

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 3+502.52

ББК 6/8 + 26.221

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-2-102-113>



Температурные тренды Арктики и Антарктики

Сапунов В.Б.

ЧОУ ВО «Медико-социальный институт», Санкт-Петербург, Россия

✉ sapunov@rshu.ru

Аннотация. Цель работы — рассмотрение динамики мировой температуры и ее прогноз для всего мира, особенно для полярных регионов. Глобальное потепление продолжалось с XVII до конца XX века. Механизмы процесса неясны. Но очевидно, что наиболее значимыми являются абиотические, как космические, так и глобальные, факторы, контролирующие климат. С 1997 года процесс потепления замедлился и основным трендом стало повышение неустойчивости. Климат зависит от взаимодействия абиотических (гидросфера, литосфера, атмосфера), биотической (биосфера) и социальной (ноосфера) сфер Земли. Система всех сфер очень стабильна. Деятельность человека не имеет существенного значения для глобальных климатических процессов. Результаты современной динамики температуры, которые проявятся в ближайшие годы, не будут экстремальными для всего человечества, но могут иметь особое значение для полярных регионов. Температура в Арктике повысится. Климат Антарктики будет холоднее. Средняя мировая температура снизится и станет более изменчивой. Современная наука способна предсказать изменение климата. Но серьезные исследования климата должны быть свободны от политического и экономического давления.

Ключевые слова: температура, Арктика, Антарктика, глобальные тренды

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Сапунов В.Б. Температурные тренды Арктики и Антарктики. Арктика и инновации. 2024;2(2):102–113. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-2-102-113>

Temperature trends in the Arctic and Antarctic

Valentin B. Sapunov

Medical and Social Institute, Saint Petersburg, Russia

✉ sapunov@rshu.ru

Abstract. This work considers global temperature trends and their prediction in the world and polar regions in particular. Global warming covered the period from the 17th till the end of 20th centuries. The mechanisms of this process remain obscure; however, it is clear that abiotic factors controlling climate make the most significant contribution. Starting from 1997, the global fall of temperature has been observed, with instability becoming the major trend. Climate depends on the interaction of abiotic (hydrosphere, lithosphere, atmosphere), biotic (biosphere), and social (noosphere) spheres of the Earth. All these spheres are characterized by a highly stable system. Human activity has no essential impact

on global climatic processes. The consequences of contemporary temperature changes, which are to manifest themselves in the coming years, will not be extreme for all mankind. However, they may be of particular importance for the polar regions. The temperature in the Arctic will increase, while the climate of the Antarctic will become colder. The global average temperature will decrease and become more variable. Modern science is capable of predicting climate change. Serious climate research should be free from political and economic pressures.

Keywords: temperature, Arctic, Antarctic, global trends

Conflict of interests: the author declares no conflict of interest.

For citation: Sapunov V.B. Temperature trends in the Arctic and Antarctic. *Arctic and Innovations*. 2024;2(2):102–113. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-2-102-113>

Введение

Экологические проблемы приобретают все большее значение для человечества. Одна из них — проблема возможного глобального потепления, основанного на парниковом эффекте. Большинство стран подписали «Киотский протокол» в 1997 году. Этот документ ограничивал производство парниковых газов промышленностью и транспортом. Научная основа протокола оказалась слабой [1–4]. Доминирующие источники поступления таких газов имеют природное происхождение. Общий механизм управления климатом неясен. Процессы, происходящие в атмосфере, не относятся к «парниковому эффекту». По законам физики парниковый эффект в атмосфере невозможен. Автором введено понятие «псевдопарниковый эффект» [5]. Важное значение для человечества может иметь рост климатической нестабильности и увеличение числа экстремальных геофизических и климатических событий. Причины многих из этих событий неясны. Вместе с тем мы можем продвинуться к пониманию основных климатических трендов. Цель данной работы — рассмотреть важнейшие температурные тенденции современности с учетом глобальных климатических процессов и факторов, влияющих на них, а также их возможных последствий для биосферы и ноосферы, преимущественно для крайних северных и крайних южных регионов Земли. Используются данные Всемирной метеорологической организации, Европейского союза наук о Земле (European Geosciences Union), почетным членом которого автор является, материалы Международного полярного года [6, 7] и других источников, перечисленных ниже. Попробуем рассмотреть проблему как в земных масштабах, так и локально, в Северо-Западном федеральном округе России, Северном и Антарктическом регионах.

Климат на Земле периодически меняется в зависимости от повторяющихся процессов, происходящих в системе «Земля — Солнце — окружающее космическое пространство». Общая методология изучения этих процессов была заложена А. Чижевским, В. Вернадским, М. Миланковичем и некоторыми другими учеными [8, 9]. Воспользуемся этой методологией для оценки состояния процессов и прогнозов.

Основные процессы, влияющие на климат полярных областей

Полярные регионы имеют особое значение в динамике глобального климата как «погодная кухня» [2, 3, 10]. Именно в них формируются циклоны и антициклоны, господствующие ветры. Они также являются индикаторами общего состояния климата на планете. Арктические и антарктические регионы имеют как общие черты, так и принципиальные различия. Арктический регион находится под контролем выбросов метана (CH_4) и антропогенного давления. Антарктика свободна от значительного социального давления и функционирует как наиболее значительный источник глобального похолодания. Мы живем в относительно холодный период. 80 % времени истории Земли Гренландия и Антарктида были свободны ото льда [11, 12]. С XVII и до конца XX века наблюдалось повышение глобальной температуры и таяние льдов Гренландии и Северного Ледовитого океана [10]. Согласно принципу цепной реакции это привело к выбросам условно называемых «парниковых» газов («псевдопарниковый эффект» [5, 14–16]), таких как CO_2 и CH_4 , а также водяных паров от таяния вечной мерзлоты, что, в свою очередь, ускорило процесс таяния льдов на севере [5].

Динамика температуры регионов показывает 60-летние циклы, соответствующие циклам, открытым в прошлом веке Н.Д. Кондратьевым [17]. Они связаны не с социальными, а с природными процессами [18, 19]. В этом случае гомеостатическая природа Севера обеспечивает относительную стабильность континентальных льдов [4, 5]. Избыток CO_2 , поступающий в атмосферу в результате таяния вечной мерзлоты, компенсируется интенсификацией процесса фотосинтеза [19, 20]. С 1997 года начался период замедления роста температуры и повышения ее неустойчивости. При этом большой климатический цикл (несколько тысячелетий) пошел на увеличение температур, а малый (на несколько столетий), более заметный, пошел на спад [20–22]. Особенно это было заметно в южном полушарии, где продолжается рост ледникового массива Антарктиды. В то же время асимметрия Земли стала нарастать. На севере таяние льдов и повышение температуры также имеют тенденцию к снижению [5, 22]. Эти данные необходимо учитывать для дальнейшего прогнозирования климатических тенденций.

Важным инструментом прогнозирования климата является теория циклов [17]. Существует несколько групп земных и космических циклов. Все эти циклы контролируют климат. Во второй половине XX века действительно произошло некоторое потепление и повышение средней температуры на 0,25–1 градус. Это сопровождалось снижением устойчивости погоды. Однако это произошло не везде. Так, на европейском Севере средние температуры даже несколько понизились. В Санкт-Петербурге в конце XX века была серия относительно теплых зим, но самым холодным был январь 1987 года. Летние температуры в последние годы снизились. В целом средние температуры по земным масштабам мало менялись со слабой тенденцией к повышению. По данным Международного полярного года, с 1997 г. начался новый цикл, ведущий к глобальному похолоданию [5, 22]. Последнее глобальное потепление растянулось с XVII до конца XX века. Таяния ледников и подъема уровня океана не наблюдалось. В принципе, этого не могло быть. Подсчитано, что если вся энергетика Земли (представленной в основном вулканами) будет направлена в Антарктиду и станет работать с КПД 100 %, то для таяния льдов Антарктиды потребуется 100 лет [19].

Земля состоит из нескольких сфер, таких как атмосфера, гидросфера и литосфера. Живая сфера — биосфера. В рамках последней возникла пятая — сфера социальной деятельности — ноосфера. Все эти оболочки находятся в состоянии динамического взаимодействия и, по сути, представляют собой единую систему, чрезвычайно устойчивую к любым воздействиям. Политизированное предположение о том, что деятельность человека приведет к коллапсу окружающей среды, которое высказывалось как в прошлом [22], так и в последнее время, не имеет серьезных доказательств [23–25].

Климат во многом определяется Солнцем [9] и взаимодействием в системе «Земля — Солнце». За год планета получает от Солнца 5×10^{12} килокалорий лучистой энергии. Половина ее уходит на испарение океанов. На важнейший экологический процесс — фотосинтез, образование растениями первичного органического вещества, — уходит около одного процента этой энергии. Это соотношение небиологических и биологических процессов. Силы неживой природы более значительны, чем силы биосферы. Силы биосферы значительнее, чем силы ноосферы. Климат зависит не только от получаемой солнечной энергии, но и от ее переработки, какой процент поглощается, какой отражается обратно в космос. Зимой в Египте Солнце стоит ниже, чем летом в Петербурге. Однако зимой в Египте жарче, чем летом в Северной столице России. Дело в том, что в пустыне Сахара образовался исключительно чистый воздух с минимальным содержанием водяного пара, прекрасно проницаемый для лучей дневного света. В то же время в Сингапуре, находящемся в одном градусе от экватора, практически невозможно загорать из-за сильной влажности, которая плохо пропускает солнечный ультрафиолет. Один из климатических парадоксов был установлен во время Международного геофизического года 1957–1958 [5]. Самое солнечное место на Земле — не Сахара и Аравийская пустыня, а Антарктида. На каждый квадратный сантиметр поверхности здесь поступает больше солнечной радиации, чем в тропиках. Воздух на ледяном континенте чрезвычайно чистый, а слой атмосферы тоньше, чем в других местах планеты.

Почему же в Антарктиде очень холодно? Не просто холодно, а экстремально холодно.

На советской антарктической станции «Восток» в 1960 году был зафиксирован мировой рекорд холода — минус 88,3 °С. Следующим рекордом стала температура 89,2 °С, установленная в 1983 году американскими полярниками. Они предположили, что следующим рекордом Антарктики будет –93,2 °С. Это соответствует модели глобального похолодания [5]. Большая часть тепла, исходящего от Солнца, отражается поверхностью снега и льда. Шестой континент — крупнейший регион с отрицательным годовым запасом тепла. Здесь отражается больше тепла, чем поступает от Солнца. Антарктида выбрасывает в космос не только ту энергию, которую получает от Солнца, но и ту, которую получают другие части планеты и потоками воздуха приносит в Антарктиду. Это одна из причин, почему южное полушарие холоднее северного. Нечто аналогичное происходит в Гренландии и в Арктике, но менее интенсивно. Объем плавучего льда там намного меньше суммарного антарктического льда.

Теоретически Антарктиду можно было бы основательно нагреть, если распылить над ледниками порошок темного цвета. В результате этого лед начнет таять. Но это таяние приведет к резкому увеличению влажности атмосферы, а значит, к снижению ее прозрачности для Солнца. И тогда холод вернется. Такой умозрительный эксперимент продемонстрировал бы гомеостаз гидросферы, включающей твердый, жидкий и газообразный компонент [8]. Гомеостаз — способность системы сохранять свои основные характеристики и противодействовать любым внешним возмущениям [5, 8]. Парниковый эффект является важной проблемой современной мировой политики и экономики. Более правильный термин — «псевдопарниковый эффект» [5, 16]. Теплицы предотвращают конвекцию. «Псевдопарниковые газы» предотвращают инфракрасное излучение. Законы конвекции и инфракрасного излучения различны. К таким «псевдопарниковым» газам относятся водяной пар, метан и углекислый газ. Значение метана в 20 раз превышает эффект CO₂. Динамика антропогенного вклада в круговорот углекислого газа представлена в таблице 1. Мера — гигатонны (миллиарды тонн) чистого углерода.

Следует заметить, что разные источники дают серьезные расхождения в балансе углерода и углекислого газа. Однако порядок величин

Таблица 1. Средние годовые компоненты глобального социального круговорота углерода за период с 1980 по 2010 г. (гигатонн C/год) по [2–5]

Table 1. Average annual components of the global social carbon cycle for the period from 1980 to 2010 (Gigatonnes C per year) according to [2–5]

#	Параметр	Мера
Источники		
1	Сжигание ископаемого топлива и цементная индустрия	5,5 ± 0,5
2	Землепользование в тропиках	1,6 ± 1,0
3	Суммарная социальная продукция	7,1 ± 1,1
Усвоение углерода		
1	Аккумуляция в атмосфере	3,2 ± 0,2
2	Аккумуляция в океане	2,0 ± 0,8
3	Ассимиляция за счет возобновления молодых лесов	0,5 ± 0,5
4	Дополнительные стоки на суше	1,4 ± 1,5

определен. Общее количество углекислого газа в атмосфере составляет 2,7 триллиона тонн. Считается, что эта величина имеет слабую тенденцию к росту. 50 лет назад имелось 2,6 триллиона тонн [20, 21]. Однако интенсивность фотосинтеза за указанный период тоже выросла. Несколько увеличилась масса лесов за счет сокращения применения древесины в хозяйстве, замены его на пластмассы. Мировая добыча нефти составляет около 3 миллиардов тонн. Даже если вся эта нефть сгорала бы, в результате возникло бы не более 5 миллиардов тонн углекислого газа. Реальный же выход углекислого газа составляет около 3 миллиардов. Примерно столько же возникает в результате дыхания животных и растений. В то же время одна группа насекомых — термиты (*Isoptera*) — производила не менее 55 миллиардов тонн углекислоты [26–30]. В ходе фотосинтеза в среднем усваивается 170 миллиардов тонн углекислоты в год, причем эта цифра имеет слабую тенденцию к росту. Общий выход углекислоты в атмосферу составляет 750 миллиардов тонн. Анализ всех аспектов проблемы глобального изменения климата, связанной с динамикой углерода, не является целью статьи. На сей счет имеются достаточно полные сводки [31]. Сделаем лишь два качественных вывода. Первое — влияние человека и его деятельности на обмен углерода, входящего в состав углекислого газа, незначительно. Второе — влияние термитов на эти процессы значительно. При анализе вопросов глобального климата им следует

уделять больше внимания, чем антропогенным факторам.

Метан для парникового («псевопарникового») эффекта менее значим, чем водные пары, но важнее, чем углекислый газ. Глобальная эмиссия метана в атмосферу составляет около 535 миллионов тонн [3, 24]. 375 миллионов из них имеет антропогенное происхождение, из них от 50 до 280 миллионов тонн дают рисовые поля. Крупный рогатый скот выделяет 219 000 тонн метана в сутки [15, 21]. Есть указания на образование огромного количества метана (большего, чем антропогенные выбросы) микроорганизмами почвы [24].

Сопоставим роли разных биотических факторов в продукции метана. Термиты образуют 150 миллионов тонн. Ниже приводим таблицу 2, отражающую удельную роль разных источников образования метана, составленную на основании данных К.Я. Кондратьева и материалов международных конференций по урбанизированным биоценозам [6, 16].

Содержание CO_2 в атмосфере в основном зависит от процессов в океане, зато источники CH_4 находятся на суше: это сильно увлажненные территории, залежи углеводородов, включая газогидраты, колонии термитов и т.п. Обмен у термитов идет интенсивнее, чем у человека и иных крупных животных и чем у транспортных средств. Добавлю, что на одного человека в мире приходится 17 тонн массы термитов. В их кишечнике живут в симбиозе с ними представители жгутиковых, которые помогают переваривать древесину. В результате переваривания образуются необходимые термитам органические вещества и выделяются газы — углекислый, метан и аммиак. Последние вносят свой вклад в динами-

Таблица 2. Роль разных источников в поступлении в атмосферу метана

Table 2. Role of different sources in methane input to the atmosphere

Источники	Млн тонн в год
Рисовые поля	280
Термиты	150
Иные биотические факторы	250
Социальные факторы	150
Всего	830



Рис. Доли отдельных источников в общем потоке метана в атмосферу, %

Fig. Fractions of individual sources in the total methane input to the atmosphere, %

ку атмосферных процессов. В дополнение к таблице 2, дающей количественный аспект производства метана, приведем данные по относительному распределению источников по их мощности (рис.).

Природа образования метана в таких источниках, как болота, озера, рисовые поля, жвачные животные, насекомые, свалки, примерно одинакова — ферментативная переработка клетчатки. В настоящее время масса используемой в хозяйстве древесины сокращается и площадь лесов на Земле медленно возрастает [22]. Однако ввиду запаздывания популяционных процессов (эффект гистерезиса) популяция термитов продолжает расти. Рост сопровождается адаптацией термитов к более холодным и более засушливым условиям существования. Популяционная динамика всех живых организмов включает как необратимые, так и обратимые процессы. Закономерности необратимых процессов в разные годы изучали Мальтус, Ферхюльст, Гаузе и др. [31–33]. Мальтус и Дарвин обосновали существование стадии экспоненциального роста в жизни любой популяции и вида. Ферхюльст и Гаузе показали, что рано или поздно рост любой популяции стабилизируется, подтвердив то философское положение, что ни один процесс не может развиваться бесконечно [33].

Термиты постепенно расширяют ареал своего обитания. Причины этого две. Первая — расширение кормовой базы за счет

увеличения объема использования сухой древесины и производства бумаги. Вторая — глобальное потепление, шедшее с XVII по XX век. Площадь, где фиксируются эти насекомые, составляет более 10 миллионов квадратных километров. В ходе исторического развития человек все больше использовал древесину, давая тем самым дополнительный источник сырья для термитов. За счет этого их популяция стала стремительно расти. В XVIII веке человечество при населении менее 1 миллиарда потребляло 18×10^8 тонн древесины. В середине XX века этот показатель вырос приблизительно в пять раз, после чего стал медленно сокращаться за счет замены древесины иными материалами. Соответственно, стала сокращаться ресурсная база для термитов. Для насекомых со скоростью смены поколений, близкой к таковой термитов, время запаздывания обычно заключается в пределах 60–75 лет. Некоторое время по инерции еще будет наблюдаться рост, после чего произойдет стабилизация популяции термитов.

Таким образом, основная масса газов, влияющих на климат, выделяется вовсе не в результате деятельности человека [34]. Количество углекислоты, попадающее в атмосферу из тектонических разломов в земной коре, уже на порядок перекрывает промышленные выбросы. Количество углекислого газа в атмосфере мало меняется за миллионы лет за счет гомеостатичности биосферы. Его дополнительный выброс компенсируется активизацией фотосинтеза. Вклад человека в систему циркуляции углекислого газа в атмосфере незначителен по сравнению с количествами CO_2 , вовлеченными в естественные циклы в атмосфере, океане, почве, геологических отложениях и в живых организмах на суше и в океане. Но в ряде случаев человек выступал как триггер, включающий значимые биосферные процессы [8]. Содержание CO_2 зависит как от океанских, так и от наземных процессов. Основным источником CH_4 являются экологические системы, локализующиеся на суше.

Возможный глобальный прогноз

Динамика температуры полярных регионов подчиняется циклам около 60 лет, открытым в прошлом веке Н.Д. Кондратьевым [17]. Прогноз Кондратьева подтвердился современными данными [35]. Они связаны

не с социальными, а с природными процессами [20]. Этот факт имеет большое значение как для теории, так и для практического использования Заполярья для транспортных коммуникаций и как источника природного газа и других ресурсов.

Положение Земли в пространстве, взаимное положение Солнца и Земли существенно влияют на климат. В прошлом веке сербский астроном М. Миланкович (по [5]) разработал достаточно смелую для того времени из-за отсутствия в то время геологических данных концепцию, объясняющую природу климатических циклов. Гипотеза, или теперь теория, основывалась на синтезе методов астрономии и климатологии. Основные климатические явления ученый объяснял законами вращения Земли, колебанием наклона оси относительно орбиты и неравномерностью вращения. Ученый смог объяснить асимметрию Земли — преобладание суши в северном полушарии по сравнению с южным. На суше в период похолодания образуются обширные ледники, увеличивающие альбедо планеты, т.е. долю отраженного солнечного света. Освещенность северных широт существенно меняется из-за изменений астрономических параметров. Направление оси вращения планеты относительно перигелия земной орбиты меняется с периодом 41–42 тысячи лет. Когда планета зимой медленно проходит афелий орбиты северного полушария, ее средняя освещенность невелика и ледники существенно разрастаются. За короткое лето вблизи перигелия они не успевают растаять из-за возросшего альбедо. Через 20 тысяч лет, когда афелий приходится на лето северного полушария, южные ледники существенно не разрастаются. Известно также, что с периодичностью в 100 000 лет форма орбиты Земли меняется от более круглой к эллиптической. Согласно циклу в 260 000 лет, плоскость орбиты колеблется. Не все климатические процессы объясняются теорией Миланковича, поскольку на климат влияет множество других вещей помимо колебаний земной оси. Таким образом, по Чижевскому, динамика климатических процессов связана с периодическими процессами на Солнце, по Миланковичу — основана на способности Земли воспринимать солнечную энергию. Эти теории не противоречат, а конструктивно дополняют друг друга. К числу астрономических факторов, регулирующих климат, следует отнести и измене-

ние магнитного поля Земли. В среднем раз в четверть миллиона лет магнитное поле Земли меняет свою полярность. Последний раз это было 780 000 лет назад. В момент смены полярности атмосфера менее защищена от действия солнечного ветра и космических лучей. Начинается нагрев поверхности. Все это накладывается на свойства атмосферы и земной поверхности [5, 20]. Этот глобальный эффект имеет конкретные проявления в полярных регионах. Северную ситуацию корректируют два фактора. Наиболее значительными являются выбросы природного газа. Менее значительным является антропогенное воздействие со стороны морского транспорта, горнодобывающей промышленности и военного использования. Южную ситуацию определяет огромная масса материкового льда и более интенсивное отражение энергии в космос.

Локальное потепление в Арктике

Есть региональные события, которые иногда идут в другом направлении, чем глобальные. Как известно, мореплаватели еще с конца Средних веков искали возможность пройти вдоль северных границ России от Атлантики до Тихого океана. Однако долгое время это было невозможно из-за скованности арктических льдов. Впервые один зимовочный перевал по этому маршруту, первоначально называвшемуся «Северо-Восточным перевалом», удалось осуществить в 1878–1879 гг. В XX веке по тому же маршруту во время одиночного плавания на корабле «Сибиряков» со своей командой прошел полярный исследователь О. Шмидт. С тех пор трасса получила название «Северный морской путь». В 1932 году было создано специальное управление — «Главсевморпуть» (Главный Северный морской путь), предназначенное для организации регулярного сообщения вдоль северных берегов Советского Союза. Новый экстремальный путь заработал.

До конца XIX века путь был непроходим для любой техники. Глобальное потепление, продолжающееся с XVII века, привело к сокращению площади льдов и возможности расширения судоходства. Как мы отметили, с конца XX века тенденция потепления сменилась похолоданием. Но льды Арктики продолжают таять, и очень интенсивно. Глобальной катастрофы от этого не произойдет и уровень Мирового океана не повысится.

В отличие от Антарктиды, арктические льды находятся в плавучем состоянии. В соответствии с законом Архимеда плавучий лед вытесняет ровно столько же воды, сколько в нем содержится. Поэтому таяние арктических льдов — это скорее благо для нашей экономики и транспорта. Причина таяния до конца не выяснена. Известно следующее. Крупнейшие запасы газа, главным образом метана, сосредоточены на севере Сибири и на дне Северного Ледовитого океана. В силу не до конца изученных причин в последние десятилетия он просачивался в воду и выходил из гидросферы в атмосферу. Моряки говорят, что в некоторых частях Северного Ледовитого океана вода просто кипит. В результате северная часть нашей планеты покрылась метановой шапкой. Напомним, что метан — один из парниковых (точнее, «псевдопарниковых») газов. В связи с этим на фоне тенденций глобального похолодания началась локальная северная тенденция к потеплению.

Одна из точек активного выброса метана находится к северу от Новосибирских островов. Эту местность в 1800–1811 годах исследовал полярный исследователь Я. Санников [5, 13]. Именно тогда он предположил, что к северу от этих островов находится обширная земля, названная впоследствии его именем. В дальнейшем ее долго искали различные экспедиции, но так и не нашли. Эпос поисков загадочной земли вошел в нашу культуру. Можно вспомнить прекрасную книгу В.А. Обручева «Земля Санникова» и снятый по ней яркий фильм. Теперь тайна земли Санникова почти раскрыта. Именно в том месте, где российский полярник наблюдал неизвестную землю, издавна находится мощный регулярный выброс метана. В соединении с водой он образует ледоподобную структуру — гидрат метана. Горы льда и гидрата метана по мере своего роста могли поднимать на поверхность ил со дна относительно мелкого Северного Ледовитого океана. На этих горах могла бы возникнуть простая экологическая система. Санников вполне мог принять их за постоянную землю. Позже шторм уничтожил его, и последующие экспедиции ничего не нашли.

Потепление и таяние льдов Арктики — локальный процесс. Если ледники на севере тают, то на главном аккумуляторе холода — в Антарктиде — они растут. С 1979 года

и до начала нового тысячелетия площадь ледникового покрова здесь выросла с 14,6 до 15,9 миллиона квадратных километров. Поскольку Антарктида отражает привнесенное тепло в космос, она существенно охладит все южное полушарие [5]. В связи с тем что северные ледники плавают, а южные находятся на континенте, то при дальнейшем направлении таких процессов уровень воды в океане может падать, а не расти, как говорят апологеты глобального потепления.

Арктический регион представляет интерес для всего мира, особенно для России, США, Канады и Нидерландов. Несмотря на сложную экологическую ситуацию, эта территория используется для разных целей. Арктический регион является перспективным для добычи метана и других полезных ископаемых. В современной России ведутся исследования и практические работы в этом направлении. Они имеют значение как для национальной, так и для международной экономики.

Перспективные направления исследований

В прогнозах динамики мирового климата полного единства между разными специалистами нет. Одну из наиболее аргументированных моделей предложили специалисты Главной астрономической обсерватории РАН [5, 6]. Они полагают, что в течение XXI века будет иметься тенденция к снижению температуры. Период относительно низких температур сменится потеплением лишь в начале XXII века. Если исходить из цикла малых оледенений, то это вполне возможно. Температура в нынешнем веке будет медленно снижаться и достигнет минимума ориентировочно в 2041 году. С Солнцем климат связан с некоторым опозданием. Поэтому после этого, даже с учетом действий человечества и продолжающейся индустриализации, температура на какое-то время снизится. Тепловая инерция Мирового океана несколько замедлит этот процесс, но похолодание продолжится еще несколько десятилетий.

Солнечно-земные связи определяют ряд циклов изменения климата [9]. Уровень современных знаний уже позволяет выделить несколько основных групп циклов. Это большие циклы, длящиеся десятки миллионов лет. Минимальная температура этого цикла приходилась на палеозой. К мезозой — эпохе динозавров — температура этого цикла

достигла максимума. Сейчас мы снова идем к минимуму, но еще не достигли его. Колебания этого цикла настолько продолжительны, что человечество практически не сможет их ощутить в ближайшем будущем. Далее идут средние циклы оледенения. Здесь счет идет на десятки тысяч лет. Последний минимум покрыл льдом Северную Европу, привел к вымиранию мамонтовой фауны. Затем следует цикл небольших оледенений, продолжающийся веками. Здесь минимум был в XVII веке, максимум был достигнут в 1997 году. Дальше процесс пошел на снижение температуры. Это проявилось, в частности, в бурном росте главного аккумулятора холода планеты — Антарктиды [4, 5]. Однако именно этот цикл определит ситуацию на ближайшие десятилетия. Минимум будет достигнут, очевидно, через триста лет. Но из-за наложения среднего цикла этот минимум будет выше минимума XVII века. И процесс усиления погодной нестабильности будет накладываться на всю тенденцию снижения температуры. Но в любом случае глобальных катастроф не произойдет [22]. И человечество, и биосфера выживут.

Увеличение нестабильности климата сказалось на увеличении количества чрезвычайных ситуаций и катастроф примерно в два раза. Ущерб от стихийных бедствий обходится в среднем в 230 миллиардов долларов в год. В последнее время число погибших в результате катастроф достигло 230 000–1 000 000 человек в год. Наряду с землетрясениями, цунами, наводнениями увеличилось количество лесных и степных пожаров [6]. Во время написания статьи некоторые районы России накрыли мощные экстремальные наводнения.

Эти процессы имеют до конца не известные глобальные, геофизические и космические причины. Есть данные, что на состояние поверхности планеты и атмосферы влияют процессы в ядре Земли [12]. Понимание причин и предсказание трагических событий требуют комплексных усилий, основанных на синтезе различных наук, а также истории, обладающей знаниями о катастрофах прошлого. Фактором, снижающим риск, является постоянный мониторинг, в том числе дистанционный и контактный. Российская Федерация, обладая огромной территорией, имеет низкую концентрацию наземных метеорологических пунктов. Сети мониторинга недостаточно для эффективного прогнози-

рования динамики погоды и чрезвычайных ситуаций. В условиях увеличения экстремальных ситуаций и происшествий — ураганов и др. — реконструкция и «перестройка» сети мониторинга необходима. Основой такого прогресса является дистанционный мониторинг с использованием самолетов и спутников, дополняющий базу мониторинга наземных пунктов и станций.

Взаимодействие контактных и дистанционных методов наблюдения может сделать гидрометеорологические данные и прогнозы более точными и значимыми. Традиционные физические методы должны быть дополнены новыми биологическими методами исследований. Согласно исследованиям, животные способны предсказывать чрезвычайные опасности природного и антропогенного характера на основе взаимодействия биологической материи и вероятного физического поля, которое находится в стадии первичного изучения [16]. Дополнение биологического признака комплексом метеорологических данных может повысить значимость прогноза опасностей. Объединение всех данных и подходов может стать основой предлагаемых гидрометеорологических моделей погоды. Внедрение в практику заявленных комплексных методов может снизить потери от гидрометеорологических рисков и опасностей и повысить стабильность экономики страны.

Выводы

Основные тенденции глобального климата:

1. Замедление потепления с тенденцией к переходу к слабому снижению мировых температур.
2. Повышение нестабильности климатических и геофизических параметров.

Основные факторы, влияющие на климат, в порядке уменьшения значения:

1. Космические: Солнечная активность, положение Земли в мироздании, прохождение Солнечной системы через разные участки Вселенной с различной плотностью космической пыли, действие предполагаемых и не до конца изученных полей.
2. Глобальные — вулканическая деятельность, выходы из литосферных разломов ме-

тана и других газов, не до конца изученные процессы в земных недрах и в земном ядре.

3. Биологические — деятельность живых организмов, влияющая на состав атмосферы.
4. Социальные, связанные с развитием транспорта, индустрии и других областей человеческой деятельности. Локально эти виды деятельности могут существенно повлиять на климат и геофизическую обстановку, но глобально их энергетика слабее, чем вышеперечисленные факторы. Вместе с тем нельзя сбрасывать со счетов возможный триггерный эффект форм человеческой деятельности, которые могут активизировать или ослаблять действие природных сил.

Основные причины, обуславливающие асимметричные тренды климата Арктики и Антарктики:

1. В Арктике это выходы из литосферных плит метана — «псевдопарникового» газа, что имеет место в Северном Ледовитом океане. Итогом является потепление на севере России и повышение климатической нестабильности в Северо-Западном федеральном округе и некоторых других районах планеты.
2. В Антарктиде это высокая отражательная поверхность ледяного континента, ведущая к снижению температуры как на этом континенте, так и в южном полушарии в целом.

Заключение

С XVII до конца XX века наблюдался период глобального потепления. Это было связано с большим количеством не до конца изученных факторов, основными из которых были причины абиотической природы. С 1997 года начался период глобального похолодания. Земля имеет несколько сфер. Это атмосфера, гидросфера и литосфера. Живая сфера — биосфера. Внутри последней возникла пятая — сфера разума — ноосфера. Все эти оболочки находятся в состоянии динамического взаимодействия и, по сути, представляют собой единую систему, чрезвычайно устойчивую к любым воздействиям. Предположение о том, что деятельность человека может разрушить эту систему и кардинально изменить климат, на сегодняшний день не имеет серьезных доказательств [1]. Начало

похолодания не может кардинально нарушить структуру оболочек Земли и не приведет к катастрофическим последствиям для человечества [20]. Однако в северных регионах земного шара эти климатические процессы все равно будут заметны и возможны некоторые негативные последствия их. В Арктике из-за массового выброса метана возможно незначительное повышение температуры, в Сибири и на Крайнем Севере — понижение. Еще более заметное снижение произойдет в Антарктиде, что будет сопровождаться увеличением ледяной брони и понижением температур всего южного полушария.

Антарктический регион менее доступен для практического использования, чем Арктический. Сегодня Антарктика важна для фундаментальной науки и прогнозирования климата. В далекой перспективе

этот регион будет передан под контроль ООН и станет источником неограниченных ресурсов для будущего развития в соответствии с принципом устойчивого развития.

Программа будущего практического использования регионов должна учитывать следующие факты: 1. Глобальное потепление мало реально в ближайшие годы. 2. Неустойчивость климата может усилиться, и то же самое возможно с экстремальными климатическими явлениями. 3. Уровень воды Мирового океана, судя по всему, существенно не изменится.

Современная наука может в определенных пределах прогнозировать подобные изменения при условии соблюдения независимости научных исследований и освобождения ученых от финансовой зависимости и давления политической конъюнктуры.

Список литературы

1. Кокин А.В., Кокин А.А. Современные экологические мифы и утопии. Санкт-Петербург; 2008.
2. Кондратьев К.Я. Глобальные изменения на рубеже тысячелетий. Вестник РАН. 2000;70(9):788–796.
3. Кондратьев К.Я., Демирчан К.С. Климат Земли и «протокол Киото». Вестник РАН. 2001;71(11):1002–1009.
4. Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф., Савиных В.П. Перспективы развития цивилизации. Многомерный анализ. Москва: Логос; 2003.
5. Сапунов В.Б. Грядет глобальное похолодание. Москва: АСТ; 2011.
6. European Geosciences Union General Assembly 2019 [internet]. Available at: <https://www.egu2019.eu/>
7. Global crises, global solutions. Cambridge: Cambridge Univ Press; 2004.
8. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. Москва: Рольф; 2002.
9. Юбилейные чтения памяти А.Л. Чижевского, посвященные 110-летию ученого. Сб. тр. Всерос. конф. с междунар. участием, Санкт-Петербург, 27–30 нояб. 2007 г. Санкт-Петербург: Политехнический ун-т; 2007.
10. Данилов-Данилян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. Москва: Прогресс-традиция; 2000.
11. Лавров С.Б., Селиверстов Ю.П., Концепция устойчивого развития: стереотипы и реальность. Гуманитарные науки. 1996;(1-2):123–125.
12. Попов А.А. Ядро Земли. Смоленск: Манджента; 2012.
13. Резанов И.А. Атлантида: фантазия или реальность? Москва: Наука; 1976.
14. Сапунов В.Б. Антинаучная революция. В: Биоинформационные ресурсы человека: резервы образования. Материалы 1 Междунар. науч.-образоват. конф. СПб.: Астерион; 2004, с. 264–273.
15. <https://dzen.ru/a/ZRoxgcopFoFvza5>
16. Sapunov V. Temperature in the Arctic and Antarctic: The different directed trends. In: Handbook of Research on International Collaboration, Economic Development and Sustainability in the Arctic. Hershey: USA IGI Global; 2019, p. 416–428. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-6954-1.ch019>
17. Кондратьев Н.Д. Основные проблемы экономической статистики и динамики. Москва: Наука; 1991.

18. Тайерни Д. Пари о мировых ресурсах. Диалог — США. 1992;(50):60–65.
19. Фруммин Г.Т. Геоэкология: реальность, наукообразные мифы, ошибки и заблуждения. СПб.: РГГМУ; 2006.
20. Lomborg B. The skeptical environmentalist. Cambridge: Cambridge Univ. press; 2002. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139626378>
21. Sapunov V.B. Global dynamics of termite population: modeling, control and role in green houses effect // Proc. 6th Int Conf Urban pests, Budapest, 2008, p. 389 — 393.
22. Kovach R., McGuire B. Guide to global hazards. Philips; 2003.
23. Исидоров В.А. Еще немного об антарктической озоновой дыре и заменителях «озоноразрушающих фреонов». Химия и жизнь. 2001;(3):18–19.
24. Кеплер Ф., Рекманн Т. Метан и изменение климата. В мире науки. 2007;(5):165–169.
25. Арнольд В.И. Антинаучная революция и математика. Вестник РАН. 1999;69(8):555–558.
26. Термиты влияют на климат. Природа. 1983;(9):116–117.
27. <https://archive.org/details/handbookofpestcooomall>
28. Zimmerman P.R., Greenberg J.P., Darlington J.P., Termites and atmospheric gas production. Science. 1982;224(4644):86. <https://doi.org/10.1126/science.224.4644.86>
29. Anderson A., Jacklyn P.M., Morris I., Dawes-Gromadzki T. Termites of Northern Australia. Barker Souvenirs; 2005.
30. Esenther G., Beal R. Termite control. Sociobiology. 1979; 4:215–222.
31. Вольтера В. Математическая теория борьбы за существование. Москва: Наука; 1974.
32. Gause G. The struggle for existence. Baltimore. The Williams & Wilkins company; 1934. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.4489>
33. Жужиков Д.П. Термиты СССР. Москва: Изд-во МГУ; 1979.
34. Обухов В.Л., Сальников В.П., Алябьева З. Реалистическая философия. СПб.: Химиздат; 2009.
35. Sapunov V. Criteria of ecological pressure on agricultural systems. In: Cavallo E., Auat Chee-in F., Marinello F., Saçılık K., Muthukumarappan K., Abhilash P.C. (eds). 15th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy in Agriculture. ANKAEng 2023. Lecture Notes in Civil Engineering. Vol. 458. Springer, Cham.; 2024, p. 217–226. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51579-8_21

References

1. Kokin A., Kokin A. Modern Environmental Myths and Utopias. Saint Petersburg; 2008. (In Russ.).
2. Kondratyev K.Ya. Global processes toward тысячелетий. Herald of the Russian Academy of Sciences. 2000;70(9):788–796. (In Russ.).
3. Kondratyev K., Demirchan K. Climate of the Earth and Kyoto Protocol. Herald of the Russian Academy of Sciences. 2005;71(11):1002–1009. (In Russ.).
4. Kondratyev K., Krapivin V., Savinykh V. Perspectives of civilization development. Many measures analysis. Moscow: LOGOS Publ.; 2003. (In Russ.).
5. Sapunov V. B. Toward global cold snap. Moscow: ACT Publ.; 2011. (In Russ.).
6. European Geosciences Union General Assembly 2019 [internet]. Available at: <https://www.egu2019.eu/>
7. Global crises, global solutions. Cambridge: Cambridge Univ Press; 2004.
8. Vernadsky V. Biosphere and Noosphere. Moscow: Rolf Publ.; 2002. (In Russ.).
9. Memory meeting for A. Chizevsky for 110 anniversaries. All Russian with intern. Participation conference. St. Peterburg: Polytechnic University; 2007. (In Russ.).
10. Danilov-Danilyan V., Losev, K. Environmental Challenge and Sustainable Development. Moscow: Progress-Tradition Publ.; 2000. (In Russ.).
11. Lavrov S.B., Seliverstov Yu.P. Sustainable development — tradition and reality. Gumanitarne nauki [Humanitarian sciences]. 1996;(1-2):123–125. (In Russ.).
12. Popov A.A. Earth nucleus. Smolensk: Mandzenta; 2012. (In Russ.).
13. Resanov I.A. Atlantida — myth or reality? Moscow: Nauka Publ.; 1976. (In Russ.).
14. Sapunov V.B. Anti-science revolution. In: Biological and informative resources of man. International conference. St. Peterburg: Asterion; 2004, p. 264–273. (In Russ.).
15. <https://dzen.ru/a/ZRoxgcopFoFvza5>
16. Sapunov V. Temperature in the Arctic and Antarctic: The different directed trends. In: Handbook of Research on International Collaboration, Economic Development and Sustainability

- in the Arctic. Hershey: USA IGI Global; 2019, p. 416–428. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-6954-1.ch019>
17. Kondratyev N.D. Main problems of economic static and dynamic. Moscow: Nauka Publ.; 1991. (In Russ.).
 18. Tayerny D. Bat of world resources. Dyalog — USA. 1992;(50):60–65. (In Russ.).
 19. Frumin G. Geo-Ecology: Reality, Pseudoscientific Myths, Mistakes, and Delusions. Saint Petersburg: Russian State Hydrometeorological University; 2006. (In Russ.).
 20. Lomborg B. The skeptical environmentalist. Cambridge: Cambridge Univ. press; 2002. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139626378>
 21. Sapunov V.B. Global dynamics of termite population: modeling, control and role in green houses effect // Proc. 6th Int Conf Urban pests, Budapest, 2008, p. 389–393.
 22. Kovach R., McGuire B. Guide to global hazards. Philips; 2003.
 23. Isidorov V.A. On “ozon hole” and compounds instead of “ozon destructive freons”. Khimiya i zhizn'. 2001;(3):18–19. (In Russ.).
 24. Keppler, F. and Rockmann, T. (2007) Methane, Plants and Climate Change. Scientific American, 296, 52–57. <http://dx.doi.org/10.1038/scientificamericano207-52>
 25. Arnold V.I. Anti-science revolution and mathematics. Herald of the Russian Academy of Sciences. 1999;69(8):555–558. (In Russ.).
 26. Termites effect on climate. Priroda. 1983;(9):116–117. (In Russ.).
 27. <https://archive.org/details/handbookofpestcooomall>
 28. Zimmerman P.R., Greenberg J.P., Darlington J.P., Termites and atmospheric gas production. Science. 1982;224(4644):86. <https://doi.org/10.1126/science.224.4644.86>
 29. Anderson A., Jacklyn P.M., Morris I., Dawes-Gromadzki T. Termites of Northern Australia. Barker Souvenirs; 2005.
 30. Esenther G., Beal R. Termite control. Sociobiology. 1979; 4:215–222.
 31. Volterra V. Mathematical theory of struggle for existence. Moscow: Nauka Publ.; 1974. (In Russ.).
 32. Gause G. The struggle for existence. Baltimore. The Williams & Wilkins company; 1934. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.4489>
 33. Zhuzhikov D. P., Termites in USSR. Moscow: Moscow State University; 1979. (In Russian).
 34. Obukhov V.L., Sal'nikov V.P., Alyab'eva Z. Realistic philosophy. St. Petersburg: Khimizdat Publ.; 2009. (In Russ.).
 35. Sapunov V. Criteria of ecological pressure on agricultural systems. In: Cavallo E., Auat Chee-in F., Marinello F., Sağılık K., Muthukumarappan K., Abhilash P.C. (eds). 15th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy in Agriculture. ANKAEng 2023. Lecture Notes in Civil Engineering. Vol. 458. Springer, Cham.; 2024, p. 217–226. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51579-8_21

Сведения об авторе

Сапунов Валентин Борисович — доктор биологических наук, профессор, ЧОУ ВО «Медико-социальный институт» 195271, г. Санкт-Петербург, Кондратьевский проспект, д. 72, лит. А тел.: +7 (911) 925-40-31, E-mail: sapunov@rshu.ru

Information about the author

Valentin B. Sapunov — Dr. Sci. (Biology), Professor, Medical and Social Institute 195271, Saint-Petersburg, Kondratievsky Prospekt, 72, A tel.: +7 (911) 925-40-31, E-mail: sapunov@rshu.ru

Вклад автора

Автор подтверждает единоличную ответственность за концепцию и дизайн исследования, сбор и анализ данных, интерпретацию результатов, а также подготовку рукописи.

Author's contributions

The author confirms sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.