

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

GENERAL QUESTIONS OF ECOLOGY

УДК 551.58: 523.9

Л.К. ГОРШКОВ, *д. т. н., профессор, mane@mail.ru*

Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург

L. K. GORSHKOV, *Doctor of Engineering Sciences, Professor, mane@mail.ru*

Mozhaisky Military Space Academy, St. Petersburg

ПРОБЛЕМА ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ: РЕАЛЬНОСТЬ И ПРОГНОЗЫ

Показан годовой ход глобальной температуры атмосферы Земли за последние полтора столетия. Подтвержден рост глобальной температуры, достигнувшей к 2012 году своего максимума: $0,7 \pm 0,1$ °С над средним уровнем.

Рассмотрены широко обсуждаемые мировой общественностью причины потепления, среди которых одной из главных считается рост концентрации CO_2 как основного парникового газа в атмосфере. Анализ причин показывает, что на глобальное потепление преобладающее влияние оказывает повышение солнечной активности при наложении действий двухвекового и 11-летних циклов изменения климата Земли. Показана несостоятельность некоторых мировых проектов борьбы с глобальным потеплением.

Ключевые слова: *климат, глобальная температура, концентрация CO_2 , солнечная активность, связь концентрации CO_2 и климата, Киотский протокол, энергетические ресурсы, грядущее похолодание.*

PROBLEM OF GLOBAL WARMING: REALITY AND PROSPECTS

The annual course of the Earth's atmosphere's temperature for the last 150 years is shown. Growth of the global temperature is confirmed, it reached a maximum over the average level in 2012: $0,7 \pm 0,1$ °C.

Widely discussed warming causes are considered, the main is the growth of concentration of CO_2 in the atmosphere, which is the basic greenhouse gas. The analysis of the reasons shows that increase of solar activity has the prevailing impact on global warming when imposing actions of two-centuries and 11-year cycles of climate change. Groundlessness of some projects of fight against global warming is shown.

Key words: *climate, global temperature, concentration of CO_2 , solar activity, connection between concentration of CO_2 and climate, The Kyoto Protocol, energy resources, the future fall of temperature.*

Земля как планета Солнечной системы никогда не отличалась стабильностью климата, изменение которого во времени всегда имело циклический характер: наблюдалось множество периодов, когда средние глобальные температуры превышали средний уровень (потепления), но были и значительные понижения (похолодания).

Поэтому глобальное потепление конца XX — начала XXI веков представляется в истории Земли рядовым явлением в планетарном масштабе, связанным с изменением солнечной активности.

Самым замечательным свойством и в то же время наиболее важной особенностью солнечной активности является взаимодействие малых (11-летних) и больших (двух-

вековых) циклов: близких к периодическим изменениям интенсивности потока излучаемой Солнцем энергии и проявлений пятнообразовательной функции.

Климат при этом проявляется как сложная нелинейная динамическая система, формирующаяся под воздействием многих факторов, обеспечивающих атмосферу планеты теплом и влагой и определяющих динамику воздушных течений. Но главной особенностью земного климата считают его зависимость от поступления солнечного излучения, циркуляции воздушных масс и характера земной подстилающей поверхности. Климат отдельного региона, кроме того, определяется географической широтой; удаленностью от морских побережий; орографическими особенностями (рельефом); наличием растительного покрова (лесов, главным образом), ледников и снеговых образований; степенью загрязненности атмосферы. В свою очередь, климат влияет на географическое распределение растительности, почв и водных ресурсов и, следовательно, на землепользование и экономику, а также на условия жизни и здоровье человека.

В этой связи глобальные потепления (или глобальные похолодания) являются климатическими событиями планетного масштаба, что может привести и часто приводило к значительным преобразованиям во всех геосферах, затрагивая все стороны существования как неживого, так и, главным образом, живого мира Земли.

Изменения глобального климата проявляются при взаимодействии разнообразных физических процессов, приводящих к изменениям тепловых потоков внутри системы «океан — суша — атмосфера». При этом могут изменяться и доля поглощённой земной поверхностью коротковолновой солнечной радиации, и (или) доля поглощенной длинноволновой (инфракрасной, теплой) земной радиации атмосферными парниковыми газами. Поэтому долговременные ва-

риации солнечной постоянной имеют чрезвычайно важное значение для физического состояния Земли и условий жизни на ней, поскольку они могут оказать решающее влияние на существование человечества и всего живого на планете.

Усредненная за 11-летний цикл постоянная величина равномерно распределённого и приходящего на верхнюю границу атмосферы Земного шара притока удельной мощности солнечного излучения равна около 342 Вт/м^2 [1]. Из этого количества более 22% отражается облаками, аэрозолями и атмосферой обратно в космическое пространство, около 20% поглощается атмосферой. Поверхности Земли достигает около 58% солнечной энергии в виде прямого и рассеянного потока, из них примерно 9% отражается обратно в космос, и только чуть более 49% поглощается земной поверхностью и идет на нагревание Земли [2], неодинаковое по интенсивности на разных участках суши, океана и атмосферы, что приводит к возникновению мощных течений и цунами в океанах и морях, а также ветров, циклонов, антициклонов, ураганов и смерчей на суше и в атмосфере. Такие водно-воздушные перемещения сглаживают резкие перепады температуры и тем самым формируют климат как всей планеты в целом, так и отдельных её регионов. Однако при сохранении общих климатических закономерностей наблюдаются и заметные отклонения от средних величин (погодные аномалии, связанные с действием двухвековых циклических вариаций потока солнечной энергии). Эти вариации зависят от «остывания» или «нагрева» Солнца, то есть от изменений его активности, из-за чего и наблюдаются глубокие (иногда — глобальные) похолодания и потепления, соответственно, сопровождаемые изменением содержания в воздухе тех или иных газов, например, парниковых (водных паров, углекислого газа, метана, озона).

Современные методы измерений позволяют определять климатические характеристики прошлых эпох, например, ледниковых (похолоданий) и межледниковых (потеплений) периодов. Новые прецизионные измерительные системы обеспечивают с высокой точностью определение концентраций даже «малых» газов (CO_2 , например) в пузырьках воздуха, находящихся в слоях материковых льдов, образцы которых отбираются с помощью глубоких скважин, пройденных в Антарктиде, Гренландии, островах Северной Земли и т.п. В качестве примера можно привести отбор многокилометровых керновых проб льда из самой глубокой на Земле скважины (более 3600 м), пройденной в ледовом куполе российской станции «Восток» в Антарктиде (руководитель буровых работ — профессор Горного университета Н. И. Васильев, 2013 г.). С помощью анализа этих керновых проб льда были восстановлены земные «апокалипсисы», показавшие временные ряды температур приземного воздуха, наличие в нем углекислого газа и метана, а также нерастворимой минеральной пыли за 420 тыс. лет [3].

При этом была отмечена тесная связь между циклическими изменениями температуры и содержанием в атмосфере парниковых газов, в частности углекислого газа: повышение концентрации CO_2 , как правило, спустя некоторое время (до 200 лет) после соответствующего глобального потепления климата, имеющие место в доисторическую эпоху Земли, когда никакого индустриального воздействия на природу не могло быть. Более того, при анализе керновых ледовых проб было установлено, что периодические повышения содержания CO_2 в атмосфере в течение 420 тыс. лет никогда не предшествовали потеплению климата и, тем самым, никогда не были причиной глобальных потеплений, скорее, являлись следствием роста температуры, обусловленного длительным поступлением повышенной среднегодовой

энергии солнечного излучения, то есть не проявлением парникового эффекта, так как теория последнего предполагает обратную последовательность: сначала рост концентрации CO_2 , а затем — соответствующее потепление.

Таким образом, в современной трактовке феномена глобального потепления причина подменена признаком, хотя известно [4], что концентрация CO_2 в атмосфере регулируется уровнем средней температуры Мирового океана и является вторичной по отношению к росту глобальной температуры. Если же говорить о похолоданиях, то они всегда предшествовали снижениям концентрации CO_2 . Рост содержания CO_2 в доисторический период Земли обуславливался значительным прогревом вод Мирового океана, где количество растворенного углекислого газа в 50–60 раз превышает его наличие в атмосфере.

При прогреве Мирового океана в атмосферу выбрасывается огромная масса CO_2 , естественно, без антропогенного вмешательства. Могут быть и другие источники поступления углекислого газа: например, в процессе оттаивания в теплой воде океана старых мертвых водорослей, замороженных в айсберги [5,6], дрейфующие у берегов Антарктиды; при хищническом вырубании лесов, основных биологических потребителей углекислого газа; при лесных пожарах, извержениях вулканов и т.п. Что же касается теории парникового эффекта и его связи с ростом концентрации CO_2 в атмосфере, то по этому вопросу можно высказать следующее.

Теория парникового эффекта предполагает, что Земля поглощает солнечную энергию, главным образом, в коротковолновом участке спектра, а сама излучает в космос в основном длинноволновые инфракрасные лучи, о чем говорилось выше. Это инфракрасное излучение поглощается не кислородом и азотом атмосферы (где они занимают 99% пространства), а малыми газами: водяным паром (H_2O), углекис-

лым газом (CO_2), метаном (CH_4), озоном (O_3) и др., — свободно пропускающими солнечную энергию к Земле и не препятствующими отводу тепла в космос. Такой естественный парниковый эффект и обеспечивает условия для жизни на Земле. Ученые считают, что без такого эффекта планета в настоящее время была бы холоднее на 33°C , то есть площадь зоны многолетней (вечной) мерзлоты могла бы значительно превысить существующие современные границы.

Понятие парникового эффекта введено в науку шведским физико-химиком С. Аррениусом, который считал, что при

огромной концентрации CO_2 в атмосфере Земли можно вернуть полярным областям тропический климат.

Этот так называемый эффект Аррениуса и стал основой для современной гипотезы глобального потепления, реально наблюдающегося в 1960–2010-е годы и якобы связанного с чрезмерным выбросом CO_2 в атмосферу. Действительно, замеры температуры, начиная от 1850 г. (окончание 18-го малого ледникового периода) и до настоящего времени подтверждают это потепление (рис.1): за 100 лет (1910–2010) средняя глобальная температура выросла на $0,6^\circ\text{C}$, в том числе с 1990-х годов — на $0,4^\circ\text{C}$.

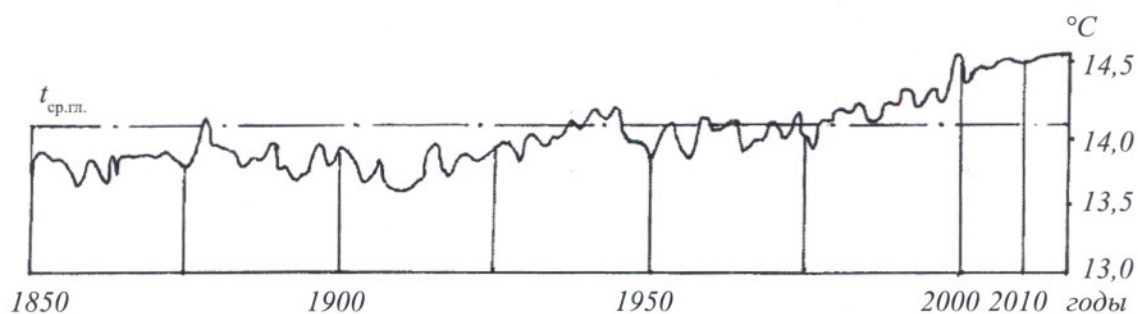


Рис.1. Динамика роста глобальной температуры по годам: $t_{\text{ср.гл.}}$ — средняя глобальная температура за 1850–2012 годы

Причиной такого потепления на Земле, по мнению некоторых специалистов, является грандиозное накопление в атмосфере некоторых газов, главным образом, CO_2 , наряду с другими, упоминавшимися выше. Эти газы, являясь естественными компонентами воздуха, замедляют остывание нагреваемой Солнцем земной поверхности. При этом знаменательно, что в последнее десятилетие всё в большей степени сжигаются ископаемые топливные компоненты, в первую очередь, нефтепродукты и уголь, отчего действительно растет антропогенное поступление CO_2 в атмосферу, вызывая перегрев земной поверхности из-за более интенсивного влияния парникового эф-

фекта. Рассмотрим и проанализируем некоторые цифры (табл. 1 [7]).

Объёмы CO_2 , выбрасываемые в атмосферу и показанные в табл. 1, свидетельствуют о том, что самый значительный «вклад» в повышение концентрации CO_2 в воздушном пространстве планеты вносят, прежде всего, США (20 т CO_2 в год на 1 человека). В пятерку основных «вкладчиков», после США, входят Австралия (17,3 т), Саудовская Аравия (12 т), Россия (10,5 т) и Германия (10,2 т).

Как следует из табл. 1, среднемировой уровень выбросов CO_2 в атмосферу составляет 4 т в год на 1 чел. Ниже указанного уровня дают выбросы CO_2 такие страны, как Турция, Китай, Бразилия, самый малый «вклад» вносит Кения (всего 0,2 т на 1 чел. в год).

Таблица 1

Антропогенные выбросы углекислого газа (CO₂) в атмосферу в различных странах мира [7]

Страна	Население ^{*)} , млн. чел.	Выбросы CO ₂ в год ^{**)} на 1 чел., т
Кения	15,3	0,20
Индия	663,6	1,0
Индонезия	145,0	1,3
Египет	42,0	2,0
Бразилия	119,0	2,0
Китай	996,2	2,6
Турция	45,4	3,3
Мексика	70,0	4,0
Малайзия	13,3	5,2
Швеция	8,3	5,3
Венесуэла	13,5	5,6
Франция	57,8	6,1
ЮАР	28,0	8,0
Великобритания	56,0	9,3
Япония	116,0	9,6
Германия	76,3	10,2
Россия	145,0	10,5
Саудовская Аравия	9,0	12,0
Австралия	14,5	17,3
США	230,0	20,0
Среднемировой уровень	2864,7	4,0

^{*)} — Данные на 1980 г.

^{**)} — Данные на 2008 г.

Примечательно, что США, имея всего 5% мирового населения, дают более 25% от общего объёма CO₂, выбрасываемого в атмосферу. Это не случайно, так как США и потребляют почти 25% от всего количества энергии, производимой в мире (табл. 2), при этом в пятерку стран, потребляющих энергию в значительных количествах, входят, кроме США, Китай, Россия, Япония и Германия.

На долю этих пяти стран приходится половина всей энергии, вырабатываемой в мире на современном уровне. Из потребляемых энергоресурсов невозобновляемые (ископаемые) ресурсы составляют 80% (табл. 3). При этом значительную долю (около 11%) составляют дрова, то есть сжигаемые лесные запасы. На долю же ядерно-

го топлива, гидроресурсов и других источников энергии приходится не более 10%, но эти источники не загрязняют атмосферу парниковыми газами, например, CO₂. В этом видится перспектива развития энергетики, в первую очередь, ядерной.

Таблица 2

Крупнейшие страны-потребители энергии в мире

Страна	Доля потребления энергии, %
США	24,5
Китай	9,0
Россия	7,0
Япония	5,5
Германия	4,0
Остальной мир	50,0
Всего:	100

Таблица 3

Мировые источники энергии

Виды энергетических источников	Доля каждого вида, %
Нефть	33,0
Уголь	24,5
Газ	22,0
Дрова	22,0
Ядерное топливо	7,0
Гидроресурсы	2,0
Прочие ресурсы	0,5
Итого:	100,0

Но вернемся к температурной динамике. Из рис. 1 следует, что ощутимый рост средней глобальной температуры наблюдался в 1910–1940-х годах, то есть в годы, приходящиеся на 1-ю и 2-ю мировые войны, гражданскую войну в России, другие военные конфликты, когда в атмосферу выбрасывалось действительно повышенное количество CO₂ и других газов, образующихся от применения разного рода боеприпасов, отравляющих газов, а также пожаров в городах и селах, лесных пожаров, вызванных военными действиями. На том же рис. 1 просматривается и другой период роста глобальной температуры — от 1980-х годов до наших

дней, когда средняя глобальная температура была превышена на значительную величину (почти 0,5 °C).

Вероятно, эти данные и послужили причиной дискуссий апокалиптического характера о резком потеплении земного климата не без антропогенного вмешательства со всеми сопутствующими последствиями (экономическими, политическими, социальными и, на последнем месте, экологическими), в основе которых лежат страх и неизбежные экономические издержки, влияющие на уровень и качество жизни.

Нарастая в течение последних полутора столетий объемы сжигаемых углеводородов и тем самым увеличивая выбросы в атмосферу диоксида углерода, водяных паров, метана, оксидов азота, человечество действительно способствует нарушению естественного баланса круговорота парниковых газов между растительным миром, Мировым океаном и атмосферой Земли. Но попробуем разобраться, в какой степени это опасно и как это работает на глобальное потепление. Покажем это на примере изменения концентрации CO₂.

Положительный круговорот CO₂ в природе оценивается величиной в 1 млрд. т в год [8]. Этот объем полезно используется для смягчения различий между дневными и ночными температурами и обеспечивает относительное постоянство климатических и физических параметров атмосферы (температуры, давления, влажности, магнитной и электрической насыщенности) на уровне, необходимом для существования всего живого, человека в том числе.

Положительная роль углекислого газа в атмосфере отмечается ещё и тем, что он способствует существенному повышению продуктивности сельскохозяйственных культур, ускорению роста лесов и восстановлению порушенных лесных массивов, тундры, лесотундры, лесостепи и даже степных пространств (например, при восстановлении их после степных пожаров) и т. п. Дан-

ные 1980–2000 гг. [6] свидетельствуют об увеличении площадей растительного мира на 6%, а соответствующие прогнозы показывают, что удвоение концентрации CO₂ в атмосфере может способствовать росту урожайности кукурузы и сахарного тростника до 10%, зерновых (особенно риса) — на 10–50% в зависимости от условий их возделывания (климата, географического положения, влажности земель и атмосферы и т. д.).

Однако к настоящему времени в атмосферу нашей планеты выбрасывается более 6 млрд. т в год углерода промышленного происхождения в форме CO₂ и, кроме того, дополнительные его объемы за счет часто наблюдающихся лесных пожаров и растепления многолетней мерзлоты, когда выделение CO₂ сопровождается и выделениями метана. Последнее может значительно сократиться с приближением нового естественного похолодания — предвестника очередного малого ледникового периода.

Но антропогенные выбросы будут постоянно расти, если интенсивность потребления нефти и угля существенно не снизятся. Употребление же природного газа вместо угля и дров снизит объемы выбрасываемого в атмосферу CO₂, но при этом резко увеличит выбросы метана, гораздо более опасного, чем нетоксичный нейтральный CO₂.

Многие страны (например, США и в ближайшем будущем Украина) заменой природному газу считают сланцевый (синтетический) газ, но он ещё более опасен и токсичен, чем метан, выделяемый из природного газа и других газовых смесей при добыче и сжигании угля, а также при растеплении мерзлоты, приуроченной к низменным, болотистым территориям.

Самый большой вклад в повышении концентрации CO₂ в атмосфере Земли вносит Мировой океан, который содержит в себе, как уже отмечалось, в 50–60 (!) раз больше CO₂, чем вся атмосфера [5]. При повышении температуры вод Мирового океана даже на 1–2 °C может выделиться количество

углекислого газа в десятки раз больше, чем антропогенные его выбросы. Но почему-то мировая научная общественность не попытается установить, какая же доля CO_2 в атмосфере вызвана жизнедеятельностью человечества и индустриальными воздействиями, и как эта доля соотносится с естественными причинами образования CO_2 . Вместо этого в процесс нагнетания страстей по поводу естественного, по своей сути, потепления задействованы немалые экономические и, более того, политические силы. Была принята рамочная конвенция об изменении климата (1992) и специальный протокол к ней — Киотский протокол (1997), накладывающий количественные обязательства по сокращению на 5,2% (!) выброса парниковых газов, по крайней мере, на первый период его действия (2008–2012). Самое знаменательное в этом отношении является то, что США, на долю которого, как уже отмечалось, приходится до 25% выброса парниковых газов, не ратифицировали (хотя и подписали) Киотский протокол, объясняя свою позицию тем, что антропогенная причина потепления атмосферы *не имеет приемлемого научного обоснования*. Однако это не помешало бывшему вице-президенту США Альберту Гору получить Нобелевскую премию за активную борьбу с глобальным потеплением, усматривая в этом антропогенное начало.

Но отрадно, что в настоящее время многие специалисты считают, что борьба с глобальным потеплением будет самым грандиозным, дорогим и... бесполезным проектом за всю историю человечества [2]. Даже существенное сокращение выбросов CO_2 в атмосферу (что имело бы немаловажное экологическое значение) не может стабилизировать концентрацию CO_2 и тем самым снизить интенсивность глобального потепления. Продолжение политики борьбы с выбросами CO_2 приведет только к пустой трате огромных средств, ибо человечество никогда не снизит потребления топлива по своей воле, если не будет для этого очень суще-

ственных причин (истощение запасов нефти и газа, например). Да и период потепления, судя по прогнозам специалистов [5], закончится в ближайшем будущем. В этой связи более рациональным было бы задуматься об адаптации к глобальному похолоданию. Для России, северной страны, это, как никогда, существенно и безусловно актуально.

Начиная с 2015–20-х годов, температурная кривая будет приближаться к линии средней глобальной температуры (14°C) и к 30-м годам пересечёт её и будет опускаться: к 50-м годам нынешнего столетия температура атмосферы Земли может снизиться на $0,5^\circ\text{C}$ от среднегодового уровня (рис.2). Поэтому вместо «борьбы» с потеплением нужно готовиться к очень серьёзным и болезненным проявлениям глобального похолодания и изыскивать финансовые и материальные средства на решение соответствующих проблем.

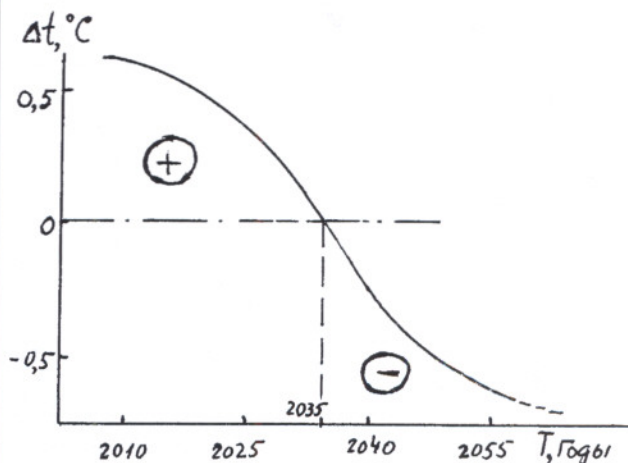


Рис.2. Прогноз изменения глобальной температуры к середине XXI века: штрих-пунктирная линия — нулевое отклонение от средней глобальной температуры, равной 14°C ; ⊕ — потепление; ⊖ — похолодание

При этом следует не забывать, что к 2020–25 гг. прогнозируется пик добычи нефти на суше, после чего будет неизбежный спад в её употреблении. На замещение нефтепродуктов на первые места выйдут природный газ (пик добычи которого придется на 50-е годы) и ядерная энергетика [8,9], для

которой открываются реальные перспективы широкого развития при условии совершенствования ядерных реакторов, повышения уровня систем защиты и общего уровня безопасности и применения малых атомных электростанций, главным образом, передвижных, в отдаленных и труднодоступных регионах.

А этими регионами будут, в первую очередь, арктические территории, где, по прогнозам [10,11], залегают около трети неразведанных мировых запасов природного газа (Россия) и около 13% нефти (шельф Аляски, США). Огромные, но труднодоступные запасы углеводородного сырья в Арктике дают

ЛИТЕРАТУРА

1. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. — М.: МГУ — Наука, 2006. — 582 с.
2. Абдусаматов Х.И. Солнце диктует климат Земли. — СПб.: Logos, 2009. — 197 с.
3. Climate and atmospheric history of the past 420000 years from the Vostok ice core, Antarctica / J.R. Petit, N.I. Barkov, V.Y. Lipenkov and alt. // *Nature*, 1999, vol. 399, № 6735. — P. 429–436.
4. Бudyko М.И. Проблема углекислого газа. — СПб.: Гидрометеоздат, 1997. — 60 с.
5. Абдусаматов Х.И. Солнце определяет климат // *Наука и жизнь*, 2009, № 1. — С. 34–42.
6. Парниковый эффект, изменения климата и экосистемы / Под ред. Б. Болина и др. — Л.: Гидрометеоздат, 1989. — 557 с.
7. Планета Земля / Пер. с англ. — М.: Изд. дом «Ридерз Дайджест», 2008. — 256 с.
8. Мясников Ю.Н. Глобальное потепление и развитие энергетики // *Экология и развитие общества*, 2012, № 3(5). — С. 23–27.
9. Рогалев В.А. Эколого-экономический прогноз динамики рынка энергоресурсов до 2050 года // *Экология и развитие общества*, 2012, № 2(4). — С. 12–16.
10. Gantier D.L., Bird K.J., Charpentier R.R. et alt. Assessment of Undiscovered Oil and Gas in the Arctic // *Science*, 2009, vol. 324, N5931. — P. 1175–1179.
11. Абдусаматов Х.И. Глобальное похолодание может стать одним из рисков при освоении Арктики // www.rian.ru/interview/20081127/156013745.html.

дополнительный стимулирующий импульс в уже начавшейся «битве» за энергетические ресурсы Северного Ледовитого океана.

Будущее глубокое похолодание осложнит эту борьбу и может стать одним из основных рисков при освоении арктических богатств. Только комплексный, продуманный, научно обоснованный подход к развитию и пополнению энергетических ресурсов позволит России достичь энергетической стабильности в будущем при условии тщательного исследования причин изменения климата, вложения средств на дальнейшее освоение Арктики и совершенствование ядерной энергетики.

REFERENCES

1. Khromov S.P., Petrosyants M.A. *Meteorologiya I klimatologiya* [Meteorology and climatology]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 582 p.
2. Abdusamatov Kh.I. *Solntse diktuet klimat Zemli* [The Sun dictates the Earth's climate], SPb, Logos Publ., 2009, 197 p.
3. J.R. Petit, N.I. Barkov, V.Y. Lipenkov Climate and atmospheric history of the past 420000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature Publ.*, 1999, vol. 399, no 6735, pp. 429–436.
4. Budyko M.I. *Problemy uglekislogo gaza* [Carbon dioxide problems]. SPb, Gidrometeoizdat Publ., 1997, 60 p.
5. Abdusamatov Kh.I. The Sun defines the climate. *Nauka I zhizn'* [Science and life]. 2009, no. 1. pp. 34–42.
6. Ed. Bolin B. Parnikovyi effect, izmeneniya klimata I ekosistemy [Greenhouse effect, changes of climate and ecosystem]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1989, 557 p.
7. *Planeta Zemlya* [The Earth], Moscow, Reader's Digest Publ., 2008, 256 p.
8. Myasnikov Yu.N. Global warming and development of power engineering. *Ekologiya I razvitie obschestva* [Ecology and society's development], 2012, no. 3(5), pp. 23–27.
9. Rogalev V.A. Ecological and economic prognosis of dynamics of the market of energy resources till 2050. *Ekologiya I razvitie obschestva* [Ecology and society's development], 2012, no. 2(4), pp. 12–16.
10. Gantier D.L., Bird K.J., Charpentier R.R. et alt. Assessment of Undiscovered Oil and Gas in the Arctic // *Science*, 2009, vol. 324, no. 5931, pp. 1175–1179.
11. Abdusamatov Kh.I. The global fall of temperature can become one of risks at development of the Arctic. www.rian.ru/interview/20081127/156013745.html.