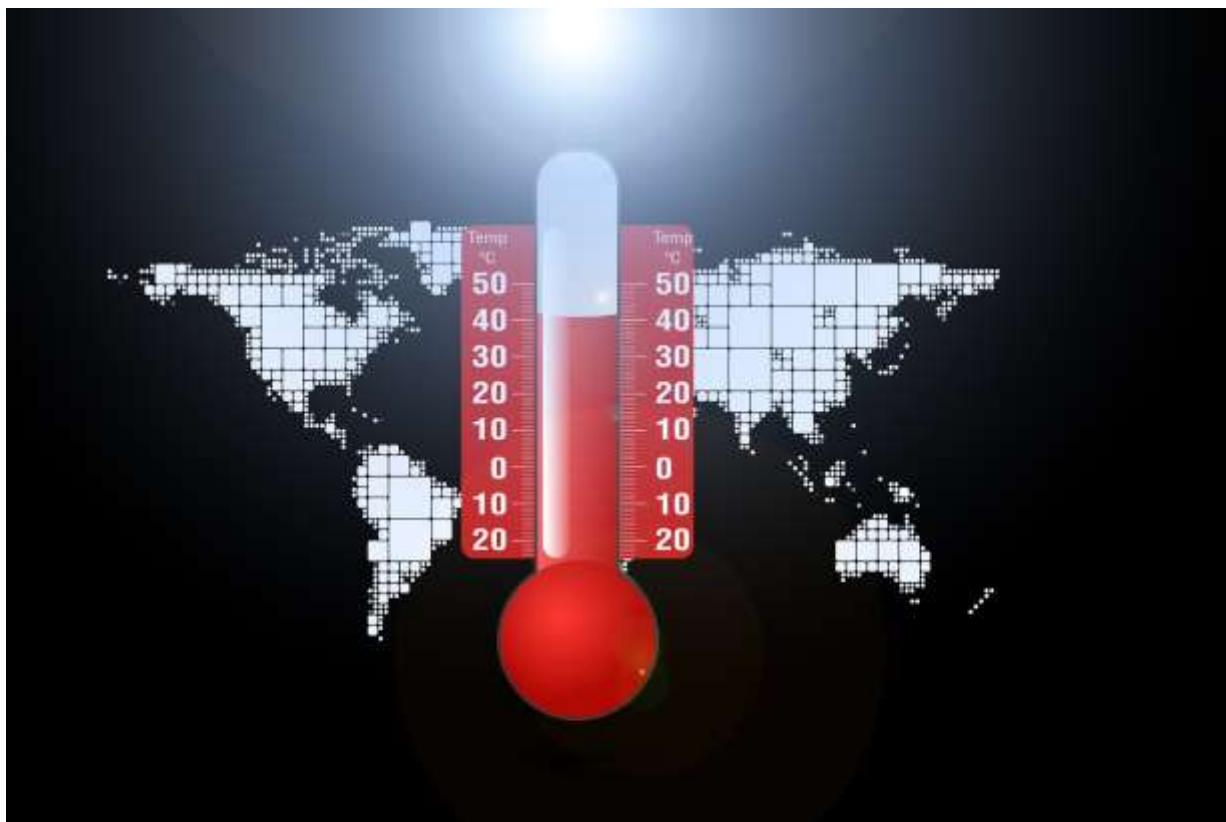


Глобальные изменения климата. Часть 2. Насколько человечество виновно в потеплении?



Проблемы современных изменений климата на Земле в последние десятилетия все больше беспокоят мировое сообщество. Они исследуются учеными всего мира и анализируются международными организациями. Но разногласий по-прежнему много. В первой части статьи [18] мы разобрали основные доводы в пользу реальности потепления и привели часть доказательств того, что основной его причиной может являться углекислый газ, выбрасываемый в атмосферу при сжигании ископаемого топлива, а также рассмотрели некоторые альтернативные точки зрения. Здесь мы приведем результаты моделирования, указывающие на значительный вклад человечества в ход потепления.

Аналитическая служба «ГеоИнфо»
info@geoinfo.ru

Как показал статистический анализ публикаций в рецензируемых научных изданиях, около 97% климатологов мира считает, что на Земле сейчас действительно происходит слишком быстрое потепление. Из них большинство думает, что температура приземного воздуха растет в основном из-за выбросов углекислого газа при сжигании ископаемого топлива. Но по-прежнему много разногласий по поводу вкладов в современное потепление со стороны естественных колебаний климата и антропогенных причин. Также сильно варьируют прогнозы на будущее и предложения по смягчению последствий. При этом проблемы, связанные с изменениями климата, зачастую либо недооцениваются, либо переоцениваются – от полного отрицания до предсказаний страшных катастроф, что зачастую имеет экономическую или политическую подоплеку.

В первой части статьи [18] мы рассмотрели вопросы роста температуры приземного воздуха, увеличения содержания углекислого газа в атмосфере и его источников. Здесь мы поговорим об антропогенном и природном вкладе в современное потепление, а также о возможностях прогнозирования дальнейших климатических изменений с помощью математического моделирования.

Факторы, влияющие на климат

Климатическая система Земли охватывает атмосферу, океан, сушу, криосферу и биосферу. К характеристикам, описывающим эту комплексную систему, относятся: температура воздуха и морской воды, динамика циркуляции атмосферы и Мирового океана, атмосферные осадки, скорость и направление ветров, частота и сила экстремальных метеорологических явлений, влажность воздуха, почв и других грунтов, состояние снежного и ледового покровов, уровень моря, границы природных зон и др.

Поскольку термин «глобальное потепление» подразумевает лишь приземную температуру воздуха, а изменения происходят во многих компонентах климатической системы (рис. 1), ученые теперь чаще используют термин «изменения климата».

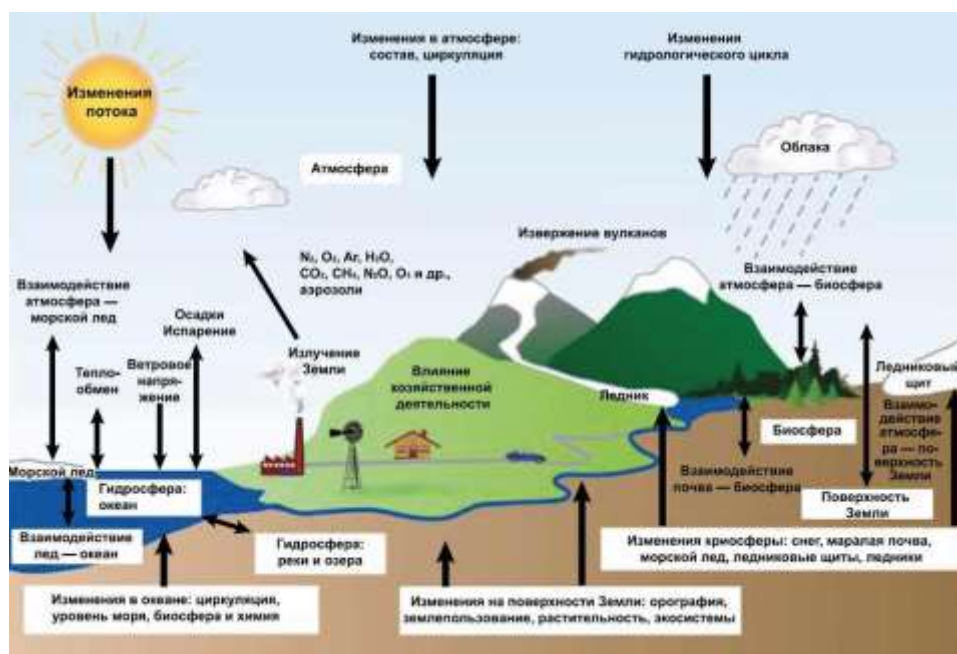


Рис. 1. Климатическая система Земли и некоторые влияющие на нее факторы и взаимосвязи [37]

Естественных факторов, в комплексе влияющих на климат, может быть множество:

- циклические процессы в океане и изменения океанических течений;
- общая циркуляция атмосферы, содержание в ней парниковых газов, аэрозолей, озона;
- деятельность живых организмов, прежде всего растений;
- изменения ландшафтов и альбедо (отражающей способности) поверхности суши и океана;
- тектонические процессы;
- вулканическая активность;
- выбросы метана при сейсмической активности;
- водородная дегазация Земли;

- положение земного ядра (которое сейчас предположительно смещается в сторону Северного полюса);
- переполюсовка магнитного поля;
- наклон, прецессия и нутация земной оси, скорость вращения Земли, сезонные и суточные циклы;
- орбитальные циклы (эксцентриситет эллиптической орбиты Земли и ее искажение под влиянием других планет) и соответствующее расстояние между Землей и Солнцем;
- падение астероидов;
- солнечная активность;
- расстояние между Солнцем и барицентром Солнечной системы (которое сейчас предположительно уменьшается);
- галактические циклы, космические лучи и др.

А теперь, как оказалось, на климат влияют и разные виды хозяйственной деятельности человека.

Но что из всего этого является основной причиной слишком быстрого современного потепления? Встречается множество научных публикаций, где берется какой-то отдельный фактор и приводятся доказательства того, что именно он и является сейчас основной причиной изменений климата. Поскольку факторов много, то и точек зрения, не совпадающих с наиболее общепринятой, встречается множество.

Главными трудностями в понимании причин климатических изменений являются:

- невозможность достаточно надежного учета положительных и отрицательных обратных климатических связей (облачно-радиационной обратной связи, выбросов в атмосферу большого количества метана и углекислого газа при таянии многолетней мерзлоты, изменений альбедо земной поверхности из-за таяния льдов или смены растительных сообществ, взаимодействий атмосферы и океана, соответствующей инерционности климатической системы и др.);
- отсутствие достоверных количественных оценок соотношений между вкладами природных и антропогенных факторов;
- большая пространственная неоднородность современных изменений климата и его межгодовая изменчивость;
- неизученность глобальных осцилляций приземной температуры воздуха с периодом около 65–70 лет и т.д.

О вкладах в потепление со стороны антропогенного и природных факторов

Несомненно, естественные причины всегда вызывали, вызывают и будут вызывать изменения климата на Земле. Однако анализ климатических моделей с учетом различных групп независимых переменных показал, что на современном этапе увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере из-за сжигания ископаемого топлива оказывает на наблюдающееся потепление гораздо более серьезное влияние, чем другие факторы.

Оказалось, что лучше всего соответствуют результатам наблюдений те модели, которые учитывают как современные фазы естественной изменчивости климата, так и антропогенные выбросы углекислого газа (рис. 2, а). Если же использовать в качестве входных данных только естественные причины вместе или по отдельности, то современное потепление воспроизвести не удастся (рис. 2, б; рис. 3).

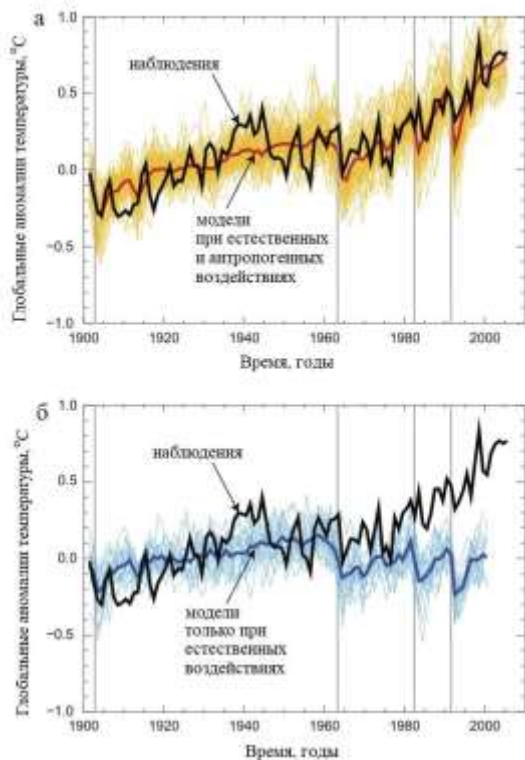


Рис. 2. Сопоставление графиков изменений глобальной температуры, полученных по результатам наблюдений и путем расчетов с помощью климатических моделей: а – с учетом и природных, и антропогенных воздействий; б – с учетом только природных воздействий. Серыми вертикальными линиями отмечены моменты достаточно крупных извержений вулканов [6, 37]

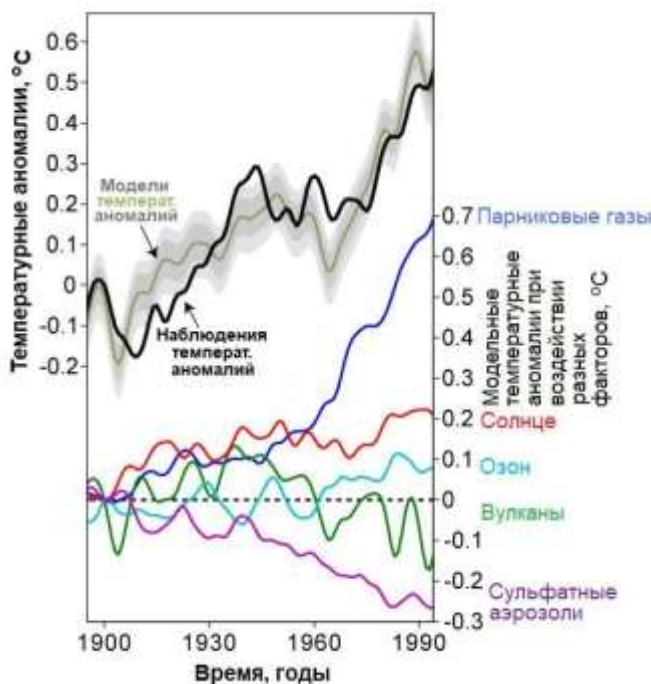


Рис. 3. Сопоставление графиков изменений глобальной температуры по результатам наблюдений и моделирования (сверху), а также по результатам моделирования с учетом разных факторов по отдельности (снизу) [54]

Поэтому в научном мире наиболее распространено мнение о том, что в последние 100 с лишним лет с очень большой вероятностью происходит антропогенное усиление роста глобальной температуры, вызванное природными причинами. Причем распространен вывод, что со второй половины XX века выбросы углекислого газа при сжигании ископаемых углеводородов вносят в потепление основной вклад. Сравнительно небольшой дополнительный вклад имеют и другие виды человеческой деятельности – землепользование, сведение лесов, загрязнение атмосферы другими химическими веществами и пр. (отметим, что выбросы аэрозолей, особенно сульфатных, могут работать в другую сторону, то есть замедлять современное потепление).

Если говорить об обратных связях, то повышение температуры приземного воздуха приводит к еще большему увеличению концентраций углекислого газа и метана за счет их выделения из нагревающихся океанов, грунтов и оттаивающей многолетней мерзлоты, что, в свою очередь, вносит свой вклад в последующее потепление.

Все это может принять слишком опасный для человечества и биосферы характер, если цивилизация действительно необратимо нарушила динамическое равновесие в климатической системе, отлаженное за время развития Земли, тем более что естественные процессы чаще всего бывают циклическими, а влияние человека является нарастающим.

Некоторые ученые высказывают мнение о современных вариациях климата из-за периодических (пульсирующих) изменений светимости Солнца, считая, что мы сейчас живем вблизи пика одного из временных потеплений природного происхождения, после окончания которого в ближайшие десятилетия начнется новая фаза похолодания, которая опять сменится на потепление в начале XXII века. Они объясняют неожиданно высокую сегодняшнюю скорость изменений температуры как левую ветвь возможного краткосрочного рядового «всплеска» на графике.

Эта точка зрения не получила широкой поддержки, однако сопоставление точных графиков наблюдаемых изменений, например, в Арктике, показало, что активность Солнца все-таки оказывала значительное влияние на повышение температуры приземного воздуха с начала XX века до 1930–1940-х годов (и в какой-то степени в 1980–1990-х годах) (рис. 4). Но с 1950-х (и особенно с 1990-х) годов серьезного роста солнечной активности не было и даже началось некоторое ее уменьшение (рис. 5), но именно тогда глобальная температура стала подниматься особенно быстро, то есть антропогенный вклад скорее всего вышел на передний план.

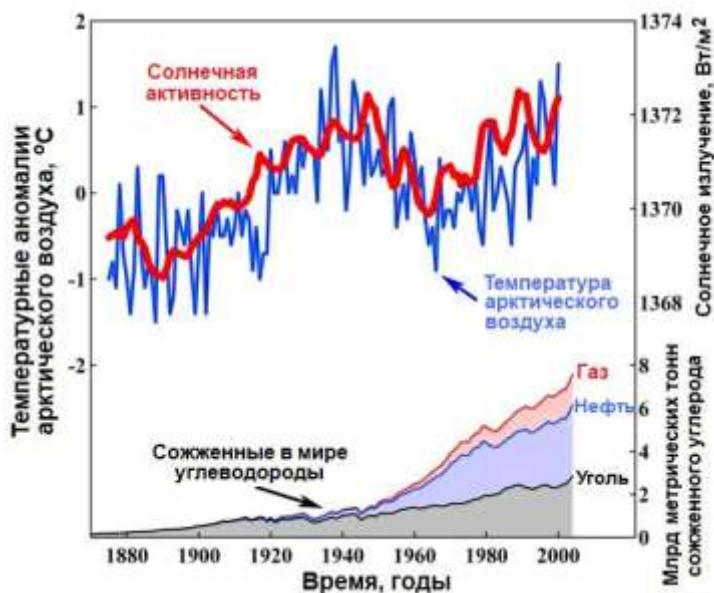


Рис. 4. Графики, показывающие, что изменения температуры воздуха в Арктике до 1990-х годов и особенно до 1950-х годов значительно коррелировали и с солнечной активностью [57]

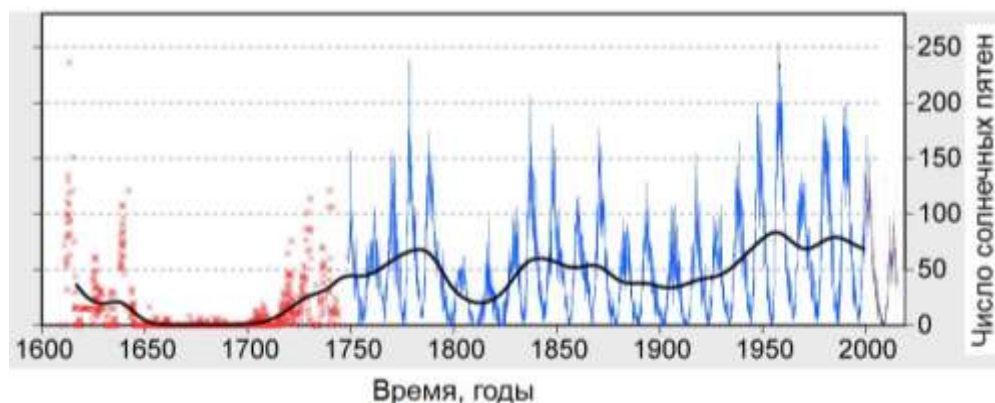


Рис. 5. Изменения солнечной активности за последние 400 с лишним лет [54]

Прогнозные модели

Чтобы предсказать, как будет изменяться климат дальше, также разрабатывают модели, математически описывающие взаимодействия между атмосферой, океаном, земной поверхностью, ледниками, солнечным излучением, антропогенными выбросами и другими факторами. Надежность отражения климатической моделью усредненной тенденции климатических изменений на десятки и сотни лет вперед в какой-то степени подтверждается ее способностью правильно их воспроизводить в прошлом и в настоящем. Какой-то одной идеальной модели на сегодня по-прежнему нет – их используется несколько десятков. И все они показывают, что в ближайшем будущем будет продолжаться увеличение температуры приземного воздуха, количества и неравномерности распределения осадков, испарения и погодных катаклизмов. И все-таки климатическая система Земли является настолько сложной, что всегда будут оставаться сомнения.

Однако первые прогнозы, сделанные на основе моделирования, уже можно проверить. Например, прогнозы моделей конца 1980-х годов, показывавшие значительное потепление к концу 1990-х и в начале 2000-х годов, подтвердились.

Климат и формирующие его факторы – чрезвычайно сложная и постоянно меняющаяся система, находящаяся в динамическом равновесии. Необходимо учитывать все множество

сложных прямых и обратных связей, причем только в комплексе и с учетом пространственной и временной изменчивости. Имеющиеся же у ученых сведения пока противоречивы, неполны и в ряде случаев охватывают слишком короткие периоды наблюдений. Известны еще далеко не все причинно-следственные связи, влияющие на климат, поэтому пока нет возможности понять всю систему связанных с ним процессов в полной мере. А ведь небольшое изменение исходных данных, вводимых в модели, может привести к кардинальным изменениям в климатических прогнозах.

Но в любом случае прогнозы необходимы даже при отсутствии 100%-ной уверенности в них, чтобы подготовиться к возможным рискам, которые в целом возрастают при увеличении темпов и масштабов изменений климата.

Будет ли похолодание?

Часто можно встретить мнение о том, что потепление скоро закончится и наступит похолодание. Действительно, в будущем ожидаются изменения параметров орбиты, углов наклона и прецессии земной оси и т.д., которые в прошлом приводили к ледниковым периодам, но связанное с этим похолодание скорее всего наступит не ранее чем через 2–3 тыс. лет (может быть, даже через 10 или 100 тысяч лет). Сегодня мы живем в период межледниковья, то есть в теплый период, который длится уже около 11,7 тыс. лет. Он, возможно, подходит к концу, но в геологических масштабах времени.

Так что прогнозы, предрекающие глобальное потепление и глобальное похолодание, не противоречат друг другу. Просто скорее всего первое ожидает нас в ближайшие десятки и сотни лет, а второе – через тысячи или десятки тысяч лет.

Поскольку до следующего ледникового периода еще очень далеко, решать проблемы похолодания придется нашим далеким потомкам. Но пока что наблюдается рост средней температуры на планете, а человеческая деятельность его усиливает и при этом, может быть, тормозит или будет тормозить приближение следующего похолодания. Поэтому нам и нашим ближайшим потомкам придется решать проблемы, связанные с потеплением.

Однако трудно точно предсказать, насколько долго и резко оно будет продолжаться, как повлияет на нашу жизнь и что нам с этим делать. Но об этом мы поговорим в следующих частях статьи.

Список литературы и других источников

1. А. Кокорин: в изменениях климата виноват человек // Центр по изменению климата в Кыргызской республике. 18.06.2014. URL: <http://climatechange.kg/a-kokorin-v-izmeneniyah-klimata-vinovat-chelovek/>.
2. Аксенова Е. Профессор МГУ предостерег о приближении малого ледникового периода // TVZvezda. 17.08.2018. URL: https://tvzvezda.ru/news/vstrane_i_mire/content/201808171113-5yts.htm.
3. Андреев С.С. К вопросу о глобальном потеплении // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2007. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-globalnom-poteplenii>.
4. Арутюнов В.С. Глобальное потепление: катастрофа или благо? // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). 2005. Т. 49. № 4. URL: <http://www.chem.msu.su/rus/jvho/2005-4/102.pdf>.
5. Балина С. Колебания климата. Мифы и реальность // Библиофонд. Дата последнего обращения: 01.04.2019. URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=117857>.

6. *Владимиров В.А., Чураков Ю.И.* Проблема глобального изменения климата как природная опасность // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2014. Т. 4. № 2 (7). С. 506–519. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/problema-globalnogo-izmeneniya-klimata-kak-prirodnaya-opasnost>.
7. Гипотезы об изменении климата // BioFile. Дата последнего обращения: 31.03.2019. URL: <http://biofile.ru/bio/35480.html>.
8. Глобальное потепление на Земле отменяется // Naked Science. 01.02.2014. URL: <https://naked-science.ru/article/sci/globalnoe-poteplenie-na-zemle>.
9. Глобальное потепление откладывается // Sunhome.ru. Дата последнего обращения: 01.04.2019. URL: <https://www.sunhome.ru/journal/121311>.
10. Глобальное потепление – ложь века! // Мир прогнозов. Дата последнего обращения: 01.04.2019. URL: <https://www.mirprognozov.ru/prognosis/climate/globalnoe-poteplenie-loj-veka/>.
11. Глобальное потепление – миф или реальность? // МКС онлайн. Дата последнего обращения: 01.04.2019. URL: <http://mks-onlain.ru/news/globalnoe-poteplenie-mif-ili-realnost/>.
12. Глобальное потепление – мифы, заблуждения, факты и чем может грозить потепление климата // Science Debate. Дата последнего обращения: 02.04.2019. <http://www.sciencedebate2008.com/vote/>.
13. Глобальное потепление – обман // Sunhome.ru. Дата последнего обращения: 01.04.2019. URL: <https://www.sunhome.ru/journal/116154>.
14. Глобальное потепление // Replyon. Дата последнего обращения: 03.04.2019. URL: <http://replyon.net/147-globalnoe-poteplenie.html>.
15. Глобальное потепление // Sunhome. Дата последнего обращения: 03.04.2019. URL: <https://www.sunhome.ru/journal/125473>.
16. Глобальное похолодание // Sunhome.ru. Дата последнего обращения: 01.04.2019. URL: <https://www.sunhome.ru/journal/16074>.
17. Глобальному потеплению уготован конец? // Sunhome.ru. Дата последнего обращения: 01.04.2019. URL: <https://www.sunhome.ru/journal/118004>.
18. Глобальные изменения климата. Часть 1. Происходит ли потепление и почему? // Geoinfo.ru. 23.04.2019. URL: <https://www.geoinfo.ru/product/analiticheskaya-sluzhba-geoinfo/globalnye-izmeneniya-klimata-chast-1-proiskhodit-li-poteplenie-i-pochemu-40679.shtml>.
19. Глобальный холод // Sunhome.ru. Дата последнего обращения: 01.04.2019. URL: <https://www.sunhome.ru/journal/120277>.
20. *Городницкий А.* Конец мифа о глобальном потеплении // Новые известия. 10.02.2017. URL: <https://newizv.ru/comment/aleksandr-gorodnitskiy/10-02-2017/251901-konec-mifa-o-globalnom-poteplenii>.
21. Две статьи о глобальном потеплении // Batrachos.com. 15.03.2011. URL: https://batrachos.com/О_глобальном_потеплении.
22. Земле грозит катастрофа из-за глобального потепления. Пострадают Россия, США и Канада // Lenta.Ru. 23.03.2019. URL: https://hi-tech.mail.ru/news/globalnogo_potepleniya_postradayut_rossiya_ssha_i_kanada/.
23. *Карлин Л.Н.* Изменение климата Земли: мифы и реальность // Mypresentation. Дата последнего обращения: 01.04.2019. URL: https://mypresentation.ru/presentation/izmenenie_klimata_zemli_mify_i_realnost.
24. Колебания и изменения климата // РГАУ-МСХА. Дата последнего обращения: 31.03.2019. URL: <http://www.activestudy.info/kolebaniya-i-izmeneniya-klimata/>.

25. *Кузнецов А.* 7 мифов о глобальном изменении климата. Как бороться со всемирным потеплением с пользой для экономики // Комсомольская правда. 25.04.2016. URL: <https://www.kp.ru/daily/26521.5/3537467/>.
26. *Максаковский В.П.* Гипотеза глобального изменения климата Земли // Географическая картина мира. Книга I. Общая характеристика мира. М.: Дрофа, 2008. 495 с. URL: <https://uchebnikfree.com/sotsialnaya-geografiya-ekonomicheskaya/176-gipoteza-globalnogo-izmeneniya-klimata-70921.html>.
27. Миф и реальность глобального потепления // SE7EN. 22.07.2017. URL: <https://se7en.ws/mif-i-realnost-globalnogo-potepleniya/>.
28. Обсуждение глобального потепления // Sunhome.ru. Дата последнего обращения: 01.04.2019. URL: <https://www.sunhome.ru/journal/123296>.
29. Ответы климатолога Игоря Эзау на вопросы читателей об изменениях климата // 22century. 26.02.2018. URL: <https://22century.ru/popular-science-publications/climate-questions-and-answers>.
30. Повышение уровня моря // Ru.Wikipedia. 03 04 2019. https://ru.wikipedia.org/wiki/Повышение_уровня_моря.
31. Потепление и похолодание Земли // Sunhome.ru. Дата последнего обращения: 01.04.2019. URL: <https://www.sunhome.ru/journal/117299>.
32. Потеплению надо поработать над ошибками // Sunhome.ru. 31.08.2010. URL: <https://www.sunhome.ru/journal/129264>.
33. Проблема изменения климата. 8 мифов о климате // InfoEco. Дата последнего обращения: 03.04.2019. URL: http://www.infoeco.ru/dl/prez/6_climate_change.pdf.
34. Профессор МГУ о причинах потепления в Арктике // Universe-tss. 03.10.2018. URL: <https://universe-tss.su/main/klimat/61272-professor-mgu-o-prichinah-potepleniya-v-arktike.html>.
35. Пять мифов об изменении климата // Day.az. 08.12.2018. URL: <https://news.day.az/unusual/1070317.html>.
36. Разбор мифов об изменении климата // BBC. 06.06.2007. URL: http://news.bbc.co.uk/hi/russian/sci/tech/newsid_6716000/6716897.stm.
37. Российская наука – об изменении климата (глобальном потеплении) // RenEn. 16.01.2018. URL: <http://renen.ru/russian-science-on-climate-change-global-warming/>.
38. Российские ученые рассказали о будущих изменениях климата // KM.RU. 16.05.2012. URL: <http://www.km.ru/nauka/2012/05/16/issledovaniya/rossiiskie-uchenye-rasskazali-o-budushchikh-izmeneniyakh-klimata>.
39. *Сергеев А.* Глобальное потепление, или высокий градус политики // Вокруг света. 01.07.2006. URL: <http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/2726/>.
40. *Смирнова Ю.* «Мифическое» потепление // Экология и право. BELLONA. 18.12.2016. URL: <https://bellona.ru/2016/12/18/climate-myths/>.
41. Современные изменения климата // Libsid.ru. Дата последнего обращения: 30.03.2019. URL: <https://www.libsid.ru/klimatologiya-i-meteorologiya/klimatologiya-i-meteorologiya/sovremennye-izmeneniya-klimata>.
42. Ученые развенчали миф об изменении климата // Islamtoday. 24.01.2019. URL: https://islam-today.ru/svetskie_novosti/2019/01/24/ucenye-razvencali-mif-ob-izmenenii-klimata/.
43. *Чернова К., Лукьянченко У.* Глобальное потепление – афера бюрократов или научный факт? Мнение экологов // Futurist. 07.06.2017. URL: <https://futurist.ru/articles/999-globalynoe-poteplenie-afera-byurokratov-ili-nauchnyy-fakt-mnenie-ekologov>.

44. *Шабус А.* Изменения климата: мифы и реальность // Континент. 23.06.2017. URL: <https://kontinentusa.com/izmeneniya-klimat-mifi-i-realnost/>.
45. *Эзю И.* Мифы об изменениях климата (окончание) // 22century. 24.01.2018. URL: <https://22century.ru/popular-science-publications/climate-myths-2>.
46. *Эзю И.* Мифы об изменениях климата. Часть 1 // 22century. 22.01.2018. URL: <https://22century.ru/popular-science-publications/climate-myths-1>.
47. *Янин А.Л., Будыко М.И., Израэль Ю.А.* Глобальное потепление и его последствия: Стратегия принимаемых мер // Глобальные проблемы биосферы. М.: Наука, 2003.
48. 2009 Ends warmest decade on record. NASA Earth observatory image of the day. 22 January 2010.
49. *Brown D., Cabbage M., McCarthy L., Norton K.* NASA, NOAA analyses reveal record-shattering global warm temperatures in 2015. NASA, 2016. 20 January.
50. Climate change // En.Wikipedia. 03.04.2019. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change.
51. Climate change // United Nations. The last accessed date: 03.04.2019. URL: <https://www.un.org/en/sections/issues-depth/climate-change/>.
52. *Contoski E.* Global warming, global myth // PrisonPlanet. 13.08.2008. URL: <https://www.prisonplanet.com/global-warming-global-myth.html>.
53. Global warming – myth or reality // Health. 26.05.2017. URL: <https://infoginx.com/global-warming-myth-reality/>.
54. Global warming controversy // En.Wikipedia. 21.02.2019. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming_controversy.
55. Global warming: myth or reality? Help with outline // EssayForum. 25.05.2010. URL: <https://essayforum.com/research/global-warming-myth-reality-help-outline-17053/>.
56. Global warming: myth vs. reality // Globalwarminginperspective. The last accessed date: 03.04.2019. URL: <https://globalwarminginperspective.wordpress.com/global-warming-myth-vs-reality/>.
57. History of climate change debate // ProCon.org. 23.01.2019. URL: <https://climatechange.procon.org/view.resource.php?resourceID=006525>.
58. *Idso C., Singer S.F.* Climate change reconsidered: report of the nongovernmental panel on climate change (NIPCC) // The Heartland Institute. Chicago, IL, USA: The Heartland Institute, 2009. URL: https://www.heartland.org/_template-assets/documents/publications/NIPCC%20Final.pdf.
59. Is global warming a myth? How to respond to people who doubt the human impact on the climate // Scientific American. The last accessed date: 03.04.2019. URL: <https://www.scientificamerican.com/article/is-global-warming-a-myth/>.
60. *Mann M.E.* Do global warming and climate change represent a serious threat to our welfare and environment? // Social Philosophy and Policy. 2009. Vol. 26. № 2. P. 193–230. URL: http://www.meteo.psu.edu/holocene/public_html/shared/articles/MannSocialPhilos09.pdf.
61. Pros and cons of global warming – new information // BionomicFuel.com. 22.02.2019. URL: <http://www.bionomicfuel.com/pros-and-cons-of-global-warming/>.
62. Pros and cons of global warming // Lifestyle Lounge. The last accessed date: 03.04.2019. URL: <http://lifestyle.iloveindia.com/lounge/pros-and-cons-of-global-warming-14010.html>.
63. Scientific opinion on climate change // En.Wikipedia. 23.03.2019. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Scientific_opinion_on_climate_change.

64. Surveys of scientists' views on climate change // En.Wikipedia. 26.02.2019. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Surveys_of_scientists%27_views_on_climate_change.
65. *Welsh Ch.* Global warming, myth or mayhem // Timeless Myths. 22.10. 2017. URL: <http://www.timelessmyths.co.uk/global-warming-myth-or-mayhem.html>.
66. What is climate change // BBC. 03.12.2018. URL: <https://www.bbc.com/news/science-environment-24021772>.
67. *Wigington D.* Global cooling or global warming, which is it? // GeoEngineeringWatch.org. 14.07.2015. URL: <https://www.geoengineeringwatch.org/global-cooling-global-warming-which-is-it/>.