экваториальной части Тихого океана – носит название *Ла-Ниньо*¹⁴.

¹² От англ. *gulf stream* – течение из залива.

¹³ С исп. – младенец-мальчик, поскольку явление начинается в канун Рождества и длится несколько месяцев.

¹⁴ С исп. – девочка.

Совокупность различных, порой разнонаправленных природных циклических процессов (динамика инсоляции, геотермальных потоков, океанических течений) создаёт сложную и трудно прогнозируемую картину изменения климатических параметров на нашей планете.

Помимо упомянутых выше, всё большее число научных исследований подтверждает **преимущественно природную причину современного глобального потепления**. Так, американские учёные [35] показали, что тренд роста уровня океана отстаёт от роста температуры и был значительно больше до активного использования углеводородного сырья, что свидетельствует об отсутствии взаимосвязи с деятельностью человека. В этой же работе не подтверждена взаимосвязь динамики использования углеводородов с таянием ледников: тренд таяния льда начался задолго до активной эксплуатации углеводородов, перелом в этой эксплуатации в 1950-х не отразился на динамике таяния.

Изучение истории изменения климата показывает циклы периодических наступлений холодных (ледниковых) и тёплых периодов, причиной чему, как следует, в частности, из работы [24 и др.], является изменение наклона орбиты Земли. Увеличение угла наклона орбиты ведёт к потеплению, т. н. «межледниковому» состоянию, последнее из которых началось примерно 11 000 лет назад. Если исходить из того, что половина полного оборота оси земного шара составляет 12 960 лет, то максимум температуры наступит примерно через две тысячи лет вне зависимости от борьбы с повышением содержания углекислого газа в атмосфере. Вполне естественно, что речь при этом идёт об общей тенденции потепления, при которой вследствие неравномерности и циклическости природных процессов возможны и временные периоды похолодания. На фоне процессов такой (тысячи лет) длительности и при наличии многолетних флуктуаций отклонения от основной тенденции в десятки лет (в которые, возможно, входят результаты современных наблюдений) могут быть случайными, не соответствующими глобальной закономерности.

Конец XX – начало XXI века – время, когда совпали максимальные положительные аномалии температуры воздуха и других элементов климатической системы, связанные с 60-летним и 200-летним циклами. В этот период потепление достигло максимальных значений. Помимо указанных длительных циклов в изменениях температуры воздуха и других показателей климата отмечаются более высокочастотные колебания с характерными периодами около 20, 10 и менее лет. На пространственные особенности климатических изменений оказывают влияние географическая широта, подстилающая поверхность (океан, материк, морские течения и т. п.). Максимальные изменения климата отмечаются в высоких и умеренных широтах, минимальные – в низких широтах.

Об естественных причинах наблюдаемых климатических изменений писал и В.И. Вернадский: «Ледниковый период не закончился и длится до сих пор. Мы живём в периоде межледниковом – потепление ещё продолжается, – но человек так хорошо приспособился к этим условиям, что не замечает ледникового периода...» [4, с. 34].

Пути уменьшения антропогенного влияния на климат.

Низкоуглеродная энергетика («борьба с парниковым эффектом»). Как уже отмечалось, основная часть принимаемых на международном уровне практических решений основана на неподтверждённой гипотезе роста парникового эффекта и получила название *низкоуглеродной*, или *декарбонизированной экономики*. Ускорение процессов трансформации энергетики («зелёный курс») сопровождается формированием новых технологий, что имеет существенное положительное значение, способствует росту возобновляемых источников энергии, развитию новых энергоносителей, повышению

энергоэффективности, снижению уровня выбросов и созданию новых рынков углеродных и других побочных продуктов в условиях активно развивающейся экономики замкнутого цикла. Многие из этих повсеместно реализуемых инициатив (например, повышение уровня электрификации, расширение использования возобновляемой энергии и активное внедрение мер обеспечения энергоэффективности) часто являются уникальным решением локальных экологических и экономических проблем.

Однако объявленная цель этих стратегий – развитие технологий, которые производят энергию и материалы с небольшим выбросом парниковых газов – весьма дискуссионна и не способна решать проблемы глобального потепления климата. Действительно, если потепление климата – результат действия естественных причин, то на пути низкоуглеродной энергетике вовсе не стоит ожидать успехов в предотвращении потепления. Если реально доказано отрицательное влияние современного потепления климата на цивилизацию, то гораздо эффективнее могут оказаться методы смягчения климата и сдерживания его потепления с помощью рассматриваемого ниже геоинжиниринга, а также адаптации к негативным изменениям климата.

В дополнение следует отметить, что большая часть «зелёных технологий» способна реализоваться лишь в условиях экономических дотаций¹⁵. При этом в случае борьбы с выбросами парниковых газов мы наблюдаем, как манипуляции с данными по выбросам углекислого газа становятся объектами продажи и спекуляций с участием государственных фондов [23], т. е. за счёт средств налогоплательщиков.

В работе [14] отмечается многообразие негативных последствий принятия необоснованной идеи антропогенного потепления в качестве практического руководства к действию. При этом формируются неадекватные представления о возможностях переориентации энергетике страны и региона, когда забываются природные ограничения. Гипотеза антропогенного потепления за счёт парникового эффекта, не будучи подтверждена критическими экспериментами и без согласования с имеющимися физическими и географическими фактами, принята как неоспоримая истина, а такая ситуация дискредитирует науку и направляет усилия научного сообщества на достижение ложных целей, отвлекая от реальной проблемы понимания механизмов связи в планетарной системе.

Показательными в этом отношении являются материалы Международной научно-практической конференции «Решение Европейского союза о декарбонизации и новая парадигма развития топливно-энергетического комплекса России», прошедшей в Казани (сентябрь 2022 г.), в которых отмечается:

- Углекислый газ жизненно необходим для нашей планеты и для всех живых организмов и природной среды. Источником CO₂ являются природные процессы, роль человека в этом процессе ничтожна;

- Достижение углеродной нейтральности, как цель декарбонизации, надумано;

- Декарбонизация научно не обоснована и вредна для экономики и обеспечения нормальной жизни населения;

- Анализ всего происходящего в настоящее время в мире одновременно с осмыслением имеющихся фактов отсутствия влияния CO₂ при сжигании углерода на глобальное потепление Земли и вообще на климат планеты, позволяет уверенно планировать дальнейшее развитие углеродных источников энергии;

- России предлагается рассмотреть вопрос о выходе в одностороннем порядке из Парижского соглашения по климату (2015) и навязываемой народам различных стран «климатической повестки» [12].

¹⁵ При этом речь не идёт об атомной энергетике.

Сокращение теплового загрязнения. Как уже отмечалось, достоверные количественные оценки антропогенного вклада в потепление климата за счёт изменения альбедо и теплового загрязнения к настоящему времени отсутствуют. И это несмотря на то, что речь идёт о прямых, очевидных (в отличие от парникового эффекта) факторах антропогенного воздействия на тепловой баланс планеты, которые можно гораздо легче количественно оценить в сравнении с весьма сложными непрямыми расчётами по поводу парникового эффекта. Возможно, это происходит в силу того, что в случае обвинения теплового загрязнения в глобальном потеплении ограничения должны лечь на развитые страны, в наибольшей степени использующие самые разные источники энергии и соответственно более всего ответственные за тепловое загрязнение планеты, т. е. на т. н. «золотой миллиард»!

Действительно, из всех антропогенных факторов тепловое загрязнение – самый реальный и очевидный вклад человечества в глобальное потепление. А низкоуглеродная энергетика не может решить проблему потепления, поскольку в большинстве случаев увеличивает этот вклад. Даже электромобили, водородные топливные элементы и т. п., несмотря на то, что это отличное решение локальных проблем загрязнения атмосферы на территориях с напряжённой экологической ситуацией (прежде всего в мегаполисах), не решают глобальных проблем изменения климата. Более того, эти технологии с учётом предваряющей подготовки электроэнергии и водорода вносят дополнительный вклад в глобальное тепловое загрязнение.

Геоинжиниринг. Уменьшение альбедо Земли. Человек, как, впрочем, и любой другой вид, всегда стремился изменить условия окружающей среды в оптимальную для себя сторону. С древних времён человечество заменяло дикорастущие виды растений на полезные для себя культуры, вытесняло аборигенных животных в пользу одомашненных, в огромных масштабах осуществляло ирригационные работы. С развитием технологий стало задумываться об изменении климата там, где он представлялся слишком сухим, недостаточно тёплым или излишне жарким. В настоящий период мир стоит перед проблемой разработки инженерных (технических) средств для противодействия глобальному потеплению климата.

Под *геоинжинирингом* понимают комплекс инженерных решений, направленных на управление климатической системой Земли с целью предотвращения глобальных изменений климата и создания наиболее комфортных условий проживания и экономической деятельности человечества. Исследования и натурные эксперименты российских учёных [2, 10] показали возможность снижения температуры в приземном слое атмосферы за счёт ослабления прямого солнечного излучения благодаря созданию искусственного аэрозольного слоя. Среди предлагаемых решений: проекты, связанные с управлением солнечным излучением (распыскивание аэрозолей в стратосфере, отражение солнечного излучения «прохладными крышами» зданий, увеличение отражающей способности облаков за счёт увеличения их плотности путём впрыскивания в атмосферу морской воды); проекты по снижению концентрации парниковых газов (непосредственное удаление парниковых газов из атмосферы и разработка процессов, способствующих их естественному удалению, напр., насыщение океана ионами железа для стимулирования процесса фотосинтеза фитопланктоном, создание биоугля – искусственного угля путём пиролиза биомассы с дальнейшим его захоронением, газоочистка воздуха с целью удаления из него углеродосодержащих соединений, увеличение биомассы почвы и наращивание растительной биомассы в аридных зонах); проекты, нацеленные на уменьшение скорости таяния льдов в Арктике (распыление аэрозолей или пресной

воды над Арктикой для создания мощного поверхностного слоя льда) и др. Главные возражения против методов геоинжиниринга: возможно низкая эффективность, непредсказуемость и неоднозначность последствий реализации, включая возможность ухудшения экологической обстановки [18].

Группой учёных в России в 2008 г. впервые в мировой практике был успешно осуществлён ограниченный натурный эксперимент на площади 200 км² (20 × 10 км) по образованию искусственного аэрозольного слоя, ведущего к частичному ослаблению прямого солнечного излучения и к снижению температуры в приземном слое атмосферы [10].

В продолжении этих подходов группа учёных из США [25] предложила для возможного смягчения последствий потепления климата использование лунной пыли. Согласно их расчётам, для достижения ослабления солнечного света в 1,8 %, что эквивалентно примерно 6 дням в году закрытого Солнца, масса пыли в рассматриваемых сценариях должна превышать 1010 кг в год. По их мнению, в отличие от земных стратегий смягчение последствий изменения климата с помощью этого подхода не оказывает долгосрочного воздействия на Землю или её атмосферу.

Мировая практика решения негативных аспектов потепления климата, связанных прежде всего с опустыниванием, показывает немало позитивных примеров. Так, начиная с 1999 г. ежегодно восстанавливаются 1200 км² земель в Китае благодаря посадкам т. н. синдзянского тополя [29]; значительные успехи показывает деятельность по озеленению Сахеля, а также развитие сельского хозяйства в Саудовской Аравии, основанного на ископаемых грунтовых водах [6]. Указанные мероприятия ведут к изменению альbedo планеты и, следовательно, позитивно отражаются на динамике глобальных изменений климата.

Выводы. Анализ имеющейся информации по проблеме глобальных изменений климата показывает следующее:

1. Первопричиной глобальных изменений климата являются природные факторы, в частности, многовековые циклы динамики солнечной инсоляции в результате колебаний орбиты вращения Земли и других процессов космической природы, а также, возможно, дополнительный подогрев Мирового океана геотермальным теплом.

2. Рост концентрации углекислого газа вызван потеплением климата, поскольку при потеплении уменьшается его растворимость в водах Мирового океана, где содержится основная часть углекислого газа биосферы. В результате потепления растёт также концентрация метана в атмосфере вследствие разрушения огромных залежей метаногидратов в холодных регионах.

3. Таким образом, именно рост температуры является первопричиной роста концентрации основных парниковых газов в атмосфере: паров воды, углекислого газа и метана.

4. Проведённые в данной работе оценки возможного антропогенного вклада в парниковый эффект показывают ничтожность его роста за счёт деятельности человека (менее 1 % и 3 % для углекислого газа и метана, соответственно).

5. Углекислый газ – в обсуждаемых концентрациях безвредный для человека газ и один из главных участников фотосинтеза. Поэтому борьба с ростом его концентрации в атмосфере есть борьба с главным биосферообразующим продукционным процессом – созданием живого вещества.

6. Очевидно важным, в должной мере количественно не оценённым антропогенным вкладом в глобальное потепление климата является тепловое загрязнение биосферы человеком в результате получения и использования всех видов энергии (прогрев воз-

духа помещений, работа холодильных установок и кондиционеров, сброс охлаждающих нагретых вод, прогрев грунтов трубопроводами и мн. др.).

7. Так называемая низкоуглеродная, «зелёная» экономика не может быть средством борьбы с глобальным потеплением климата, поскольку, во-первых, рост содержания углекислого газа в атмосфере является преимущественно следствием, а не причиной потепления, а во-вторых, низкоуглеродная энергетика связана, как правило, с ростом глобальной нагрузки на биосферу, в частности, с ростом теплового загрязнения.

Таким образом, достойной альтернативы «карбонатной» экономике пока нет, а «зелёная» экономика часто ведёт к дополнительной глобальной антропогенной нагрузке на окружающую среду.

Благодарности и источники финансирования. Автор выражает искреннюю благодарность д.б.н. Н.Г. Рыбальскому, к.х.н. С.Л. Шмакову, а также профессору, к.х.н. В.М. Лазареву за ценные замечания, высказанные при обсуждении данной работы. Исследование выполнено в рамках государственных заданий Музея землеведения МГУ имени М.В. Ломоносова «Биосферные функции экосистем и рациональное природопользование» и Института фундаментальных проблем биологии РАН «Разработка научных основ методов снижения техногенного загрязнения окружающей среды и экомониторинг состояния естественных и антропогенно изменённых экосистем».

ЛИТЕРАТУРА

1. Будыко М.И. Некоторые пути воздействия на климат // Метеорология и гидрология. 1962. № 2. С. 3–8.
2. Будыко М.И. Изменение климата. Л.: Гидрометеоздат, 1974. 280 с.
3. Вайцзеккер Э., Ловинс Э., Ловинс Л. Фактор четыре (затрат половина, отдача двойная). М.: Academia, 2000. 400 с.
4. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1991. 270 с.
5. Власов С.В., Коновалова О.В., Чудовская И.В., Власова И.В., Колотилова Н.Н., Снакин В.В. Метан в атмосфере, метанотрофы и развитие нефтегазовой промышленности. М.: Макс Пресс, 2021. 140 с. DOI: 10.29003/m1986.978-5-317-06580-5.
6. ГЕО-4. Четвёртый доклад Программы ООН по окружающей среде. ЮНЕП, 2007. 572 с.
7. Глазьев С.Ю., Безруков Л.Б., Долголатев А.В., Ларин Н.В., Сывороткин В.Л., Фёдоров В.М. Климатические изменения и энергопереход // Экономические стратегии. 2023. № 6 (192). С. 16–61 (<https://doi.org/10.33917/es-6.192.2023>).
8. Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М., Фролов И.Е. Переход от потепления к похолоданию климата Земли как результат действия естественных причин // Глобальные экологические процессы: Материалы Межд. научн. конф. / Под ред. В.В. Снакина. М.: Academia, 2012. С. 23–31.
9. Ефимов В.И. Реальность углеродного следа в глобальном изменении климата // Жизнь Земли. 2021. Т. 43, № 3. С. 328–335. DOI: 10.29003/ m2437.0514-7468.2020_43_3/328-335.
10. Израэль Ю.А. Обеспечение экологически устойчивого развития в условиях сохранения современного климата // Глобальные экологические процессы: Материалы Межд. научн. конф. / Под ред. В.В. Снакина. М.: Academia, 2012. С. 9–15.
11. Малинин В.Н., Войновский П.А. Тренды компонент влагообмена в системе «океан – атмосфера» в условиях глобального потепления по данным архива Reanalysis-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 3. С. 9–25.
12. Муслимов Р.Х. Итоги научно-практической конференции «Решение Европейского союза о декарбонизации и новая парадигма развития топливно-энергетического комплекса России (год спустя)» // Нефтяная провинция. 2022. № 4 (32). С. 1–35. doi.org/10.25689/NP.2022.4.1-35.
13. Научный анализ результатов «Всемирной конференции по изменению климата» / Под ред. Ю.А. Израэля и др. М.: ИГКЭ РАН, 2004. 264 с.
14. Ретеюм А.Ю. Опасный миф антропогенного потепления. 2020 (<https://regnum.ru/news/polit/3101660.html>).

15. Снакин В.В. Глобальные изменения климата: прогнозы и реальность // Жизнь Земли. 2019. Т. 41, № 2. С. 148–164.
16. Снакин В.В. Динамика глобальных природных процессов и учение о биосфере В.И. Вернадского // Жизнь Земли. 2023. Т. 45, № 1. С. 27–38. DOI: 10.29003/m3147.0514-7468.2023_45_1/27-38.
17. Снакин В.В. Неустойчивость природных процессов: глобальный климат // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2022. № 3. С. 3–11.
18. Снакин В.В. Экология, глобальные природные процессы и эволюция биосферы. Энциклопедический словарь. М.: Изд-во МГУ, 2020. 528 с.
19. Фёдоров В.М. Анализ пространственных откликов приповерхностной температуры воздуха на многолетнюю изменчивость инсоляции Земли // Жизнь Земли. 2017. Т. 39, № 3. С. 245–262.
20. Фёдоров В.М. Прогноз изменения уровня Мирового океана на основе расчётов инсоляции Земли // Жизнь Земли. 2018. Т. 40, № 2. С. 143–15.
21. Фёдоров В.М., Алтунин И.В., Фролов Д.М. Влияние диоксида углерода антропогенного генезиса на термический режим атмосферы и его изменения // Жизнь Земли. 2022. Т. 44, № 4. С. 402–414. DOI: 10.29003/m3115.0514-7468.2022_44_4/402-414.
22. Цегельский В.Г. Мифы Парижского соглашения по климату // Жизнь Земли. 2023. Т. 45, № 4. С. 540–555. DOI: 10.29003/m3535.0514-7468.2019_45_4/540-555.
23. Andreoni P., Emmerling J. & Tavoni M. Inequality repercussions of financing negative emissions // Nat. Clim. Chang. 2024. 14, 48–54 (<https://doi.org/10.1038/s41558-023-01870-7>).
24. Bajo P., Drysdale R.N., Woodhead J.D., Hellstrom J.C., Hodell D., Ferretti P., Voelker A.H.L., Zanchetta G., Rodrigues T., Wolff E., Tyler J., Frisia S., Spötl G., Fallick A.E. Persistent influence of obliquity on ice age terminations since the Middle Pleistocene transition // Science. 2020. V. 367 (6483). P. 1235. DOI: 10.1126/science.aaw1114.
25. Bromley B.C., Khan S.H., Kenyon S.J. Dust as a solar shield // PLOS Clim. 2023. 2 (2): e0000133 (<https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000133>).
26. Easterbrook D.J. Greenhouse Gases // Evidence-Based Climate Science: Data Opposing CO₂ Emissions as the Primary Source of Global Warming. Elsevier, 2016. P. 163–173 (<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804588-6.00009-4>).
27. Friis-Christensen E., Lassen K. Length of the Solar Cycle: An Indicator of Solar Activity Closely Associated with Climate // Science, New Series. 1991. Vol. 254, № 5032. P. 698–700.
28. Goode P.R., Pallé E., Shoumko A., Shoumko S., Montañes-Rodríguez P., Koonin S.E. Earth's Albedo 1998–2017 as Measured from Earthshine // Geophysical Research Letters. 2021. 48 (17). DOI: 10.1029/2021GL094888/.
29. Guoqian W., Xuequan W., Bo W. and Qi L. Desertification and its Mitigation Strategy in China // J. of Resources and Ecology. 2012. 3 (2), 97–104 (<https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2012.02.001>).
30. Lindsey R., Dahlman L. Climate Change: Ocean Heat Content // Climate.gov. 2023 (Climate Change: Ocean Heat Content | NOAA Climate.gov).
31. Lokoshchenko M.A., Alekseeva L.I. Influence of Meteorological Parameters on the Urban Heat Island in Moscow // Atmosphere. 2023. 14, 507 (<https://doi.org/10.3390/atmos14030507>).
32. Low-carbon power // Low-carbon power – Wikipedia (обращение 02.01.2024).
33. Miatello A. Refutation of the “greenhouse effect” theory on a thermodynamic and hydrostatic basis // Principia Scientific Int. 2012. № 6. 40 p.
34. Petit J.R., Jouzel J., Raynaud D. et al. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica // Nature. 1999. V. 399, № 6735. P. 429–436.
35. Robinson A.B., Robinson N.E., Soon W. Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide // J. of Amer. Physicians and Surgeons. 2007. V. 12 (3). P. 79–90.
36. Rotta Loria A.F. The silent impact of underground climate change on civil infrastructure // Communications Engineering. 2023. 2, 44 (<https://doi.org/10.1038/s44172-023-00092-1>).

REFERENCES

1. Budyko, M.I., “Some ways of influence on the climate”, *Meteorology and Hydrology* 2, 3–8 (1962) (in Russian).
2. Budyko, M.I., *Climate Change* (Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974) (in Russian).
3. Weizsäcker, E. von, Lovins, A.B., Lovins, L.H. *Factor four: Doubling wealth, halving resource use. The new report to the Club of Rome* (London, New York: Earthscan Publications Ltd., 1998).

4. Vernadsky, V.I., *Scientific Thought as a Planetary Phenomenon* (Moscow: Nauka, 1991) (in Russian).
5. Vlasov, S.V., Konovalova, O.V., Chudovskaya, I.V., Vlasova, I.V., Kolotilova, N.N., Snakin, V.V. *Methane in the atmosphere, methanotrophs and development of oil and gas industry* (Moscow: Max Press, 2021). DOI: 10.29003/m1986.978-5-317-06580-5.
6. GEO-4. *Global Environment Outlook 4* (UNEP, 2007).
7. Glazyev, S.Y., Bezrukov, L.B., Dolgolaptev, A.V., Larin, N.V., Syvorotkin, V.L., Fedorov, V.M., “Climate changes and energy transition”, *Economic Strategies* **6** (192), 16–61 (2023) (<https://doi.org/10.33917/es-6.192.2023>) (in Russian).
8. Gudkovich, Z.M., Karklin, V.P., Smolyanitsky, V.M., Frolov, I.E., “Transition from warming to cooling of the Earth’s climate as a result of natural causes”, *Global Ecological Processes: Proc. of the Int. Sci Conf.* (Moscow: Academia, 2012) (in Russian).
9. Yefimov, V.I., “Reality of the carbon footprint in the global climate change”, *Zhizn Zemli* **43** (3), 328–335 (2021). DOI: 10.29003/ m2437.0514-7468.2020_43_3/328-335.
10. Israel, Yu.A., “Ensuring environmentally sustainable development in conditions of maintaining the modern climate”, *Global Ecological Processes: Proc. of the Int. Sci Conf.* (Moscow: Academia, 2012) (in Russian).
11. Malinin, V.N., Voynovsky, P.A., “Trends of moisture exchange components in the “ocean-atmosphere” system under global warming conditions according to the data of Reanalysis-2 archive”, *Modern problems of Earth remote sensing from space* **18** (3), 9–25 (2021) (in Russian).
12. Muslimov, R.H., “Results of the scientific and practical conference “Decision of the European Union on decarbonization and a new paradigm of development of the fuel and energy complex of Russia (one year later)””, *Oil Province* **4** (32), 1–35 (2022). doi.org/10.25689/NP.2022.4.1-35 (in Russian).
13. *Scientific analysis of the results of the “World Conference on Climate Change”*. Ed. by Yu.A. Izrael et al. (Moscow: IGKE RAN, 2004) (in Russian).
14. Reteyum, A.Y., “Dangerous myth of anthropogenic warming” (2020) (<https://regnum.ru/news/polit/3101660.html>) (in Russian).
15. Snakin, V.V., “Global climate change: forecasts and reality”, *Zhizn Zemli* **41** (2), 148–164 (2019) (in Russian).
16. Snakin, V.V., “Dynamics of Global Natural Processes and the Doctrine of Biosphere of V.I. Vernadsky”, *Zhizn Zemli* **45** (1), 27–38 (2023). DOI: 10.29003/m3147.0514-7468.2023_45_1/27-38 (in Russian).
17. Snakin, V.V., “Unstable natural processes: global climate”, *Use and protection of natural resources in Russia* **3**, 3–11 (2022) (in Russian).
18. Snakin, V.V., *Ecology, global natural processes and evolution of the biosphere. Encyclopedic dictionary* (Moscow: MSU, 2020) (in Russian).
19. Fedorov, V.M., “Analysis of spatial responses of near-surface air temperature to long-term variability of the Earth’s insolation”, *Zhizn Zemli* **39** (3), 245–262 (2017) (in Russian).
20. Fedorov, V.M., “Forecast of the World Ocean level change based on the Earth insolation calculations”, *Zhizn Zemli* **40** (2), 143–15 (2018) (in Russian).
21. Fedorov, V.M., Altunin, I.V., Frolov, D.M., “Influence of carbon dioxide of anthropogenic genesis on the atmospheric thermal regime and its changes”, *Zhizn Zemli* **44** (4), 402–414 (2022). DOI: 10.29003/m3115.0514-7468.2022_44_4/402-414 (in Russian).
22. Tsegelskiy, V.G., “Myths of the Paris Agreement”, *Zhizn Zemli* **45** (4), 540–555 (2023). DOI: 10.29003/m3535.0514-7468.2019_45_4/540-555.
23. Andreoni, P., Emmerling, J. & Tavoni, M., “Inequality repercussions of financing negative emissions”, *Nat. Clim. Chang.* **14**, 48–54 (2024) (<https://doi.org/10.1038/s41558-023-01870-7>).
24. Bajo, P., Drysdale, R.N., Woodhead, J.D., Hellstrom, J.C., Hodell, D., Ferretti, P., Voelker, A.H.L., Zanchetta, G., Rodrigues, T., Wolff, E., Tyler, J., Frisia, S., Spötl, G., Fallick, A.E., “Persistent influence of obliquity on ice age terminations since the Middle Pleistocene transition”, *Science* **367** (6483), 1235 (2020). DOI: 10.1126/science.aaw1114.
25. Bromley, B.C., Khan, S.H., Kenyon, S.J., “Dust as a solar shield”, *PLOS Clim.* **2** (2): e0000133 (2023) (<https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000133>).
26. Easterbrook, D.J., “Greenhouse Gases”, *Evidence-Based Climate Science: Data Opposing CO₂ Emissions as the Primary Source of Global Warming* (Elsevier, 2016) (<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804588-6.00009-4>).

27. Friis-Christensen, E., Lassen, K., “Length of the Solar Cycle: An Indicator of Solar Activity Closely Associated with Climate”, *Science, New Series* **254**, no 5032, 698–700 (1991).
28. Goode, P.R., Pallé, E., Shoumko, A., Shoumko, S., Montañes-Rodriguez, P., Koonin, E.S., “Earth’s Albedo 1998–2017 as Measured From Earthshine”, *Geophysical Research Letters* **48** (17) (2021). DOI: 10.1029/2021GL094888/.
29. Guoqian, W., Xuequan, W., Bo, W. and Qi, L., “Desertification and its Mitigation Strategy in China”, *J. of Resources and Ecology* **3** (2), 97–104 (1 June 2012) (<https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2012.02.001>).
30. Lindsey, R., Dahlman, L., “Climate Change: Ocean Heat Content”, 2023 (*Climate Change: Ocean Heat Content* | NOAA Climate.gov).
31. Lokoshchenko, M.A., Alekseeva, L.I., “Influence of Meteorological Parameters on the Urban Heat Island in Moscow”, *Atmosphere* **14**, 507 (2023) (<https://doi.org/10.3390/atmos14030507>).
32. Low-carbon power // Low-carbon power – Wikipedia (обращение 02.01.2024).
33. Miatello, A., “Refutation of the “greenhouse effect” theory on a thermodynamic and hydrostatic basis”, *Principia Scientific International* **6**, 40 p. (2012).
34. Petit, J.R., Jouzel, J., Raynaud, D. et al., “Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica”, *Nature* **399**, no 6735, 429–436 (1999).
35. Robinson, A.B., Robinson, N.E., Soon, W., “Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide”, *J. of Amer. Physicians and Surgeons* **12** (3), 79–90 (2007).
36. Rotta Loria, A.F., “The silent impact of underground climate change on civil infrastructure”, *Communications Engineering* **2**, 44 (2023) (<https://doi.org/10.1038/s44172-023-00092-1>).