

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Адаптация к изменению климата: мировой опыт

Ташкент 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Расследование: Люди - причина глобального потепления с 1950-х годов	5
Данные водного баланса за 1200 лет «бросают вызов» климатическим моделям.....	7
Закат цивилизации майя: виновата засуха?.....	9
Изменение климата затрагивает озеро и индивидуальность нации.....	17
Центральная Азия погружается в обезвоживание	23
«Ближний Восток испытывает самую страшную засуху за 900 лет»! - по мнению NASA.....	26
Опасный соблазн. Воздействие на климат в борьбе с глобальным потеплением	28
Проблема глобального изменения климата как природная опасность	41
Моделирование климата, который был 145 миллионов лет назад	61

Расследование: Люди - причина глобального потепления с 1950-х годов¹

В ходе нового исследования, опубликованного в журнале “Climate Dynamics” («Динамика климата»), выявлено, что человек несет ответственность практически за всё глобальное потепление с середины двадцатого века. Это не новость – фактически, большинство исследователей, пытавшихся найти причины глобального потепления, пришли к одному общему выводу - но в этом исследовании используется новый подход.

Исследователи, пытающиеся определить роль антропогенных и природных факторов в глобальном потеплении, обычно используют статистический подход, известный как линейная регрессия. Этот подход предполагает, что мы знаем характер потепления, которое вызывает каждый источник (сила), но мы не знаем степень результирующего потепления. Например, нам известно, что парниковые газы способствуют гораздо большему потеплению на суше, чем над водой, особенно в Арктике, и более сильному потеплению в ответ на повышение уровня углекислого газа в атмосфере.

Мы знаем, насколько сильное потепление вызовут парниковые газы, но этот диапазон довольно большой (от 1,5 до 4,5 градусов по Цельсию при увеличении концентрации углекислого газа вдвое). Таким образом, при стандартном подходе используются известные паттерны для каждого воздействия (парниковые газы, другие загрязняющие вещества от человеческой деятельности, солнце, вулканическая деятельность и т.д.) и без учета силы каждого паттерна, статически определяется, какой вклад внес каждый паттерн в наблюдаемые изменения температуры.

Однако в некоторых работах утверждается, что у нас есть некоторые знания о силе каждого воздействия, и мы должны использовать эту информацию в статистических исследованиях. В то же время, паттерны некоторых воздействий, например, «аэрозольное загрязнение вызвано человеком», являются неопределенными и затрудняют этот подход.

Как поясняют авторы нового исследования, оно «по сути, предлагает симметричную обработку величины и паттерна отклика на каждое воздействие». Их статистическая модель предполагает, что каждое воздействие на температуру от отдельных источников будет усиливать суммарное воздействие от всех источников. Затем они запускают различные тесты для проверки соответствия

¹ Источник: **Study: humans have caused all the global warming since 1950** / http://www.theguardian.com/environment/climate-consensus-97-per-cent/2016/apr/19/study-humans-have-caused-all-the-global-warming-since-1950?CMP=tw_t_a-environment_b-gdneco&utm_source=Circle+of+Blue+WaterNews+%26+Alerts&utm_campaign=5fb7758fa0-RSS_EMAIL_CAMPAIGN&utm_medium=email&utm_term=0_c1265b6ed7-5fb7758fa0-250689385

между наблюдаемым потеплением и природной изменчивостью температуры Земли, ожидаемым откликом температуры на все воздействия или на подмножество воздействий.

В исследовании учитываются изменения температуры за период времени 1951-2010 гг. В течение этого периода, температура поверхности Земли нагрелась на 0.65°C . По статистическому подходу, комбинирующему наблюдения и результаты климатических моделей, было выявлено, что в этот же период, люди вызвали повышение температуры на $0.67 \pm 0.12^{\circ}\text{C}$, а природные факторы практически не повлияли на мировую температуру ($-0.01 \pm 0.02^{\circ}\text{C}$).

Результат этих исследований совпадает с выводами последнего доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК):

Весьма вероятно (на 95%), что более половины зафиксированных повышений средней глобальной поверхностной температуры с 1951 по 2010 гг. были вызваны увеличением концентрации парниковых газов в результате деятельности человека и другими антропогенными воздействиями...

Наиболее точная оценка антропогенного вклада в потепление эквивалентна самому потеплению за этот период времени...

Вклад природных факторов, возможно, находится в диапазоне от -0.1 до 0.1°C .

Результаты исследования также сходятся с выводами прошлых многочисленных исследований по глобальному потеплению, включая те, которые использовали вышеупомянутый подход линейной регрессии. Ведущий автор работы Орельян Райбс (Aurélien Ribes) рассказал:

Главным итогом этого исследования является создание нового метода, который наиболее комплексно решает проблему неопределенности. С помощью этого метода, мы надеемся, удастся в ближайшем будущем снизить фактор неопределенности в потеплении, вызванном парниковыми газами в прошлом и будущем.

Другими словами, эта работа с помощью нового статического подхода к поиску ответов на наши вопросы подкрепляет доказательства того, что люди являются главной причиной глобального потепления с 1950 года. Еще предстоит узнать, какую долю потепления составляет загрязнение человеком атмосферы углекислым газом от объема охлаждения, вызванного аэрозольным загрязнением, однако известно, что быстрое глобальное потепление – это результат исключительно деятельности человека,

Эта масса научных и статических доказательств приводит к 90-100-процентному согласию между климатологами, что люди ответственны за глобальное потепление. Ученые называют это “согласием, основанным на знаниях”.

Данные водного баланса за 1200 лет «бросают вызов» климатическим моделям²

Новое исследование показывает, что за последние двенадцать столетий водообеспеченность северного полушария подверглась гораздо более серьезным изменениям на фоне глобального потепления двадцатого столетия. Исследовательская команда с участием Швейцарского федерального института по изучению леса, снега и ландшафтов (WSL) делает вывод, что климатические модели дают завышенную оценку экстремумов маловодных и многоводных периодов по мере повышения температур в течение двадцатого столетия. Новые результаты помогут улучшить возможности климатических моделей прогнозировать будущие гидро-климатические изменения.

Ученые из Швеции, Германии и Швейцарии впервые реконструировали колебания водообеспеченности в северном полушарии за последние двенадцать столетий. Это позволяет сопоставить разные районы Европы, Азии и Северной Америки.

Как объясняет ведущий исследователь Фредрик Шарпантье Юнгквист из Стокгольмского Университета, исследование показывает, что в ранние века гидро-климатические экстремумы были сильнее и охватывали более обширные районы, чем в двадцатом веке.

Изменение водообеспеченности на протяжении столетий

С помощью статического анализа данных, свидетельствующих об изменениях в количестве атмосферных осадков и явлениях засухи, таких как уровень воды в озерах, влажность почвы или речной сток, ученые реконструировали изменения в водообеспеченности - гидроклимат. Для этого, ученые собрали сотни документов из архивов климатических данных по всему северному полушарию: годовые кольца, спелеотемы, озерные отложения и исторические записи.

Ученые сравнили свои реконструированные гидроклиматические изменения с новой реконструкцией температур, которая также была сделана ими, чтобы понять связь между ними. Оказалось, что только в некоторых регионах есть явная взаимосвязь между изменением температуры и гидроклиматом. Например, засуха была наиболее распространённым явлением во время

² Источник: **1200 years of water balance data challenge climate models** / https://www.sciencedaily.com/releases/2016/04/160406165534.htm?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+sciencedaily%2Fearth_climate%2Fwater+%28Water+Conservation+News++ScienceDaily%29

относительно теплого двенадцатого столетия и относительно холодного пятнадцатого столетия.

Проверка климатических моделей

По словам Юнгквиста, исследование показывает важность учета сведений тысячелетнего охвата для моделирования гидроклиматических изменений. Метеорологические измерения атмосферных осадков и засухи, в лучшем случае, начали проводиться несколько столетий назад – это очень короткий период времени, чтобы судить, выходят ли сегодняшние изменения за рамки естественной изменчивости. “Этого времени также очень мало, чтобы проверить корректность результатов климатических моделей при прогнозировании того, что засушливые регионы станут еще суше, а влажные регионы станут еще влажнее с глобальным потеплением” – говорит Юнгквист.

Как новая реконструкция температур, так и результаты климатических моделей сходятся в том, что двадцатое столетие, возможно, было самым теплым, по крайней мере, за последнее тысячелетие. “Но в отличие от климатических моделей, наша реконструкция не показывает какого-либо резкого повышения в гидроклиматических экстремумах” – отмечает Юнгквист.

“Текущие модели, по-видимому, воспроизводят характеристики атмосферных осадков, захватывая период задолго до промышленного развития, но, кажется, не могут таким же образом охватить более поздние антропогенные изменения в климатической системе” – поясняет со-исследователь Дэвид Франк из Института WSL. Необходимо дальнейшее исследование, чтобы понять, почему это так, говорит он.

Это необязательно означает, что механизмы, определяющие гидроклиматические изменения в климатических моделях, по сути, не верны, отмечает Юнгквист. “Возможно, глобальное потепление еще недостаточно сильное, чтобы привести к изменениям характера атмосферных осадков, которые моделируют климатические модели”. Ученые делают вывод, что, даже учитывая некоторые свои неопределенности при реконструкции на основе архивных климатических данных, она, тем не менее, является очень ценным инструментом проверки моделей, применяемых для прогнозирования изменений в водообеспеченности.

Закат цивилизации майя: виновата засуха?³

Робин Уайли (Robin Wylie)

Возможно, скоро мы наконец узнаем, почему около тысячи лет назад майя покинули свои поразительные белокаменные города, надеется обозреватель BBC Earth.

В 1517 году испанские конкистадоры отправились в Центральную Америку, намереваясь покорить местную цивилизацию майя. Однако, добравшись до места, колонизаторы обнаружили, что значительная часть этой работы уже была проделана за них.

Высокие сооружения из известняка — классический городской пейзаж одного из самых высокоразвитых обществ древнего мира — уже сдавали свои позиции под натиском джунглей.

Вопрос о том, как встретила свой конец цивилизация майя, остается одной из самых любопытных загадок мировой истории.

Индейцы майя выжили и даже сумели в течение долгого времени сопротивляться европейскому владычеству.

Но к моменту высадки испанцев на берег политическая и экономическая мощь нации, воздвигшей знаменитые пирамиды и насчитывавшей в свое время два миллиона человек, иссякла.

На высокой ступени развития

Первые поселения майя появились в первом тысячелетии до нашей эры, а своего расцвета эта цивилизация достигла около 600 года нашей эры (в хронологии развития Мезоамерики культура майя занимает промежуточное положение между более ранней ольмекской и более поздней ацтекской цивилизациями).

Археологи обнаружили тысячи древних городов майя на территории полуострова Юкатан на юге Мексики, а также Белиза и Гватемалы.

Вполне возможно, что в густой чаще тропического леса скрываются развалины и других городов майя.

Благодаря серьезным археологическим исследованиям, которые велись на протяжении приблизительно двухсот лет, нам достаточно известно о майя, чтобы оценить их впечатляющие достижения.

³ Источник: <http://inosmi.ru/science/20160327/235875327.html>

Их особый стиль в искусстве и архитектуре свидетельствует о большом мастерстве этого народа.

Кроме того, майя стояли на достаточно высокой ступени интеллектуального развития. Они хорошо разбирались в математике и астрономии и применяли эти знания при строительстве своих пирамид и храмов, соотнося их с прецессией планет и солнечными затмениями.

Кроме того, майя пользовались единственной известной за всю историю Мезоамерики письменностью — набором странных закорючек, называемых иероглифами майя.

Удивительное наследие майя окутывает историю этой нации флером таинственности. Но загадка краха этой цивилизации ничуть не менее любопытна.

Жертва масштабной катастрофы

Начнем с того, что нам уже известно. Около 850 года нашей эры после нескольких веков процветания и господства майя стали покидать свои великолепные города — один за другим.

Менее чем за двести лет от былой славы этой цивилизации не осталось и следа. Позднее наблюдались отдельные всплески возрождения, но золотой век майя прошел навсегда.

Помимо колоссальных масштабов упадка интерес вызывает тот факт, что за несколько десятилетий скрупулезных исследований археологи так и не пришли к единому мнению о его причине.

Как и в случае с Римской империей, вероятно, таких причин было несколько. Однако характер произошедшего наводит некоторых ученых на мысль о том, что цивилизация майя стала жертвой масштабной катастрофы, способной сметать на своем пути город за городом.

Существует множество теорий, объясняющих крах цивилизации майя. Среди самых распространенных версий называют вторжение, гражданскую войну, разрушение торговых маршрутов.

Однако с тех пор, как в начале 1990-х годов были собраны первые данные метеорологических исследований древней Центральной Америки, особую популярность приобрела теория о том, что цивилизация майя была обречена на гибель вследствие существенного изменения климата.

В течение нескольких веков, непосредственно предшествовавших краху майя, — этот период с 250 по 800 год нашей эры называют классическим — древняя цивилизация процветала.

Города благоденствовали, земля давала хороший урожай. Данные метеорологических исследований (преимущественно полученные на основе анализа пещерных образований) показывают, что в то время в районах, населенных индейцами майя, выпадали относительно обильные дожди.

Но по тем же данным, начиная примерно с 820 года нашей эры в течение 95 лет эти области периодически поражала сильная засуха, продолжавшаяся иногда до нескольких десятилетий.

С тех пор, как стало известно об этой продолжительной засухе, ученые начали замечать удивительно четкую зависимость между временем ее наступления и упадком цивилизации: большинство городов майя классической эпохи опустели между 850-м и 925 годом нашей эры, что довольно точно совпадает с засушливым веком.

И хотя для того, чтобы однозначно подтвердить эту теорию, простой корреляции недостаточно, такое совпадение навело многих специалистов на мысль о том, что изменение климата в IX веке могло каким-то образом спровоцировать гибель древней цивилизации.

Однако каким бы изящным ни было это объяснение, безоговорочно принять его мешает один факт: хотя большинство городов майя с наступлением засухи опустели, некоторым все же удалось уцелеть.

Города, опустевшие в засушливом IX веке, были расположены преимущественно на юге занимаемой майя территории — там, где сейчас находятся Белиз и Гватемала.

Однако ближе к северу, на полуострове Юкатан, цивилизация майя не просто пережила засуху, но и вновь стала процветать после ее окончания.

В то время как на юге цивилизация майя начала угасать, на севере наблюдалось относительное благоденствие, росло количество процветающих городов, в числе которых был и один из величайших — Чичен-Ица (одно из «новых чудес света»).

Это возрождение культуры майя на севере противоречит теории гибели этой цивилизации вследствие засухи: как утверждают противники этой идеи, если изменение климата навсегда подкосило мощь юга, почему же оно не затронуло север?

Ученые выдвигали множество объяснений такого разительного контраста между севером и югом, но ни одна теория так и не была признана достоверной.

Однако недавно было совершено новое открытие, проливающее свет на эту давнюю головоломку.

Северу тоже досталось

Определение дат представляет серьезное затруднение для археологов, изучающих культуру майя.

До наших дней не дошел почти ни один письменный памятник этой цивилизации, которые некогда исчислялись тысячами, — большинство из них погибли в эпоху колонизации, когда по приказу католических священников

испанцы сжигали книги майя без разбору, и сейчас, насколько известно, их осталось всего четыре.

Поэтому ученые определяют время процветания древних городов майя исключительно по календарным заметкам на каменных памятниках, по стилю декоративной керамики и по результатам радиоуглеродного анализа органических материалов.

Приблизительный возраст основных городских центров на севере занимаемой майя территории уже был определен в ходе предыдущих исследований; тогда же было установлено, что северяне смогли пережить засуху, поразившую эти области в IX веке.

Однако до недавних пор все эти данные ни разу не обобщались в одном исследовании.

Такое обобщение важно тем, что позволяет рассматривать северные районы, заселенные майя, как единое целое и помогает ученым выявить общие тенденции в их взлете и падении.

В рамках исследования, результаты которого были опубликованы в декабре, американские и британские археологи впервые сопоставили все расчетные данные о возрасте городских центров в северных землях майя: около двухсот дат, касающихся поселений, расположенных по всему полуострову Юкатан, половина которых был получена на основе изучения высеченных в камне календарных отметок, а половина — путем радиоуглеродного анализа.

Затем исследователи вывели общие сведения о тех временах, когда города майя активно развивались и когда каждый из них пришел в упадок.

Результаты этого анализа существенно меняют наше представление о том, когда и, возможно, даже о том, как цивилизация майя встретила свой конец.

Вопреки бытовавшему ранее убеждению, в период засухи на севере тоже наблюдался упадок — более того, это происходило дважды.

Во второй половине IX века на 70% уменьшилось число высеченных в камне календарных записей.

Аналогичные свидетельства упадка наблюдаются и по данным радиоуглеродного анализа материалов, собранных в северных областях майя: они указывают на то, что строительство деревянных сооружений в этот период также сократилось.

Важно отметить, что именно в этот период, как считается, нехватка дождей погубила цивилизацию майя на юге — очевидно, северянам тоже нелегко было пережить засуху.

По мнению ученых, этот спад творческой деятельности свидетельствует о том, что на севере назревал политический и социальный коллапс.

Разумеется, северу в IX веке пришлось не так туго, как югу, но, судя по этим новым сведениям, и он понес большой урон.

Этот период упадка на севере ранее проходил незамеченным преимущественно в связи с отсутствием явной доказательственной базы: спад активности в строительстве, даже такой масштабный, нелегко обнаружить без проведения подобного всестороннего исследования в рамках всего региона.

Засуха, суровая засуха и мегазасуха

Сведения об упадке севера в IX веке знаменуют собой новый интригующий поворот в истории майя, который, тем не менее, не меняет ее сути: в конце концов, мы и так знали, что северным областям удалось пережить засушливый IX век — Чичен-Ица и другие центры успешно развивались и в X веке.

Но вот сведения о втором периоде упадка, выявленном группой ученых, уже меняют наше представление об истории майя.

После краткого возрождения цивилизации в X веке (которое, что интересно, совпало с увеличением количества осадков) ученые отмечают еще один спад в строительстве в целом ряде областей северной территории майя: между 1000 и 1075 годами нашей эры строительство из камня и других материалов сократилось почти наполовину.

Более того, ученые обнаружили, что, как и во время предыдущего кризиса двумястами годами ранее, упадок майя в XI веке происходил на фоне сильной засухи.

И не просто сильной. В IX веке засуха, несомненно, была суровой. Но XI век принес самую страшную засуху за две тысячи лет — «мегазасуху».

После краткого возрождения на севере произошел новый спад в строительстве — опять-таки на фоне суровой засухи.

Данные метеорологических исследований показывают, что в течение большей части века, в период с 1020 по 1100 год, количество осадков резко уменьшилось.

Этот период удивительно четко совпадает с датами упадка северных поселений майя, установленными археологами.

Одно совпадение само по себе мало что значит. Но когда происходит второе совпадение, даже скептики начинают задумываться о причинно-следственной связи.

«Мегазасуху» XI века и раньше винили в гибели северной культуры майя, но использовавшиеся тогда методы датирования давали неоднозначные результаты и не позволяли точно определить, действительно ли эти события происходили одновременно.

Всесторонний анализ, результаты которого были опубликованы в декабре, дает нам возможность с гораздо большей уверенностью заявлять о том, что

изменение климата совпало по времени даже не с одним, а с двумя периодами драматического упадка цивилизации майя.

Если первая волна засух уничтожила поселения майя на юге, то вторая, судя по всему, принесла гибель их северным территориям.

После этой второй волны засух цивилизации майя уже не суждено было восстановиться.

Чичен-Ица и другие крупные городские центры на севере так и не вернули себе былую силу.

Известно несколько небольших, но достойных упоминания поселений, избежавших этой участи, — таких как северный город Майяпан, расцвет которого пришелся на XIII-XV века, — но ни по размаху, ни по вычурности они не могли сравниться с классическими городами майя.

Можно сказать, что в XI веке эта древняя цивилизация испустила последний вздох.

С учетом этих результатов представляется еще более вероятным, что именно изменение климата сыграло важную роль в гибели цивилизации майя. Но каким образом?

Неурожай и политическая нестабильность

Большинство археологических свидетельств упадка связаны с сельским хозяйством.

Как и во всех крупных цивилизациях, экономический потенциал майя сильно зависел от урожая — к тому же рабочая сила нуждалась в пропитании.

Самое простое объяснение упадка майя заключается в том, что под воздействием засухи урожай с каждым годом сокращался, и это, возможно, привело к постепенному уменьшению политического влияния майя и полному социальному распаду.

Но даже сторонники этой гипотезы признают, что наверняка не все было так однозначно.

«Мы знаем, что еще до наступления засухи в IX веке на занимаемой майя территории участились войны и усугубилась социально-политическая нестабильность», — говорит Джули Хоггарт, сотрудница Бэйлорского университета в тexasском городе Вако (США) и одна из руководителей исследования климатических факторов, результаты которого были опубликованы в декабре.

Конфликт между городами — тоже неплохой способ уничтожить цивилизацию; вполне возможно, что майя просто перебили друг друга в междоусобицах.

Но в таком случае все равно остается открытым вопрос с засухой и с совпадающими датами. Так что, возможно, мы просто имеем дело с одновременным воздействием двух факторов.

В засушливые десятилетия запасы продовольствия сократились, что, вероятно, привело к обострению борьбы за ресурсы, которая в конечном счете могла достигнуть своего апогея и повлечь за собой необратимый раскол древней цивилизации майя.

Однако существует по меньшей мере еще одно объяснение, никак не связанное с войнами.

Жертва собственных талантов

Возможно, на гибель майя обрекли не раздоры, а их собственные таланты, ведь майя были не только великими ремесленниками, но и настоящими скульпторами природы.

Чтобы обеспечить продовольствием свое миллионное население, майя соорудили гигантские системы каналов протяженностью в сотни километров для осушения и возвышения неплодородных болотистых почв и для превращения их в новые пахотные земли (некоторые археологи называют их «плавучими садами»).

Кроме того, майя вырубали огромные участки леса, чтобы освободить место под сельскохозяйственные угодья и сооружение новых городов.

Некоторые ученые полагают, что таким активным воздействием на природу майя могли сами приложить руку к своей гибели, каким-то образом усугубив последствия естественного изменения климата.

К примеру, по мнению ряда исследователей, вырубка лесов для расчистки участков под земледелие могла стать дополнительным фактором обезвоживания почв, вследствие чего потери сельскохозяйственной продукции во время засухи оказались еще больше.

Еще одним косвенным следствием сельскохозяйственных достижений майя мог стать просто-напросто чрезмерный рост населения, в результате чего этот народ стал более чувствительным к продолжительным периодам нехватки пищи, и его живучесть в условиях засухи уменьшилась.

Ушли к воде

Какой бы ни была причина — или причины — упадка майя, нам все же кое-что известно о судьбе людей, переживших крах цивилизации и видевших его последствия.

Начиная примерно с 1050 года нашей эры, майя стали пускаться в путь. Они покидали внутренние земли, где процветали их предки, и толпами направлялись к побережью Карибского моря или другим источникам воды, таким как редкие озера и карстовые воронки, поблескивающие в густой зелени бывшей территории майя.

Возможно, исход индейцев майя был вызван голодом.

Если после засухи IX и XI веков урожайность действительно сократилась, возможно, и правда было более разумным переселиться поближе к воде, чтобы иметь возможность пользоваться дарами моря или возделывать менее засушливые приморские земли.

Так или иначе, они явно стремились к живительной влаге.

Впрочем, так было всегда. Одной из обязанностей правителей майя было общение с богами с целью добиться от них дождя и хорошего урожая.

В различных местах проживания майя археологи извлекают со дна озер и карстовых воронок, считавшихся вратами в подземное царство, человеческие кости — мрачное доказательство того, что для задабривания своих богов майя прибегали к жертвоприношениям.

Когда дожди были обильными, а цивилизация процветала, им наверняка казалось, что их молитвы были услышаны.

Изменение климата затрагивает озеро и индивидуальность нации⁴

Николас Кейси

Вода испарилась и вся рыба вымерла. Десятки тысяч мертвых рыб поднялись на поверхность, и неприятный запах распространялся в воздухе в течение нескольких недель.

Птицы, которые питались рыбой, вынуждены были покинуть озеро Поопо, когда-то второе по величине озеро Боливии, превратившееся сейчас в высохшую соленую равнину. Многие представители народа Уру-Мурато, для которых воды озера служили источником их существования на протяжении нескольких поколений, также покинули эти места, пополнив ряды беженцев, спасающихся не от войны или гонений, а от изменения климата.

«Озеро было для нас нашей мамой и папой», - говорит Адриан Киспе, один из пяти братьев – рыбаков, выросших в Лапаллапани. «Куда нам теперь идти?»

После десятилетий заборов воды и цикличной засухи Эль Ниньо в Андах, озеро Поопо, по сути, исчезло в декабре. Это повлекло за собой потерю источника средств к существованию для семьи Киспе и тысячи других семей, занимавшихся рыболовством, помимо миграции людей, вынужденных покинуть свои дома, которые уже непригодны для жилья.

Исчезновение озера Поопо угрожает существованию народа Уру-Мурато, самой древней этнографической группы региона. На протяжении поколений они приспособивались к инкам и испанцам, завоевывавшим их территорию, но, кажется, они не способны приспособиться к непредвиденному повороту событий в результате изменения климата.

По оценкам, осталось только 636 представителей Уру-Мурато в Лапаллапани и в двух соседних деревнях. После вымирания рыбы в 2014 году, многим жителям пришлось работать на свинцовых рудниках или соляных равнинах на расстоянии 200 миль от их мест проживания; те, кто остались и сводят концы с концами – фермеры и другие, выживают там, где когда-то был берег озера.

Эмилио Уанако, чиновник судебной власти из Уру-Мурато, использует уже последнюю бутылку с жиром фламинго, который применяется на

⁴ Источник: Climate Change Claims a Lake, and an Identity / http://www.nytimes.com/interactive/2016/07/07/world/americas/bolivia-climate-change-lake-poopo.html?_r=1

протяжении веков для облегчения артрита. Он никогда не принимал лекарственные препараты от боли в коленях.

33-летняя Эва Чорке сидит у своей глиняной хижины и сушит мясо на бельевой веревке впервые за всю свою жизнь. Она и четверо ее детей прежде ели только рыбу.

Они и их соседи были известны почти каждому в округе как «люди озера». Некоторые присвоили себе фамилию Маурисио в честь маури – рыбы, которая их кормила. Они молились святому Петру, так как он был рыбаком, каждый сентябрь приносили ему в жертву рыбу, но этот ритуал прекратили проводить два года назад, когда рыба в озере вымерла.

«Это тысячелетняя культура, существовавшая здесь с самого начала», - говорит Карол Роча Гримальди, боливийский антрополог, показывающий спутниковый снимок полноводного озера, сцена, которой уже давно нет в реальной жизни. «Могут ли люди озера существовать без него?».

Трудно преувеличить значение рыболовства в жизни народа Уру. Когда фотограф «New York Times» Джош Ханер и я спросили, зарабатывает ли г-н Киспе на жизнь рыболовством, он взглянул на нас странно и ответил: «А чем еще можно тут зарабатывать?».

Мужчины проводили две недели вдали от берега в поисках косяков карачей, серой рыбы, похожей на сардину или пехеррей, которые имели крупную чешую и были размером с руку г-на Киспе.

Некоторые жены работали со своими мужьями – вытягивали рыболовные сети, готовили еду, создавали домашний уют в лодках.

Рыболовный сезон начинался на берегу озера с ритуала «Запоминание». Братья Киспе и остальные сорок мужчин Лапаллапани проводили долгую ночь, пережевывая лист коки и выпивая ликер. Все вместе они повторяли названия ориентиров озера Поопо, и как их найти.

«В эту ночь мы просили безопасного путешествия, чтобы был легкий ветер, чтобы не было сильного дождя», - говорит 42-летний г-н Киспе. «Мы запоминали всю ночь и жевали коку».

Утром мужчины выходили в озеро. Они выбрасывали сладости с лодки в качестве подношения. Так начинался рыболовный сезон.

Мы вели беседу утром, небо было безоблачным, дул легкий ветерок, который в другое время был бы идеален для выхода на лодке. А теперь ветер только подчеркнул, насколько засушливым стал ландшафт, в то время, как перекасти-поле перекачивается между лодками, брошенными на бывшем дне озера.

Мильтон Перес, эколог Технического университета Оруро, сказал, что ученые еще многие десятилетия назад знали о том, что озеро Поопо, с урезом воды более 3 км и небольшим количеством источников воды, относится к так называемым «умирающим» озерам. Но прогноз давался на века, а не на годы.

«Мы ожидали, что озеро когда-нибудь пересохнет», - говорит г-н Перес. «Но не сейчас».

Озеро Поопо одно из нескольких озер мира, которые исчезают по антропогенным причинам. Озеро Моно и Салтонское море в Калифорнии исчезли из-за отвода воды; озера в Канаде и Монголии подвержены риску высыхания из-за роста температуры.

Поколениями народ Уру наблюдал, как убывала и прибывала вода, что почти превратилось в предсказуемую закономерность. В 1990-е регион охватила засуха, которая привела к испарению озера и образованию трех маленьких водоемов, а также уничтожила рыболовство на несколько лет. Но озеро со временем вернулось к своему прежнему размеру.

Уру передавали знания о том, как жить в районе озера. Стаи черных птиц на горизонте свидетельствовали о том, что под ними много рыбы. Жители определяли три направления ветра, которые могли помочь или причинить ущерб: один с запада, другой с востока и шквалистый ветер с севера «саукари», который потопляет лодки.

«Он идет с севера и не утихает долгое время», - объясняет г-н Киспе. «Начинается «саукари», - говорим мы. «Поэтому мы не может выходить на воду, пока он не успокоится!».

В озере растут водоросли «уйрауйра», которые помогают при кашле. Фламинго также были своего рода «аптекой»: кроме жира фламинго, который помогает при ревматизме, перья этой птицы при их сжигании и вдыхании помогают побороть лихорадку.

Жители деревень вылавливали и убивали фламинго в апреле, когда их перья опадали, и они не могли летать. Уру использовали зеркала и направляли солнечный свет в глаза птиц, которые на некоторое время засыпали и становились легкой добычей.

«Так мы охотились на многих фламинго», - говорит г-н Уанако, судья, показывая светлое розовое крыло птицы. Семь лет назад в тот день, когда он поймал эту птицу, он и не подозревал о том, что это будет его последняя птица.

Г-н Перес, исследователь, с тревогой наблюдал за развитием опасных тенденций, и начал осознавать, что озеро может испариться навсегда.

Во-первых, по мере того, как киноа стала популярной за границей, рост производства этой зерновой культуры повлек отвод воды в верхнем течении, тем самым, понизив уровень воды в озере Поопо. Во-вторых, осадки от горнодобычных работ привели к заилению дна озера ускоренными темпами.

Погода становилась жарче. Только лишь с 1995 по 2005 гг. температура на плато увеличилась на 0,9 градусов по Цельсию или около 1,6 по Фаренгейту – намного быстрее, чем средняя температура по всей Боливии.

«Была вероятность того, что все эти факторы скажутся одновременно, чего не было прежде», - говорит г-н Перес.

Летом 2014 года ситуация резко обострилась. Уровень воды в озере сократился настолько, что с появлением ветра «саукари» с севера его порывы поднимали слишком много ила, и рыба не могла выжить.

«Этого было достаточно, чтобы заставить нас рыдать, видя, как рыба плавает, словно одурманенная, или мертвая», - говорит 44-летний Габино Сепеда, который перешел на выращивание киноа. «Но это было только началом. Фламинго умерли, утки улетели, ничего не осталось. Мы бросали наши сети в озеро, но ловить было нечего».

Г-н Киспе и его братья встретились как-то в прошлый раз на краю мертвого озера для выполнения поминального ритуала. Они вышли в озеро, но в тот же день вернулись, так как рыбы не было.

«Здесь нет работы», - говорит старший из братьев, Теофило. «Я найду, как заработать денег».

На следующий день он уехал из Лапаллани на заработки на угольную шахту в часе езды от дома.

Пабло Флорес, еще один рыбак из Уру, уехавший из деревни, начинает рабочий день до восхода солнца на мельнице на краю самой крупной в мире соляной равнины - солончака Уюни. Он берет глыбы необработанной соли, перемалывает их в кучу, высотой с его рост, и перекладывает перемолотую соль в крошечные мешочки, за каждый такой мешок он получает 25 центов.

За пределами мельницы ситуация намного сложнее. На огромной соляной равнине рядом с городом Колчани, куда переехало более двадцати человек из Уру, поденные рабочие с лопатами едут на грузовиках. Они собирают соль, а обжигающие лучи солнца бьют по ним сверху и отражаются с белой поверхности равнины.

«Народ Уру не создан для этого», говорит 57-летний г-н Флорес. «Я не создан для такого труда».

В своей деревне Пуньяка г-н Флорес пользовался уважением. Когда-то он был председателем деревни, и люди, знавшие его еще с тех времен, называют его с уважением по-испански «дон». Как рыбак он был всегда сам себе хозяином.

Но на соляной шахте он чувствует себя только лишь еще одним наемным рабочим.

«Это феодальная система», - говорит он. Честно говоря, это плохое место».

Глядя на кучу соли, он вспомнил старую легенду о наводнении, которое потопило весь мир – народ Уру остался в живых благодаря плотам из пробкового дерева и укрылся на вершине холма, пока вода стала отступать. Он сказал, что все бедствия были связаны с наводнением, а не с засухой.

Некоторые мужчины уехали из деревни, и отправляют деньги родственникам, которые остались жить у озера. Но другие, такие как г-н Флорес, забрали свои семьи в новый мир, который уже начал менять их жизнь по-своему.

Пятнадцать человек из Уру живут в Мачакамарке, в городе, в котором когда-то была железнодорожная станция на пути к озеру. Мария Флорес Игнасио и двое ее детей подростков этой весной переехали в съемную квартиру, первую для г-жи Флорес, чей глинобитный дом в Лапаллапани передавался из поколения в поколение.

«Я живу в чужом доме», - говорит она, тяжело вздыхая.

Для оплаты аренды квартиры г-жа Флорес изготавливает соломенные изделия, которые она продает в столице штата, Оруро, на субботнем базаре. Она изготавливает шляпы, корзинки, браслеты, сережки и маленькие лодки, похожие на те, которые народ Уру использовал во время плаваний на озеро Поопо.

Г-н Сепеда, бывший рыбак, а ныне фермер, тоже хочет уехать из Лапаллапани. Но у него нет денег.

Когда рыба вымерла в озере, он возложил надежды на киноа, древнюю сельскохозяйственную культуру, возделываемую в Андах, которая в настоящее время пользуется популярностью в западных странах.

В наследство от отца он получил два гектара (около пяти акров) земли. Он толком и не знал, как возделывать эту культуру, но засеял поле и понадеялся на лучшее.

Но его постигла неудача – в марте ударили морозы. Собрав небольшое количество киноа, он показал нам свой скудный урожай, практически измельченный. Ветер сдул этот порошок. Осталось только несколько зерен.

Г-н Сепеда сказал, что озеро, а не земля, было жизненно важным для Уру. Сейчас ситуация изменилась.

«Теперь мы воюем друг с другом из-за земли», - говорит он.

26-летний Франциско Флорес был еще ребенком, когда его дедушка с бабушкой рассказали ему, как народ Уру-Мурато впервые попробовал мясо.

Это случилось в начале 20 века, и Уру решил покинуть плавающие острова, сделанные из тростника и глины, и переехать на берег озера. Они впервые надели обувь и сменили одежду из перьев или шерсти на западную. Спустя столетия употребления рыбы, этот народ попробовал баранину, вспоминает г-н Флорес рассказы об этом событии и «на вкус она оказалась жесткой».

Спустя век Уру вновь оказался перед выбором, но на этот раз он не зависел от них.

«Я хочу научить моего ребенка ловить рыбу», говорит г-н Флорес, останавливаясь на дороге, которая ведет к кладбищу, где захоронены его предки. «Но я не могу».

На следующий день г-н Ханер и я последовали за Феликсом Кондори, председателем Лапаллапани, на городской рынок для покупки овощей впервые в жизни. Он обычно обменивал товары у аймарских индейцев, чьи пастбища

находятся к северу от деревни, торгуя рыбой в обмен на картофель и киноа прямо со своей лодки.

А теперь, вместо этого, он отсчитал деньги из пачки со своей женой и матерью, при этом все трое выглядели озадаченными.

Председатель впервые в жизни купил спрей–дезодорант «Ахе».

Он говорит, что для них это все в новинку.

Как-то по большой дороге на пути домой с соляной равнины с Адрианом Киспе мы увидели фламинго на краю дороги, у водоема в 100 милях от озера Поопо. Эта картина заставила г-на Киспе вспомнить суп, который готовила его мама из фламинго.

Мы остановили машину, вышли и направились в сторону водного ландшафта с заснеженными горами вдали и птицами впереди нас.

«Вот так когда-то выглядело озеро Поопо», - говорит г-н Киспе.

За час до этого я был на соляной мельнице с г-ном Флоресом, бывшим председателем Пуньяки, который переехал в Колчани с женой и двумя детьми два года назад.

Когда они в последний раз ездили в Лапаллапани, его 6-летняя дочь сказала то, что привело его в уныние. Она смотрела на то место, где когда-то было озеро, не зная, что оно не всегда было высохшим.

«Поедем в Колчани, - сказал его дочь. Поедем домой».

Центральная Азия погружается в обезвоживание⁵

Анна Шатерникова

Значительная часть ледников в горных массивах Центральной Азии может исчезнуть уже в 80-х годах нынешнего столетия, а в бассейне Аральского моря к 2040 году объем водных ресурсов сократится на 20%. Такие данные озвучили казахстанские эксперты в ходе презентации доклада ООН «Водные ресурсы и рабочие места».

Вода и труд в масштабе мира

Авторы доклада, традиционно приуроченного к Всемирному дню водных ресурсов, который отмечается 22 марта, проанализировали, каким образом возможности для роста и создания новых рабочих мест зависят от управления водными ресурсами и предоставления услуг в водном секторе. В мировом масштабе три из четырех рабочих мест в сильной зависимости от водных ресурсов. В ближайшие годы и десятилетия распределение водных ресурсов и предоставление услуг в водном секторе для различных отраслей хозяйства во многом будет влиять на потенциал роста достойных рабочих мест.

По данным Международной организации труда, в той или иной степени от состояния водных ресурсов самым тесным образом зависит несколько отраслей, в которых занята половина трудоспособного населения Земли: это сельское, лесное и рыбное хозяйство, энергетика, ресурсоемкое производство, переработка отходов, строительство и транспорт. Вследствие недостаточности данных сложно определить тот уровень, при котором рабочие места становятся зависимыми от воды, а также тот объем водных ресурсов, который необходим для каждого рабочего места, но все же специалисты проводят определенную градацию.

Так, для сельского и лесного хозяйства, рыболовства, металлургии и добычи полезных ископаемых, здравоохранения, туризма (в этих отраслях занято 42% трудоспособного населения планеты) постоянный бесперебойный доступ к чистой питьевой воде и санитарным условиям совершенно критичен: отсутствие данных условий грозит сокращением рабочих мест. В меньшей степени нуждаются в постоянном непосредственном доступе к чистой питьевой воде строительная индустрия, индустрия развлечений, транспорт, но и в этих отраслях возможность беспрепятственного доступа к водным ресурсам в конечном

⁵ Источник: <http://camonitor.kz/22500-centralnaya-aziya-pogruzhaetsya-v-obezvozhivanie.html>

счете оборачивается созданием более качественного продукта и дополнительной стоимости.

Баталов пообещал создать лучшие условия для животных зоопарка «Неустойчивое управление водными ресурсами, как и другими природными ресурсами, способно нанести серьезный урон экономике и обществу, подорвать успехи в сокращении масштабов нищеты, в создании рабочих мест, нанести удар по тем направлениям, достижение которых потребовало немалых усилий», - отмечает исполняющий обязанности директора кластерного бюро ЮНЕСКО в Алматы по Казахстану, Кыргызстану, Таджикистану и Узбекистану Андрей Шевелев.

Взгляд на регион: политика и экономика

Для Центральной Азии в целом и Казахстана, в частности, проблема водных ресурсов – одна из актуальных, и лежит она как в экономической, так и в политической отраслях. О последнем свидетельствуют периодически возникающие разногласия между соседями по региону, в частности, недавно имевший место конфликт интересов Кыргызстана и Узбекистана, связанный с Орто-Токойским водохранилищем. По словам председателя национального комитета Международной гидрологической программы ЮНЕСКО Игоря Северского, практически все крупные реки Центральной Азии, а также водоносные горизонты являются трансграничными. И дальнейший рост дефицита воды в регионе тормозит социально-экономическое развитие, что чревато обострением политической ситуации.

В этих условиях не следует недооценивать анализ и рекомендации, высказанные экспертами третьих стран. В прошлом году, пояснил Игорь Северский, стартовали три пилотных проекта по оценке водных ресурсов и трансграничных водных горизонтов в Латинской Америке, Африке и Центральной Азии. Казахская часть проекта получила хорошие оценки экспертов, и есть основания полагать, что проект получит продолжение. В процессе разработки находится программа по оценке ресурсов трансграничного бассейна Сырдарьи, причем, акцент сделан на использование подземных вод.

Директор национального филиала НИЦ МКВК в РК Нариман Кипшакбаев считает, что по мере развития экономики и роста населения региона нагрузка на водные ресурсы будет расти, что скажется и на трансграничных противоречиях и на экономических аспектах. Большинство объектов водохозяйственной инфраструктуры было построено несколько десятков лет назад, и сегодня они не могут работать в проектном режиме. «Канал имени Сатпаева, БАК, магистральный водовод, обеспечивающий Атыраускую и Мангистаускую области, сегодня работают лишь на треть мощности. Кроме того, мы по сей день пожинаем плоды неправильного подхода к использованию водных ресурсов. В 60-80-е годы прошлого века считалось, что вода – это в первую очередь орошение земель.

Такое понимание привело к катастрофе Арала в результате того, что все водные ресурсы Амударьи и Сырдарьи направили на развитие орошения. Сегодня площадь орошаемых земель в бассейне Сырдарьи составляет примерно 8 млн га, страны бассейна потребляют ресурсы реки на 130-150%, один раз полностью природные ресурсы, а второй раз – возвратные воды. Такого нет нигде в мире», - удивлен эксперт. На орошении и доставке воды до орошаемых массивов, утверждают ученые, теряется 50% водных ресурсов. Чтобы сократить потери и предотвратить неэффективное использование, необходимо создавать новые водохозяйственные комплексы и проводить перевооружение действующей инфраструктуры, поставив во главу угла одну задачу – повышение эффективности использования каждого кубометра воды.

Такой подход, по мнению экспертов, требует ставки на принципиально новую систему подготовки кадров. По мнению Наримана Кипшакбаева, в Казахстане необходимо создавать обучающие центры по управлению коммунальным водоснабжением, проводить подготовку специалистов при бассейновых инспекциях, привлекая в том числе и международных экспертов, открывать в ведущих технических вузах факультеты, готовящие специалистов по управлению водными ресурсами.

Впрочем, не все вопросы грамотной организации управления водными ресурсами лежат в сфере компетенции человека. Именно для Центральной Азии, отмечает Игорь Северский, существует порядка 50 сценариев изменения климата на ближайший период, и на каждый такой сценарий водные ресурсы будут реагировать по-разному. Тревогу вызывает и проблема таяния ледников, ведь ледниковый сток в регионе и в Казахстане обеспечивает саму возможность орошаемого земледелия.

«Несмотря на то, что ледниковые ресурсы уже сократились на 40-50%, в бассейнах рек Центральной Азии характеристики стоков остаются устойчивыми. Это результат действия компенсационного механизма талых вод подземных льдов. Но мы не знаем, каковы ресурсы этих источников, надолго ли их хватит и не иссякнут ли они в одночасье», - предупреждает эксперт.

Напомним, что решение вопросов, связанных с использованием трансграничных водоемов в Центральной Азии, привлекает внимание международных организаций и экспертов. В середине марта в Алматы состоялась первая региональная встреча по проекту «Продвижение диалога для предотвращения разногласий по вопросам, связанным с управлением водными ресурсами в Центральной Азии (CAWESCOOP)». Участники встречи отметили, что сотрудничество в регионе должно включать политические, технические и институциональные элементы, которые помогут решить конкретные проблемы.

«Ближний Восток испытывает самую страшную засуху за 900 лет»! - по мнению NASA⁶

Недавнее исследование, проведенное Национальной академией по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА), показало, что текущая засуха, начавшаяся в 1998 году, в восточной части Средиземного Леванта, в которую входят Кипр, Израиль, Иордания, Ливан, Палестина, Сирия и Турция является самой сильной с 1100 года н.э.

Учеными НАСА была смоделирована динамика засухи в регионе по кольцам деревьев, с мертвых и живых образцов, из разных Средиземноморских стран для определения характера засушливых и многоводных периодов за 900 лет. Кольца деревьев являются хорошим показателем количества осадков: в засушливые годы кольца у деревьев тонкие, а в многоводные - толстые. Ученые пришли к выводу, что период с 1998 по 2012 г. был засушливее, чем любые другие периоды и, вероятно, засуха была вызвана антропогенными факторами.

Диапазон региональных погодных явлений широко колеблется за последнее тысячелетие, но в последние двадцать лет он экстремальный и выходит за рамки природной изменчивости, говорит Бэн Кук, ведущий автор и климатолог из Института исследований космического пространства им. Годдарда и Обсерватории Ламонт-Доерти в Колумбийском университете.

Также обнаружено, что засуха не носит локальный характер. Это значит, что, если один регион пострадал в результате засухи, то очень вероятно, что эти условия распространяются на территорию всего Средиземноморского бассейна. “Нельзя рассчитывать, что климатическая ситуация в одном регионе будет лучше, чем в другом, поэтому имеется потенциал нарушения в крупном масштабе продовольственных систем, а также конфликта из-за водных ресурсов” – говорит Кевин Анчукетис, соавтор проекта и климатолог из университета Аризоны в Тусоне, в статье на сайте НАСА по изменению климата.

Кук констатирует, что засуха, продолжающаяся с 1998 по 2012 г. на территории Леванта, была на 50% сильнее самого засушливого периода за последние 500 лет и на 10-20% острее самой губительной засухи за последние 900 лет.

По сообщениям информационного агентства «CBS News», в прошлом году ученые Колумбийского Университета и Калифорнийского Университета в Санта-Барбаре пришли к выводу, что засуха в Сирии способствовала разрушению сельского хозяйства и миграции 1.5 млн. фермеров в города. Одним из сопутствующих факторов был дефицит воды, который усугубил ситуацию в

⁶ Источник: NASA calls Middle East drought “worst in 900 years”! / <http://www.greenprophet.com/2016/05/nasa-calls-middle-east-drought-worst-in-900-years/>

этой стране в преддверии вспышки разрушительной гражданской войны в 2011 году.

Учеными также были найдены закономерности, благодаря которым можно определить основные причины возникновения засухи, что позволит дифференцировать явления засухи, которые были усугублены антропогенным глобальным потеплением. Это исследование, которое является частью текущего проекта НАСА по улучшению компьютерных моделей для оценки климатических изменений, подкрепляет другие исследования, указывающие на антропогенные причины экстремальных климатических явлений.

Северо-Атлантическое колебание и Восточно-Атлантический тип колебания являются двумя основными типами циркуляции при появлении засухи в Средиземноморье – они определяют, какими, скорее всего, будут ветер и погода при определенных океанических условиях. Есть периодические фазы, которые обычно уносят ливни с ураганом с территории Средиземноморья и приносят сухой и теплый воздух. В результате этого, дефицит осадков и повышенная температура, увеличивающая испарение с почвы, и приводят к засухе.

“Средиземноморье – это один из регионов, который единогласно по прогнозам [климатических моделей], станет в будущем суше [из-за изменений климата, вызванного человеком]”, говорит Йоханан Кушнир, климатолог из Обсерватории Ламонт Доэрти.

“Данная работа показывает, что ход процессов в течение этого последнего засушливого периода отличается от того, что мы видели в остальные периоды”, говорит он. Это означает, что регион Леванта, вероятно, уже подвергается воздействию потепления, вызванного людьми.

Исторические документы, свидетельствующие о засухе, возникавшей в период между 1100 г. и 2012 г., подтверждают результаты исследования годовых колец деревьев. По словам Майкла Мана, директора Центра наук о Земле при Университете штата Пенсильвания, это исследование НАСА можно отнести к числу тех нескольких тревожных отчетов, которые констатируют о беспрецедентных климатических условиях.

Опасный соблазн. Воздействие на климат в борьбе с глобальным потеплением⁷

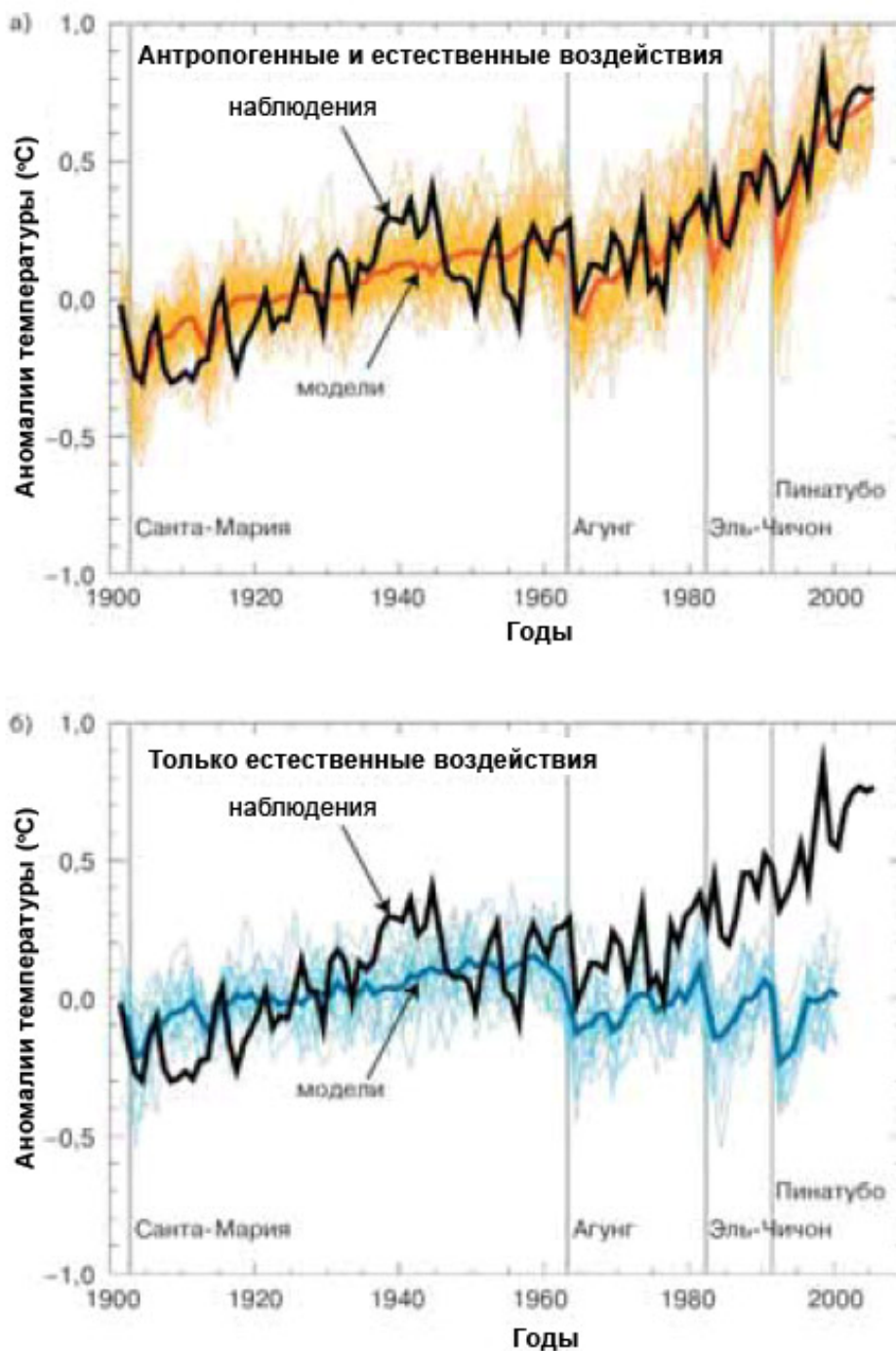
В. П. Мелешко, В. М. Катцов, И. Л. Кароль

Прогнозы и угрозы

Сегодня ни для кого не секрет, что одна из главных забот мирового сообщества — глобальное потепление и его возможное влияние на природу. За 100 лет (1906–2005 гг.) рост температуры приземного воздуха, усредненный по всей земной поверхности, составил 0,74°C, а в России всего за 30 лет (1976–2006 гг.) — 1,33°C. Анализ данных наблюдений и расчеты по моделям климата дают согласованную картину, которая привела Межправительственную группу экспертов по изменению климата (МГЭИК) к следующим выводам:

- маловероятно, что глобальное потепление за последние десятки лет не связано с внешним воздействием на климат;
- с высокой вероятностью наблюдаемый рост концентраций парниковых газов [1] (вызванный хозяйственной деятельностью человека) ответствен за большую часть глобального потепления во второй половине XX века;
- основной вклад в глобальное потепление вносит углекислый газ (CO₂), усиливающий парниковый эффект в атмосфере — по оценкам, он «отвечает» за 55% усиления этого эффекта; по сравнению с «доиндустриальным» периодом его концентрация в атмосфере выросла на 38% и в 2008 г. достигла 385 млн⁻¹ (число частиц на миллион) — максимум за последние 650 тыс. лет.

⁷ Источник: «Экология и жизнь» №2, 2010



Ход средней температуры приземного воздуха за последнее столетие по данным наблюдений (*черная линия*) и моделирования (*цветная*): **а** — с учетом антропогенных и естественных внешних факторов; **б** — с учетом только естественных воздействий.

Вертикальными линиями отмечены наиболее сильные извержения вулканов.

Изображение: «Экология и жизнь»

По заключениям МГЭИК, в результате хозяйственной деятельности в атмосферу Земли ежегодно выбрасывается 27 млрд т CO_2 . Из них 30% поглощаются Мировым океаном, 13% — биосферой и почвой, а 57% остаются в атмосфере. Вследствие ограниченной скорости естественного поглощения CO_2 океанами и биосферой значительная доля этого газа сохранится в атмосфере на

сотни лет, способствуя дальнейшему потеплению. Как считают эксперты, с начала индустриальной эпохи в атмосфере накоплено 770 млрд т антропогенного CO_2 .

Первой попыткой снизить скорость потепления стало подписание в 1998 г. Киотского протокола, по которому большинство развитых стран и стран с переходной экономикой обязались в 2008–2012 гг. сократить выбросы шести парниковых газов на 5,2% (по сравнению с 1990 г.) [2], а развивающиеся страны, включая Индию и Китай, освобождались от обязательств. Однако вскоре выяснилось, что и при выполнении всех обязательств этих ограничений недостаточно даже для стабилизации темпов потепления. В 1990–2007 гг. общие выбросы CO_2 увеличились на 34% (по отношению к уровню 1990 г.), а в 2006–2007 гг. росли примерно на 3% в год.[3]

Шесть парниковых газов Киотского протокола:

углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), гидрофторуглероды, перфторуглероды и гексафторид серы (SF_6).



На долю CO_2 , по оценкам специалистов, приходится около 55% усиления парникового эффекта, вызывающего глобальное потепление. Основные причины антропогенного роста его концентрации — производство, транспортировка, переработка и потребление ископаемого топлива (86%), сведение тропических лесов и сжигание биомассы (12%). Недостающие 2% дают, например, производство цемента и окисление оксида углерода (CO).

Время, за которое около 2/3 выбросов выводится из атмосферы, называется эффективным периодом пребывания (для CO_2 — это 50–200 лет).

Метан (CH_4), вклад которого в антропогенное усиление парникового эффекта, по некоторым оценкам, ныне составляет около 16% (его среднее время жизни в атмосфере — примерно 12 лет), образуется в сельском хозяйстве (животноводство, выращивание риса), при производстве топлива, сведении лесов и т. д.

Закись азота (N_2O), вклад которой оценивается в 5% (время жизни в атмосфере — 114 лет), выделяется при производстве и применении минеральных удобрений, в химической промышленности, сельском хозяйстве.

Разрушавшие озон фреоны не так давно заменили перфторуглеродами (ПФУ) и гидрофторуглеродами (ГФУ). Это углеводороды, в которых фтором частично замещены углерод и водород соответственно. Они выделяются, например, при производстве алюминия, электронных устройств и химических растворителей.

Гексафторид серы (SF_6) — изоляционный материал, широко применяемый в электроэнергетике. Долго сохраняется в атмосфере и активно поглощает инфракрасное излучение, поэтому даже при сравнительно небольших выбросах способен влиять на климат.

Вклад фторуглеродов в парниковый эффект оценивается в 11%, а их время жизни меняется в широких пределах.

Ныне уже ясно, что в XXI веке глобальное потепление продолжится при любых сценариях изменения антропогенных выбросов парниковых газов, так что к концу века температура может повыситься еще на 2–4°C (см. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории РФ. Т. 1. Изменения климата. — М.: Росгидромет, 2008.). В итоге международные группы экспертов заключили, что, если к 2050 г. рост превысит 2°C, могут возникнуть опасные последствия для множества природных экосистем и будет нанесен серьезный ущерб экономикам большинства стран мира: по разным оценкам, под угрозой исчезновения окажутся 15–40% видов живых организмов; на 20–30% сократятся ресурсы пресной воды в ряде густонаселенных районов (Африка, Средиземноморье); на 5–10% уменьшатся урожаи во многих регионах; до 10 млн жителей прибрежных зон ежегодно будут подвергаться риску наводнений; начнется необратимое таяние Гренландского ледникового щита и ускорится повышение уровня Мирового океана; увеличится риск масштабных изменений циркуляции атмосферы и интенсивности муссонов и т. д.[4]

Аэрозоль против парниковых газов?

Как известно, Киотский протокол рассчитан до 2012 г., и ныне готовится новое соглашение, а потому новые обязательства разных стран по ограничению выбросов парниковых газов оказались предметом острых споров. По некоторым оценкам, только для стабилизации роста концентрации CO_2 в атмосфере к 2050 г. глобальные выбросы надо сократить, по меньшей мере, на 50% по отношению к уровню 1990 г. А поскольку до сих пор все усилия по их ограничению были безуспешными, возник интерес к разным технологиям преднамеренного воздействия на глобальный климат как альтернативы сокращению выбросов. [5] Среди них наиболее простым считается рассеяние сульфатного аэрозоля в стратосфере для защиты планеты от солнечного излучения. Выдвинув эту идею в начале 1970-х годов, академик М. И. Будыко неоднократно подчеркивал, что подобное воздействие на климат будет возможно только после точной оценки его влияния «на атмосферные процессы во всех районах земного шара». [6] Увы, хотя до этого еще далеко, в последнее время некоторые отечественные и

зарубежные ученые все чаще обращаются к этой идее, усматривая в ней едва ли не панацею от изменений климата.

Антропогенное воздействие на климат не раз обсуждали на специальном Совете-семинаре при президенте Российской академии наук. [7] Основываясь на изложенных там тезисах, академик Ю. А. Израэль предложил бороться с глобальным потеплением, рассеивая аэрозоли в стратосфере. Он утверждает, что подход, в последнее время пропагандируемый им все активнее, — альтернатива «необходимости регулирования концентрации парниковых газов в атмосфере» и «не представляет опасности для планеты». [8]

За рубежом эта тема стала предметом острых дискуссий в связи с публикацией статьи лауреата Нобелевской премии по химии П. Дж. Крутцена, в которой он заключил, что распыление аэрозоля в стратосфере может рассматриваться как крайняя мера в борьбе с катастрофическими последствиями экстремального (более чем на 5°C) потепления в этом веке. В ответ несколько известных ученых выразили озабоченность по поводу самой идеи намеренного воздействия на окружающую среду (особенно на климат в глобальных масштабах).

Между тем авторы ряда публикаций в отечественных специализированных изданиях видят в воздействии на климат эффективный, недорогой и безопасный способ решения проблемы глобального потепления, подчеркивая относительно низкую стоимость такого подхода и опуская спорные вопросы и негативные последствия.

Хотелось бы дать более полную картину состояния проблемы — по данным современных исследований и обсуждений на международных форумах.

Моделирование климата

В последние годы появилось немало публикаций, посвященных изучению реакций климатической системы на распыление аэрозолей в стратосфере и основанных на применении моделей, учитывающих основные процессы в атмосфере, океане и почве, способные влиять на климат. Важное достоинство модельных исследований — возможность выделять влияние внешнего воздействия на климатическую систему, даже если реакция системы оказывается малой по отношению к ее собственной изменчивости.

Действия на климатическую систему парниковых газов и аэрозоля противоположны. Рост концентрации парниковых газов в атмосфере почти не влияет на приток солнечной радиации к поверхности Земли, но задерживает ее тепловое излучение. Рост содержания аэрозоля, наоборот, уменьшает приток солнечной радиации и слабо влияет на уходящее тепловое излучение. Но эти эффекты не компенсируются в отдельных регионах и сезонах, хотя в целом для земного шара и в среднем за год компенсация возможна.

Ныне известно несколько типов модельных сценариев стабилизации глобального потепления за счет роста альбедо (отражательной способности) системы «атмосфера — поверхность Земли». Самый простой, имитирующий рассеяние аэрозоля (например, соединений серы) в стратосфере, — уменьшение потока солнечной радиации на верхней границе атмосферы при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере и соответствующем потеплении. Так, расчеты показывают, что ослабление этого потока всего на 1,8% может полностью компенсировать рост температуры на 3°C из-за удвоения содержания CO_2 . Но есть и работы, из которых следует, что такое потепление можно скомпенсировать, равномерно рассеивая аэрозоль в стратосфере, что уменьшает прозрачность атмосферы для солнечного излучения. Впрочем, хотя в обеих оценках средняя глобальная температура приземного воздуха со временем возвращалась к первоначальным значениям, ее распределения заметно отличались от исходных:

- в высоких широтах Северного полушария сохранялось потепление (особенно зимой), а в тропиках отмечалось незначительное похолодание;
- осадков в целом выпадало заметно меньше, иными словами, проблема засух (и так достаточно острая) серьезно обострялась в ряде регионов, особенно в тропической зоне, где проживает значительная часть населения Земли.

Адепты «аэрозольного подхода» ссылаются на то, что недавние сильные извержения вулканов, при которых в атмосферу выбрасывалось много пепла и газов, вели к снижению температуры на 1–2 года. Но крупнейшие в прошлом веке извержения вулканов Эль-Чичон (Мексика, 1982) и Пинатубо (Филиппины, 1991) показали, что подобные кратковременные масштабные воздействия на атмосферу сказываются прежде всего на гидрологических процессах и, скорее, служат предостережениями в отношении преднамеренных воздействий на климат. Известный американский ученый А. Робок насчитал целых 20 причин, по которым рассеяние аэрозоля в стратосфере недопустимо. [9] Одна из них связана, например, с тем, что вслед за извержением Пинатубо обширные области поразили засухи (в 1992 г. доля пораженных засухами площадей была наибольшей), а отрицательные аномалии осадков и речных стоков в том же году намного превзошли их естественные колебания за все 55 лет наблюдений. В 1983 г., вскоре после извержения Эль-Чичона, также отмечалось уменьшение количества осадков, особенно в тропиках.

Расчеты неравновесного климата с использованием моделей переноса аэрозоля в предположении о его локализованных выбросах в высоких широтах или тропиках показали, что независимо от места эмиссии распространяется он весьма быстро, температура приземного воздуха над континентами понижается больше, чем над океаном, а также ослабляется муссонная циркуляция и уменьшается количество осадков, прежде всего в низких широтах. В тропиках время пребывания аэрозоля в стратосфере (определяемое уменьшением концентрации в e раз) составляет около 12 месяцев, а в высоких широтах — всего 4–6, поэтому тезис о том, что для уменьшения скорости таяния льда в

Арктике и ледников Гренландии достаточно распылить аэрозоль над этими регионами, несостоятелен.

Влияние на стратосферный озон

Как действует сульфатный аэрозоль на стратосферный озон, мы пока знаем неважно. Возможны разные способы и механизмы такого воздействия. Так, озона в стратосфере образуется тем больше, чем интенсивнее ультрафиолетовое излучение Солнца. Но при эмиссии аэрозоля в стратосферу количество солнечной энергии, достигающей нижних и средних слоев атмосферы, сокращается, а с ним и количество образуемого там озона. Подобный «фотохимический» механизм ведет к разрушению озона на поверхности частиц сульфатного аэрозоля и полярных стратосферных облаков в присутствии окислов азота и соединений хлора при низких температурах. Поэтому сильнее всего содержание озона должно было бы понизиться над Арктикой и Антарктикой.

Для более точной оценки влияния аэрозоля на атмосферный озон необходимы расчеты с использованием трехмерной интерактивной модели атмосферы, учитывающей радиационные, фотохимические и динамические процессы в их взаимодействии. Такие оценки проводились, в частности, для извержения Пинатубо. Оказалось, что в холодные зимы, когда в стратосфере над полярными областями образуются облака, концентрация озона в Арктике может снижаться на 100 единиц Добсона [10] (обычные ее зимние значения здесь 300–400 е. Д.); в Антарктике поменьше, но и здесь на восстановление озоновой дыры, наблюдаемой уже около трех десятилетий в августе—ноябре, пока рассчитывать не приходится. Наиболее низкое среднее значение концентрации озона за всю историю измерений наблюдалось в 1992–1993 гг. — именно после извержения Пинатубо. Нелишне напомнить, что с уменьшением содержания озона в стратосфере растет поток ультрафиолетового излучения Солнца, опасного для всего живого.

Закисление океана

Понятно, что, рассеяв аэрозоль в стратосфере, мы не снизим содержание CO_2 в атмосфере и его поглощение океаном. С ростом концентрации CO_2 в морской воде образуется угольная кислота и нарушается сохранявшийся миллионы лет кислотно-щелочной баланс. Это явление, получившее название «закисление океана», ведет к снижению значения рН воды (росту ее кислотности) и содержанию в ней карбоната кальция (CaCO_3), необходимого для жизни многих морских организмов.

Водородный показатель — мера концентрации ионов водорода в растворе; численно равен отрицательному десятичному логарифму концентрации, т. е. в

растворе с $\text{pH} = 6$ в 10 раз больше ионов H^+ , чем при $\text{pH} = 7$, и в 100 раз больше, чем при $\text{pH} = 8$.

Снижение значения pH (рост концентрации водородных ионов) называют закислением раствора. Нормальная кислотность Мирового океана соответствует $\text{pH} = 8,1 \pm 0,2$. О закислении морских вод говорят при $\text{pH} < 7,8$. Закисление вызывает растворение кораллов и других морских организмов, скелеты и панцири которых состоят в основном из соединений кальция. По оценкам специалистов, повод для беспокойства по этому поводу возникает уже при $\text{pH} = 7,9$, хотя это еще не критично для биоты.

С начала индустриального периода среднее значение pH уже уменьшилось на 0,1, иными словами, концентрация ионов водорода повысилась примерно на 30%. А если к концу XXI века концентрация CO_2 в атмосфере достигнет 750 ppm, pH снизится еще на 0,3–0,4.

Как следует из многочисленных исследований, этот процесс крайне опасен для морской биоты. Дело в том, что на наших глазах кислотность океана меняется во много раз быстрее, чем в прежние десятки миллионов лет. И пока неясно, смогут ли живые организмы и экосистемы приспособиться к таким изменениям. Особенно это относится к морским организмам, раковины и скелеты которых состоят из карбоната кальция (кораллы, известковый планктон, мидии, улитки, морские ежи и т. д.). Так, уже к середине XXI века скорость разрушения коралловых рифов может превысить скорость их формирования. Рост кислотности повлияет также на пищевые цепи в океане и запасы промысловых рыб, угрожая продовольственной безопасности миллионов людей.

Понятно, что уберечь океан от окисления можно, сокращая выбросы CO_2 в атмосферу. Между тем пока предлагаются лишь проекты по усилению поглощения океаном CO_2 из атмосферы (например, за счет искусственного «удобрения» его вод соединениями железа), хотя это сопряжено с пагубными экологическими последствиями и непредсказуемыми рисками для морских экосистем, понизить же кислотность Мирового океана даже не пытаются.

Другие «побочные эффекты» аэрозольных проектов

Климат можно определить как состояние нелинейной системы, включающей атмосферу, гидросферу, криосферу, почву и биосферу, которые сложным образом взаимодействуют. Зависит он и от внешних воздействий (солнечного излучения, извержений вулканов и т. д.). Характерное время реакции на такие воздействия у разных компонентов климатической системы сильно различается.

Рассеяние аэрозоля в стратосфере не просто сдвигает баланс между нагревом атмосферы из-за роста содержания парниковых газов и ее охлаждением из-за экранирования аэрозолем солнечного излучения. Дело в том, что климатическая система подвержена значительной внутренней (не связанной с внешними воздействиями) изменчивости. Ныне в умеренных и высоких

широтах определяющими оказываются внутренние колебания характеристик атмосферы и океана. По некоторым оценкам, все изменения климата в XX веке могли быть связаны с собственными колебаниями климатической системы, происходившими на фоне незначительного потепления из-за роста содержания парниковых газов в атмосфере.

О масштабах естественных региональных колебаний климатической системы можно судить, например, по колебаниям уровня Каспийского моря. В 1930–1970-х годах он непрерывно снижался, что сопровождалось большими экономическими потерями и серьезным экологическим ущербом. Многие гидрологи считали, что эта тенденция сохранится вследствие сокращения стока рек из-за растущего отбора воды на заполнение водохранилищ (и испарение с их поверхностей), полив и т. д. На этом тезисе базировались разные концепции управления водными ресурсами в бассейне Волги и даже «проекты века», предполагавшие переброску в этот регион части стока северных рек. Но Каспий преподнес сюрприз: с 1978 г. уровень моря стал быстро расти (подъем привел к еще большим негативным последствиям). На самом деле эти колебания уровня моря отражают естественные многолетние климатические колебания на большой территории водосбора в результате изменений общей циркуляции воздушных масс и влаги в атмосфере Северного полушария.

Ярким проявлением климатической изменчивости стала и необычно холодная зима 2007/2008 г. в Индии, Индокитае, Китае, Саудовской Аравии и Центральной Азии, нанеся огромные ущербы региону. Зима 2009/2010 г. тоже была холодной во многих районах Северного полушария.

Десятилетиями антропогенное потепление может отчасти маскироваться в отдельных регионах упомянутой внутренней изменчивостью климата, так что, какие изменения способен вызвать аэрозоль в атмосфере, станет понятно тоже лишь через десятилетия — до этого данных наблюдений будет недостаточно для окончательных выводов.

Как следует из современных моделей климата, глобальное потепление можно довольно быстро скомпенсировать, распыляя сульфатный аэрозоль в стратосфере. Но чтобы удержать среднюю температуру на приемлемом уровне, несмотря на рост содержания парниковых газов, выбросы аэрозоля придется повторять регулярно (возможно, на протяжении сотен лет), причем в нарастающих объемах.

Однако возврат глобальной температуры к исходному значению еще не означает сохранения региональных особенностей климата. Уже отмечалось, что для компенсации глобального потепления при удвоении концентрации CO_2 достаточно поток солнечной радиации на верхней границе атмосферы снизить на 1,8% или уменьшить прозрачность атмосферы для солнечного излучения на 26% (например, рассеивая аэрозоль в стратосфере). При этом в солнечных регионах поток излучения на поверхности Земли может ослабеть на 20 Вт/м^2 , а прямая солнечная радиация — даже на 10%, или на $70\text{--}100 \text{ Вт/м}^2$ (после извержений вулканов Пинатубо и Эль-Чичон прямая солнечная радиация у

земной поверхности падала на 25–35%). Понятно, как это могло бы сказаться, например, на развитии солнечной энергетики или астрономии.

Продолжительность проекта по рассеянию аэрозоля определялась бы длительностью пребывания CO_2 в атмосфере, иными словами, начав «эксперимент», пришлось бы продолжать его сотни лет — пока сотни миллиардов тонн CO_2 не будут удалены из атмосферы в результате поглощения океаном и биосферой.

«Оптимизация» климата — искушение цивилизации

Понятно, что в каких-то регионах глобальное потепление несет опасные последствия, а в других, наоборот, сулит новые благоприятные возможности. А если климат можно регулировать, возникает вопрос — какой климат «оптимален». Вопрос непростой — для разных стран, регионов и даже индивидуумов представления об «оптимальном климате» могут сильно различаться. А кому-то ведь придется принимать непростые решения, когда и как действовать.

Подобное вмешательство способно увеличить и опасность международных осложнений, поскольку воздействие на климат может привести к конфликтам между странами или группами стран.

Любые опасные природные явления (тайфуны, наводнения, засухи), которые могут возникнуть в ходе проекта, позволили бы пострадавшим от них утверждать, что ущерб связан именно с его выполнением, и требовать компенсаций.

Как уже говорилось, в последнее время все чаще приходится слышать, что эмиссия аэрозоля в стратосфере — самый дешевый способ борьбы с потеплением, но при этом упорно замалчивается, сколь пагубными могут быть последствия применения такой технологии в долгосрочной перспективе.

Извлечь уроки

Большинство климатологов ныне сходятся во мнении, что глобальное потепление во многом вызвано деятельностью человека. В связи с этим все острее ставится вопрос: не пора ли в полной мере осознать масштабы нашего воздействия, чтобы наконец понять, вправе ли мы и дальше увеличивать выбросы парниковых газов и вредить окружающей среде, не задумываясь о последствиях? Ведь до сих пор на этот счет, по сути, нет регламентации, так что поневоле задумываешься, как далеко человек может зайти в манипулировании природой. Это относится и к попыткам воздействия на атмосферу и климат. Все больше специалистов не скрывают озабоченности в связи с попытками воздействовать на климат, считая, что они сопряжены с большими рисками, а их эффективность сомнительна.

Трагический пример непродуманного вмешательства в природную среду — судьба Арала, в той или иной мере затронувшая все страны Средней Азии. В середине XX века этот замкнутый водоем славился богатейшими природными запасами, а Приаралье считалось процветающим регионом. Однако десятки лет здесь развивали преимущественно поливное растениеводство, наращивая потребление воды, что в конечном итоге и погубило водоем. Когда-то сток Амударьи и Сырдарьи в Аральское море составлял 60 км^3 в год. Ныне он близок к нулю. В результате четвертое по величине озеро в мире превратилось в несколько мелких обособленных водоемов.



При этом только 50–60% изъятной воды доходит до орошаемых полей. Из-за неэкономного расхода воды многие участки заболачиваются и становятся непригодными для сельскохозяйственного производства. Безудержный рост площадей орошаемых хлопковых плантаций в долинах Амударьи и Сырдарьи повлек за собой не только нарушение гидрологического режима рек и засоление плодородных земель, но и беспрецедентное загрязнение почв химикатами. В итоге на месте Аральского моря возникли громадные солончаки, ставшие поставщиками солей и пыли. Прежде Арал служил своеобразным регулятором, смягчающим холодные зимы и летнюю жару. Ныне же лето здесь стало короче и суше, а зима — длиннее и холоднее. Похоже, Арал уже не спасти — даже при отказе от водозабора из Амударьи и Сырдарьи его прежний уровень восстановится лет через 200, не раньше.

Эта экологическая катастрофа стала для многих полной неожиданностью. Ведь еще недавно перспективы региона выглядели многообещающими. В программе комплексного освоения и использования водных и земельных ресурсов Средней Азии также предусматривалась переброска части стока сибирских рек в Амударью и Сырдарью. Но в 1986 г. от выполнения проекта в

СССР отказались по экологическим и экономическим соображениям, а забор воды из Амударьи и Сырдарьи местные власти продолжали наращивать.

Понятно, что попытки влиять на климат в глобальном масштабе таят в себе намного больше рисков, чем региональные «экспромты». Так что в этом вопросе нам не помешала бы крайняя осторожность — преднамеренное воздействие на климатическую систему, о которой мы еще многого не знаем, может напоминать лечение неведомой болезни, которое подчас оказывается гораздо опаснее самой болезни. Ясно, что рассеивание аэрозоля в стратосфере в надежде ослабить потепление не предотвратит всех негативных последствий, связанных с ростом концентрации CO_2 в атмосфере.

По мнению многих специалистов, основной вред предложений воздействовать на климат способами, аналогичными описанному выше, заключается в том, что они отвлекают внимание государства и общества от решения главной проблемы — роста энергоэффективности, сокращения выбросов парниковых газов, средства и силы, необходимые для решения таких насущных задач, как, например, развитие и внедрение возобновляемых источников энергии. Думается, гораздо успешнее бороться с глобальным потеплением можно было бы, например, расширяя их использование и сокращая долю углеводов в мировом энергобалансе, повышая эффективность использования энергии и разрабатывая новые технологии, способствующие сокращению выбросов парниковых газов во всех отраслях хозяйственной деятельности.

¹ Главный естественный парниковый газ — это водяной пар, ответственный почти за 2/3 наблюдаемого парникового эффекта. Но прямое антропогенное воздействие на него невелико (2%). Так, потепление, вызванное другими факторами, способствует испарению и повышает содержание водяного пара в атмосфере, что в свою очередь усиливает парниковый эффект, а облака отражают солнечный свет, повышая альбедо Земли, что, наоборот, ослабляет этот эффект. Как бы то ни было, водяной пар исключают из перечня антропогенных парниковых газов, ибо данных о росте его концентрации в атмосфере нет — иными словами, в первом приближении можно считать, что его вклад в парниковый эффект не меняется.

² Выбросы CO_2 в 1990 г. составляли (в % от мировых): США — 36,1; Россия — 17,4; Япония — 8,5; Германия — 7,4; Великобритания — 4,3.

³ В 1990–2007 гг. выбросы CO_2 выросли: в США — на 20%, Китае — в 2,5 раза, Индии — в 3,5 раза, а в России сократились на 26% (но в последние годы вновь растут).

⁴ The economics of climate change: The Stern Review, Cabinet Office, HM Treasury, 2006, UK.

⁵ В англоязычной литературе принят термин «geoengineering», означающий воздействие на климат или содержание парниковых газов для ослабления потепления.

⁶ Будыко М. И. Метод воздействия на климат/ Метеорология и гидрология. 1974, № 2, с. 91–97.

⁷ Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий. Проблема Киотского протокола. Материалы Совета-семинара при Президенте РАН. — М.: Наука, 2006.

⁸ Израэль Ю. А. Эффективный путь сохранения климата на современном уровне — основная цель решения климатической проблемы/ *Метеорология и гидрология*. 2005, № 10, с. 5–9.

⁹ *Robock A. 20 reasons why geoengineering may be a bad idea/ Bull, of the Atomic Scientists*. 2008, 64, № 2. p. 14–18.

¹⁰ Толщину озонового слоя выражают в единицах Добсона (е. Д.): 1 е. Д. — 0,01 мм озонового слоя при нормальном давлении (760 мм рт. ст.) и температуре воздуха 0°C. В средних широтах Северного полушария наибольшее значение толщины озонового слоя (до 500 е. Д.) приходится на весну, наименьшее (300 е. Д.) — на осень.

Проблема глобального изменения климата как природная опасность⁸

Владимиров В.А., Чураков Ю.И.

Экстремальные погодные явления последних лет интенсифицировали дискуссию о грядущем значительном потеплении земного климата, вызываемого экономической деятельностью человека, главным образом вследствие выбросов в атмосферу так называемых парниковых газов (углекислого газа, метана и др.) [1].

Идея о разогреве земной атмосферы за счет парниковых газов была высказана впервые в конце XIX в. известным шведским учёным С.Аррениусом [2, 3, 4]. Дополнительным толчком к её популяризации в 70-х - 90-х годах XX века послужило численное моделирование климата, подтвердившее, по утверждению авторов, антропогенный парниковый эффект [5].

Одновременно с внедрением в массовое сознание данная парадигма приобрела немало противников и сомневающихся, особенно после Киотской конференции 1997 года, на которой экономически развитым странам фактически был предъявлен ультиматум: или всеобщая катастрофа в будущем, или снижение промышленных выбросов, что стимулировало мировое сообщество к более внимательному изучению доказательной базы глобального потепления.

Условно всю массу специалистов, имеющих отношение к указанной проблеме, можно разделить на 4 группы:

бескомпромиссные сторонники глобального потепления, наибольший вклад в которое, по их мнению, вносит хозяйственная деятельность человека;

специалисты, признающие факт глобального потепления, но считающие утверждение о его преимущественно антропогенном происхождении трудно доказуемым;

сомневающиеся в обоснованности установления самого факта глобального потепления;

сторонники точки зрения, согласно которой в ближайшие десятилетия и далее произойдёт глобальное похолодание, а не потепление.

Научно-популярное изложение точки зрения сторонников глобального антропогенного потепления можно найти в большом количестве разнообразной литературы на данную тему [6, 7, 8]. Наиболее полно и аргументированно в научном изложении мнение специалистов этой группы отражено в «Оценочном

⁸ Источник: «Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования», вып. № 2 / том 4 / 2014

докладе об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации», подготовленном Росгидрометом в 2008 году (далее - Доклад) [9]. Как следует из Доклада, источником данных для анализа и прогноза климатических явлений и характеристик является система наблюдений за климатом как глобального, так и регионального масштаба.

Следуя рекомендациям Рамочной конвенции ООН по изменению климата, международные организации - ВМО, МОК (ЮНЕСКО), ЮНЕП и МСНС — создали программу «Глобальная система наблюдений за климатом» (ГСНК), которая является комплексной и базируется на средствах наблюдений, размещенных на суше, морских судах, плавающих буях, зондах, самолетах и спутниках. Система наблюдений позволяет создать базу данных о глобальных и региональных изменениях климата за длительный период времени с целью информирования правительств о происходящих изменениях. Региональная система наблюдений за климатом России является важной составной частью ГСНК.

По данным российской системы наблюдения за климатом глобальное и региональное потепление климата имеет место, что подтверждается многими фактами. Помимо повышения глобальной температуры воздуха у земной поверхности наблюдается уменьшение площади морского льда в Арктическом бассейне и снежного покрова на суше, повышение среднего уровня океана и др. Известно, что изменение глобальной температуры в XX веке и в начале XXI века было неоднородным. Выделяются три временных интервала: потепление 1910-1945 гг., слабое похолодание 1946-1975 гг. и наиболее интенсивное потепление после 1976 г. Особое внимание привлекают данные за последние 30-40 лет.

На рис. 1 изменение среднегодовой температуры приземного воздуха, осредненной по территории России, представлено в сопоставлении с изменением среднегодовой глобальной температуры. Важно отметить, что потепление климата на территории России оказалось заметно больше глобального. Размах аномалий (разность между максимумом и минимумом) среднегодовой температуры в России достигает 3-4°C, в то время как для земного шара он лишь несколько превосходит 1°C.

Повышение среднегодовой температуры воздуха в течение XX века происходило практически на всём земном шаре. За последние 100 лет (1907-2006 гг.) общее потепление составило 0,75°C в среднем для земного шара и 1,29°C для России.

За период 1976-2006 гг. суммарное среднее потепление в целом по России составило 1,33°C, т. е. превысило 100-летнее среднее потепление (1,00-1,29°C). Это превышение отчасти объясняется некоторым похолоданием, имевшим место в середине XX века. Соответственно скорость потепления после 1975 г. оказалось намного больше, чем за столетие в целом. Для территории России — это 0,43°C/10 лет против 0,10-0,13°C/10 лет. Однако если сравнить оценки периода 1976-2006 гг. с оценками для конца XX века (1976-2000 гг.), то на территории России в целом и для отдельных регионов обнаруживается

тенденция к определенному уменьшению скорости потепления, тогда как в глобальном масштабе скорость потепления продолжает увеличиваться.

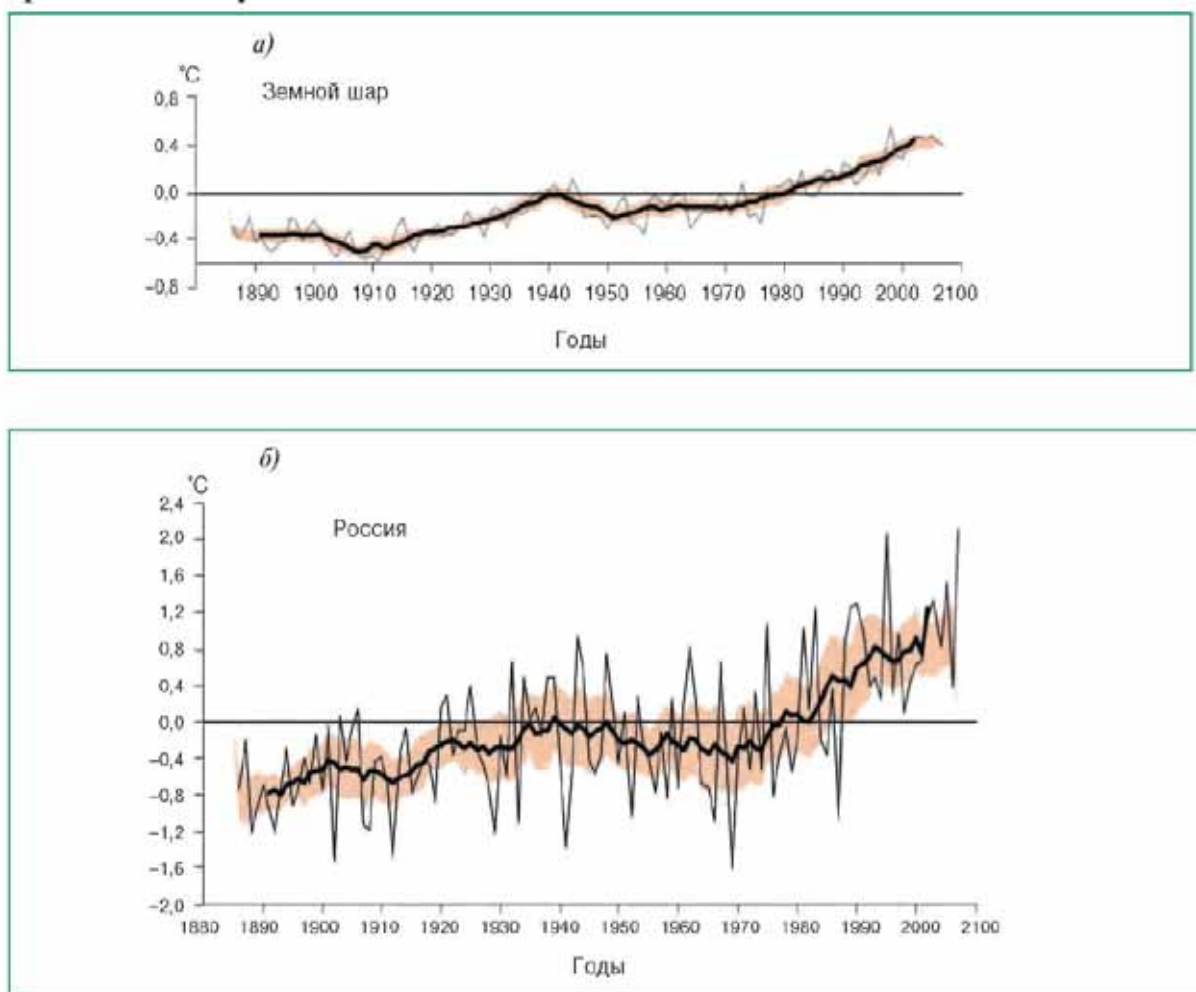


Рис. 1. Изменения среднегодовой температуры приземного воздуха (°C), осредненной по земному шару (а) и по территории России (б), в отклонениях от средних за 1961-1990 гг. Жирная кривая показывает сглаженный ход температуры (11-летние скользящие средние), затененная область обозначает границы 95%-ного доверительного интервала для 11-летних средних, которые не включают ошибки пространственного осреднения и нарушений однородности наблюдений.

Следует отметить, что понимание причин и механизмов изменения среднегодовой температуры, а также других важных параметров, характеризующих состояние климата на всем земном шаре и в России, и, особенно, вклада в это изменение результатов хозяйственной деятельности человека, невозможно без развитой системы физико-математического моделирования, в основе которой лежат климатические модели.

В настоящее время широко признается, что объединенные модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) являются наиболее перспективным инструментом исследования процессов, действующих в климатической системе.

Если модель позволяет воспроизводить современный климат, различные состояния климатической системы, наблюдавшиеся в далеком прошлом (когда внешние воздействия сильно отличались от современных), а также эволюцию климатической системы (т.е. связанные с внешним воздействием тренды и собственную изменчивость), полученные с помощью этой модели оценки будущих изменений климата в результате реализации того или иного сценария внешнего воздействия заслуживают доверия.

Прямое сравнение результатов проведённых модельных расчетов с данными наблюдений на земном шаре показывает, как утверждают специалисты первой группы, что с высокой степенью вероятности отмечаемое потепление не может быть объяснено лишь естественными причинами, и антропогенный фактор ответственен за большую часть глобального потепления, наблюдаемого во второй половине XX века (рис. 2).

Аналогичные исследования проведены и в России. Чтобы установить наличие антропогенного сигнала в процессе повышения температуры наземного воздуха было выполнено сравнение годовых и сезонных аномалий температуры по данным наблюдений и результатам расчетов по ансамблю моделей. Были проведены две серии экспериментов — в первой учитывались антропогенные и естественные внешние воздействия, а во второй — только естественные воздействия. Анализ временного хода годовых аномалий температуры показал, как свидетельствуют приверженцы первого направления, что наблюдаемый ее положительный тренд невозможно объяснить без учета антропогенного фактора (рис. 3). Более того, из анализа результатов расчетов следует хорошее совпадение наблюдаемой с конца 1970-х годов скорости роста температуры воздуха и результатов расчетов по ансамблю моделей.

Полученная по ансамблю моделей аппроксимация тренда антропогенной составляющей температуры позволяет оценить ее вклад в суммарную изменчивость наблюдаемой температуры в целом для территории России.

Близость оценок вкладов линейного временного тренда и его антропогенной составляющей может действительно рассматриваться в качестве важного аргумента в пользу того, что главным фактором наблюдаемого в целом по России роста температуры приземного воздуха является антропогенный фактор.

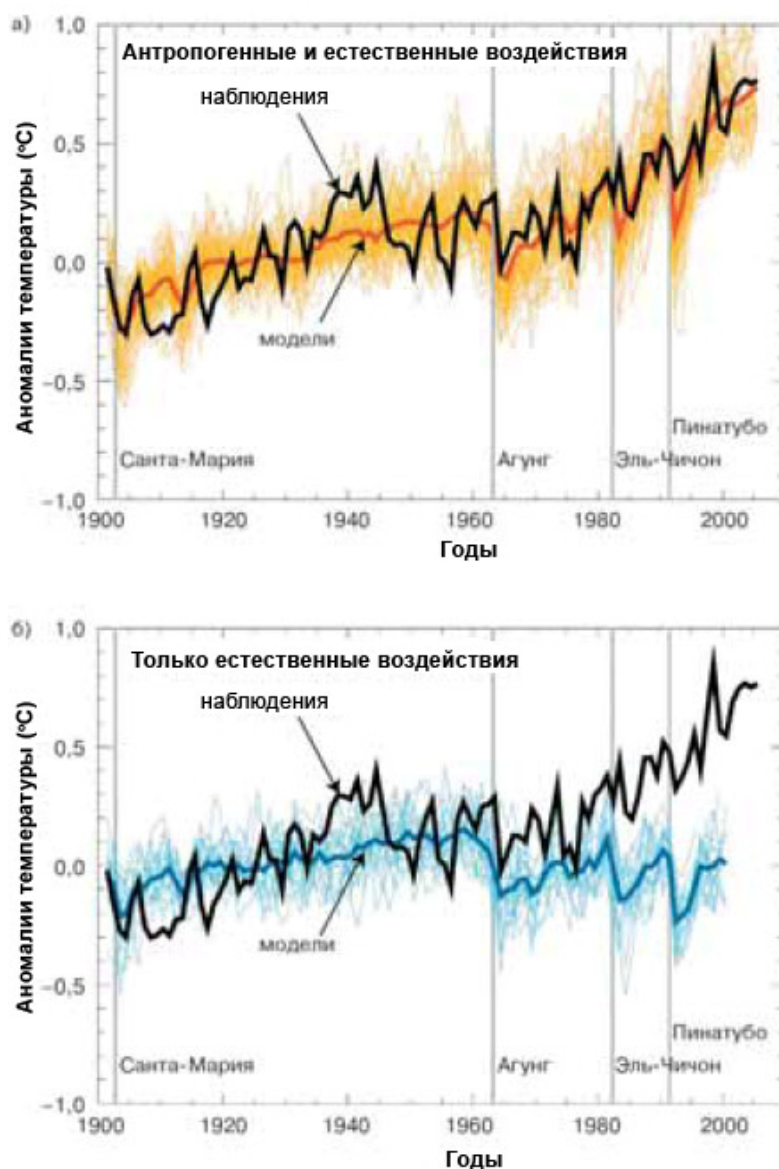


Рис. 2. Аномалии средней глобальной температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) по данным наблюдений и расчетов с учетом антропогенных и естественных внешних воздействий (а) и только естественных воздействий (б). К естественным воздействиям относятся изменения приходящего на верхнюю границу атмосферы солнечного излучения и влияние вулканической деятельности на аэрозольный состав атмосферы, а к антропогенным — изменения концентрации парниковых газов и сульфатного аэрозоля. Аномалии рассчитаны по отношению к среднему за 1901-1950 гг. На рисунке (а) результаты 58 расчетов по 14 МОЦАО показаны тонкими линиями, а среднее по мультимодельному ансамблю — жирной линией. На рисунке (б) представлены результаты 19 расчетов по 5 моделям. Расчеты показаны тонкими линиями, а среднее по мультимодельному ансамблю — жирной линией. Серыми линиями отмечено время наиболее значительных извержений вулканов

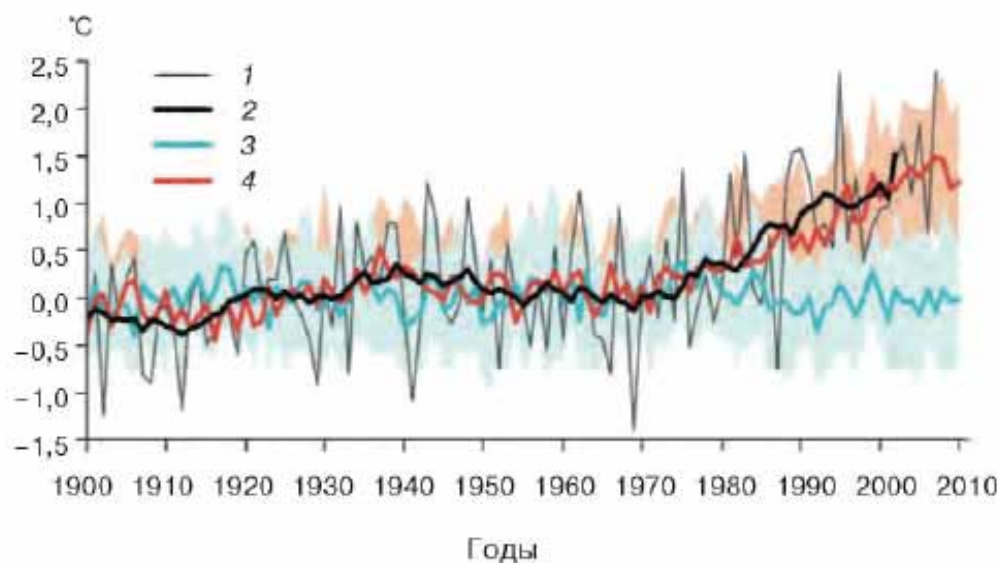


Рис. 3. Временной ход среднегодовых аномалий температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на территории России, полученных по данным наблюдений (1, 2) и рассчитанных по ансамблю 16 МО-ЦАО CM1P3 с учетом только естественных внешних воздействий (3), антропогенных и естественных воздействий (4). Аномалии рассчитаны по отношению к среднему за 1901-1950 гг. Кривая (2) получена из (1) с помощью 11-летнего скользящего осреднения. Заштрихованные области показывают межмодельный разброс, равный стандартным отклонениям ($\pm\sigma$) от средних по ансамблю

Результаты совместного анализа наблюдений и расчетов, выполненных с помощью моделей, позволили специалистам первой группы сделать следующие выводы:

крайне маловероятно ($< 5\%$), что изменения климата, наблюдавшиеся за последние 50 лет, происходили без внешнего воздействия;

с высокой степенью вероятности ($> 90\%$) можно утверждать, что наблюдаемое увеличение концентраций антропогенных парниковых газов является одной из основных причин глобального потепления, начиная с середины XX века.

Однако, несмотря на достаточно убедительное вышеизложенное доказательство антропогенных причин наблюдаемого потепления климата на Земле, рядом специалистов выдвигаются различные «альтернативные» гипотезы причин этого потепления, активно обсуждаемые в средствах массовой информации.

Например, часто упоминается гипотеза о важной роли солнечной активности в наблюдаемом глобальном потеплении. Более того, утверждается,

что вследствие изменения светимости Солнца в ближайшие годы следует ожидать даже понижения глобальной температуры. Вместе с тем, непрерывные наблюдения за Солнцем в течение 28 лет показывают, что колебания потока солнечной радиации между максимумом и минимумом в 11-летнем цикле составляют 0,08% при отсутствии заметного долговременного тренда. Прямое радиационное воздействие на глобальную атмосферу в результате изменений солнечного потока с 1750 г. по настоящее время составляет 0,12 Вт/м². Эта величина значительно меньше суммарного радиационного воздействия парниковых газов, обусловленных хозяйственной деятельностью человека. Поэтому, в четвёртом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) констатируется, что нет оснований рассматривать изменения солнечной активности и связанные с нею изменения потока солнечной радиации на верхней границе атмосферы как причину наблюдаемого потепления климата.

Согласно другим предположениям нынешнее потепление климата является проявлением долгопериодной естественной изменчивости климата. На основании того, что в течение XX века, как указывалось выше, наблюдались два тёплых периода, второй из которых продолжается и в настоящее время, высказывается мнение, что период наиболее значительного потепления в конце XX столетия приходится на восходящую ветвь 50-60-летнего естественного колебания или связан с квазипериодическим внешним воздействием. Что же касается утверждений о влиянии других внешних естественных воздействий на климат (планет Солнечной системы и т. п.) — в настоящее время не существует убедительных данных наблюдений, которые бы показывали, что эти воздействия по своей величине способны повлиять на глобальное изменение климата.

Иногда высказываются гипотезы о том, что глобальное потепление будет компенсироваться похолоданием в связи с наступлением следующего ледникового периода в результате эволюции орбиты Земли. Действительно, изменения орбитальных параметров происходят, но с периодичностью от нескольких десятков до сотен тысяч лет и в прошлом они приводили к значительным изменениям глобального климата. В связи с этим в четвёртом оценочном докладе МГЭИК по этому поводу указывается, что современное антропогенное потепление климата не может быть ослаблено естественным похолоданием климата Земли вследствие изменений орбитальных параметров Земли в ближайшие несколько тысяч лет.

К наиболее активным представителям оппозиционной точки зрения на климатические изменения из указанных выше второй и третьей групп специалистов относится интернациональная группа учёных, возглавляемая академиком РАН К.Я. Кондратьевым (Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, Международный центр по окружающей среде и длительному зондированию им. Ф. Нансена, Санкт-Петербург). В концентрированном виде их взгляды изложены в заключении к книге «Изменения глобального климата: концептуальные аспекты». Учёные считают, что в массовом сознании изменение глобального климата однозначно отождествляется с глобальным потеплением. По их мнению

всё это не так безобидно, как кажется на первый взгляд. Обеспокоенность состоянием жизненной среды, несомненно, положительный факт. Но только до той поры, пока эта обеспокоенность не становится предметом социального, тем более социальноэкономического управления, когда сознательно формируются неверные представления об объективных процессах, происходящих в мире, а не совсем верные представления превращаются в совсем неверные установки к действиям. Таковыми, по их представлению, являются положения, закрепленные в Рамочной конвенции ООН об изменении климата (Рио-де-Жанейро, 1992 г.), и вытекающие из нее совсем неверные установки, сформулированные в Киотском протоколе к данной конвенции (1997 г.).

По мнению этой группы учёных, главная трудность в понимании причин изменений климата связана с сохраняющейся до сих пор невозможностью достаточно надежного учета климатических обратных связей. В первую очередь это касается облачно-радиационной обратной связи, прямого и косвенного (через воздействие на радиационные свойства облаков) влияния атмосферного аэрозоля на климат, а также влияния на него взаимодействия атмосферы и океана, когда игнорируется инерционность климатической системы, ибо термическая «память» глубоких слоев океана достигает столетий и даже тысячи лет. Кроме того, по данным наблюдений за 1858-1992 гг. обнаружены также глобальные осцилляции приземной температуры воздуха с периодом около 65-70 лет.

Учёные считают, что противоречивость проблемы антропогенных изменений климата состоит в отсутствии достоверных количественных оценок соотношения между вкладами природных и антропогенных факторов. Именно это обстоятельство создает серьезные трудности на пути практического осуществления рекомендаций, содержащихся в Киотском протоколе. Такого рода выводы, детально обсуждавшиеся ранее, по их мнению, находят всё более широкое признание. В этом контексте недоумение этой группы учёных вызывает весьма широкое использование термина «изменение климата» как определяющего лишь антропогенно обусловленное изменение. Не менее неправомерна, по их мнению, подмена понятия «изменение климата» (в его истинном значении) термином «глобальное потепление», поскольку и данные наблюдений, и результаты численного моделирования свидетельствуют о высокой степени пространственной неоднородности современных изменений климата, отнюдь не сводящихся к повышению приземной температуры воздуха. Утверждается, что упомянутые терминологические недоразумения не являются случайными и, если называть вещи своими именами, имеют целью дезинформацию ради утверждения ложной концепции антропогенного («парникового») глобального потепления.

Свидетельством тому может быть, например следующее. В разгар знойного лета 1988 г. Д. Хансен заявил в Конгрессе США о 99-процентной вероятности антропогенного глобального потепления и его разрушительных последствиях для экосистем в будущем, а также о наличии якобы консенсуса среди специалистов по этому вопросу, хотя многие метеорологи и климатологи отнюдь не разделяли подобные взгляды: соответствующие разработки не

позволяли установить достоверные причинно-следственные соотношения между антропогенными выбросами парниковых газов и наблюдавшимися изменениями климата. А в августе 1997 г. министр геологии США В. Бэббитт, обращаясь к примерно трем тысячам участников ежегодного конгресса Экологического общества США, сказал, что они должны выполнить гражданскую обязанность — помочь убедить скептически настроенную американскую публику в том, что глобальное потепление является и реальным, и опасным.

Такая политическая мотивированность поддержки концепции глобального «парникового» потепления определила гигантский рост правительственных ассигнований на такого рода разработки в США в период 1990-1995 гг. с 600 млн. до 1,8 млрд. долларов. Еще более высоких уровней достигли финансовые потоки через Всемирный банк и Глобальный экологический фонд.

Если антропогенное воздействие на климат действительно опасно, то ученые этой группы задают вопрос, как определить критерии этой опасности и кто должен быть за это ответственным (с учетом также социально-экономических и политических факторов). До сих пор остаются без ответа еще три вопроса: окажутся ли меры по снижению концентрации парниковых газов экономически эффективными, кто выиграет и кто потеряет от мер по снижению выбросов парниковых газов и как изменения климата повлияют на осуществление мер по предотвращению нежелательных изменений климата на протяжении жизни одного поколения людей?

Основополагающее значение при этом безусловно имеет совершенствование глобальной системы наблюдений, данные которой позволят ответить на все эти вопросы. Самые важные обстоятельства, касающиеся изменений глобального климата, сегодня состоят в следующем: 1) данные наблюдений (пока еще неадекватные с точки зрения их полноты и надежности) полностью ещё не подтверждают наличия глобального потепления. Особенно это касается данных наземных наблюдений в США, Арктике и результатов спутникового дистанционного зондирования; 2) если усиление парникового эффекта атмосферы, обусловленное предполагаемым удвоением концентрации CO_2 в атмосфере, составляет около 4 Вт/м^2 , то неопределенности, связанные с учетом климатообразующей роли атмосферного аэрозоля и облаков, а также с введением так называемой «поточковой поправки», достигают десятков и даже 100 Вт/м^2 ; 3) результаты численного моделирования климата, обосновывающие гипотезу парникового глобального потепления и якобы согласующиеся с данными наблюдений, представляют собой, по мнению этой группы ученых, не более чем подгонку к данным наблюдений; 4) опирающиеся на эти результаты рекомендации об уровнях сокращения выбросов парниковых газов лишены смысла, а их осуществление может иметь далеко идущие негативные социально-экономические последствия.

Иллюстрацией исключительной сложности понимания закономерностей современной динамики климатической системы, и тем более оценки возможных изменений климата в будущем, является отсутствие до сих пор достоверных количественных оценок вклада антропогенных факторов в формирование современного климата при бесспорном понимании того, что антропогенно

обусловленное усиление парникового эффекта атмосферы (за счет роста концентрации парниковых газов в атмосфере) должно порождать определенные изменения глобального климата. Весьма опасно укоренившееся в связи с этим понимание глобального потепления как повсеместное повышение температуры, усиливающееся с широтой. Как показал анализ данных наблюдений в высоких широтах Северного полушария, подобные суждения совершенно не соответствуют действительности.

В целом члены указанной интернациональной группы утверждают, что касается прогнозов климата и содержащихся в Киотском протоколе рекомендаций о сокращении выбросов парниковых газов в атмосферу, то первые нельзя интерпретировать иначе как условные сценарии и, соответственно, вторые как лишённые реальных оснований. Таким образом, существует острая необходимость в течение ближайших лет провести ревизию Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК) и отказаться от необоснованных, нереальных и опасных для социально-экономического развития рекомендаций, содержащихся в Протоколе.

Точку зрения на проблему глобального потепления специалистов четвертой группы достаточно четко высказал заместитель директора Института географии РАН академик А. Тишков: «Человек, конечно, способен своей деятельностью влиять на размах колебаний температуры. Не случайно она растет по сравнению со средними многолетними значениями. Однако теория об антропогенном характере потепления в том виде, который представляется нам через СМИ и в некоторых научных публикациях, зачастую преподносится как чисто алармистская идея, которая относится к разряду предсказаний о конце света и Всемирном потопе. Что бы там ни делал человек, через десятилетия все равно пойдет обратный процесс - похолодание. Действительно, уже сейчас в связи с таянием многолетней мерзлоты разрушаются фундаменты зданий, участились катастрофы на нефте- и газопроводах, более интенсивно размываются берега рек и морей, в горах участились сели и лавины... Аномальные погодные явления приобретают затяжной характер, как это демонстрируют нам затяжные оттепели, дожди и холода. Но более масштабных изменений все же ожидать не следует. Даже если речь идет о прогнозах на столетия вперед. Нужно не кричать о конце света, а предпринимать превентивные действия — в частности, не строить и не развивать инфраструктуру на опасных по климатическим условиям территориях. А еще — ввести экологическое и климатическое страхование, чтобы избежать серьезных ущербов» [10].

Представление специалистов четвёртой группы о том, что в ближайшем и обозримом будущем наступит глобальное похолодание, коренным образом расходится с выводами Доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), опубликованного в феврале 2007 года, в котором подчёркивается, что вызванные деятельностью человека процессы остановить практически невозможно, потепление будет продолжаться как минимум несколько веков, а то и целое тысячелетие [11].

Их точка зрения, в частности, основана на том [1], что в Средние века климат Земли был заметно теплее современного. Примером тому может служить и название острова Гренландия, поскольку в момент его открытия в X в. побережье действительно было покрыто сочной зелёной травой. О колебаниях приземных температур в прошлые времена говорят и геологические данные, приведенные, например, в работе [12]. Вероятнее всего, сейчас мы, считают специалисты этой группы, живём вблизи максимума одного из временных потеплений, начавшегося еще в XVII в., когда об антропогенном влиянии на климат выбросов парниковых газов в атмосферу и говорить-то не приходилось. Отсюда видно, что современное потепление носит ярко выраженное природное происхождение и в скором времени может смениться новой фазой похолодания [13]. Так, судя по расчётам ведущего астронома Пулковской обсерватории Х.И. Абдусаматова [14], начало медленного понижения температуры можно ожидать уже в 2012-2015 гг., а глобального минимума она достигнет примерно к 2055-2060 гг. Такое положение сохранится приблизительно в течение 50-70 лет, и только в начале XXII в. начнётся очередной цикл глобального потепления климата. Такие вариации климата явно определяются периодическими (пульсирующими) изменениями светимости Солнца, которые, в свою очередь, вероятно, связаны с колебаниями размеров и площади Солнца, зависящими от интенсивности протекающих в его недрах ядерных реакций [14].

В статье ещё одного представителя этой группы специалистов доктора геологоминералогических наук Б.Л. Берри «Прошлые, унаследованные и будущие природные опасности», написанной им специально для Интернета по материалам предыдущих работ [15], сделана попытка долговременного прогноза похолодания (в текущем и последующих тысячелетиях).

Его представления основаны на изотопно-кислородном анализе ископаемых раковин, захороненных в осадках морских слоёв. Содержание тяжёлого изотопа кислорода с атомным весом 18, выраженное в тысячных долях от содержания обычного лёгкого кислорода с атомным весом 16, сопоставлено с экологическими характеристиками Земли, такими как температура поверхности океанов в экваториальном поясе, температура земной поверхности в северном полушарии, изменения уровней поверхности океана, объёмы и площади ледниковых щитов.

Молекулы воды с лёгким изотопом кислорода легче испаряются из океанов и накапливаются в ледниковых покровах. В воде остаётся больше тяжёлых изотопов кислорода. Когда в ископаемых раковинах морских отложений обнаруживают больше тяжёлых изотопов, это значит, что данные слои формировались в ледниковую эпоху. Чем больше относительное содержание тяжёлого изотопа, тем больше льда находится на поверхности Земли. Такое сопоставление оказалось возможным благодаря обобщению существующих экологических реконструкций последнего ледникового периода.

В результате анализа последних 700 тысяч лет были выделены десять стабильных колебаний природных условий с периодами от 14 до 294 тысяч лет [16]. Они характеризуют однородное чередование длительных ледниковых и коротких тёплых периодов. Модель процесса, представленная суммой этих 10

колебаний, позволяет дать экологический прогноз на ближайшие 300 тысяч лет [17].

Периоды колебаний связаны с изменениями орбиты Земли, а их амплитуды сильно зависят от земных условий [16]. Например, в заключительный период существования океанической циркуляции через полярные моря (3,1-2,7 млн. лет назад) изменения орбиты мало влияли на колебания температур. В то время тёплые течения, проходящие через Северный Ледовитый океан, не позволяли формироваться морским льдам и уменьшали амплитуды колебаний температур в северном полушарии [17].

Тенденции к похолоданию и увеличению амплитуд колебаний в последние 3 миллиона лет были вызваны уменьшением водообмена между Тихим и Северным Ледовитым океанами и усилением похолоданий при формировании морских льдов. Рост площадей морских льдов и снежного покрова увеличивает количество солнечного тепла, отраженного обратно в космос, что опять способствует похолоданию, росту площадей льда и дальнейшему похолоданию.

Вечная мерзлота начала формироваться около 1 млн. лет назад и проникла к настоящему времени в Азии и Северной Америке до максимальных глубин, соответственно равных 1600 и 1000 м [18]. 700 тысяч лет назад площади морских льдов достигли своих критических размеров и создали условия для чередования длинных ледниковых и коротких межледниковых периодов [17]. Периодические потепления разрушали ледниковые покровы северных

материков только на 10 тысяч лет, но не могли уничтожить вечную мерзлоту, которая до сих пор занимает северную часть Канады, Аляску, Азиатскую часть России, присутствует в Монголии и на севере Китая.

Следующий ледниковый период начнётся примерно через 4 тысячи лет. Следует отметить, что этот прогноз не очень надёжен, так как в модели используются только очень длинные периоды, начиная с периода в 14 тысяч лет. Нам очень мало известно о природных колебаниях в диапазоне периодов от 1000 лет [19] до 14 тысяч лет [16], использование которых может существенно изменить результаты моделирования. Поэтому существует опасность, что ледниковый период может начаться значительно раньше, например, в текущем тысячелетии [20]. При этом температура поверхности материков в северном полушарии снова понизится на 6°C, площадь ледниковых щитов увеличится на 30 млн км², их объём - на 60 млн. км³. Уровень океана понизится на 80 м. Современные портовые сооружения окажутся вдали от морских берегов. Разрушится инфраструктура промышленных северных стран. Ледники толщиной в 2-3 км снова покроют северные части континентов.

В Азии ледники образуют плотины, которые препятствуют стоку рек, впадающих в Северный Ледовитый океан. В Западной Сибири сформируется гигантское пресное море, часть воды которого может спонтанно прорываться в Каспийское море. Сотни миллионов людей необходимо будет переместить в более южные регионы: южнее штата Висконсин в Америке, южнее Киева в Восточной Европе и южнее Монголии в Азии.

На этом фоне предстоящих похолоданий особенно абсурдно выглядит борьба северных стран с отсутствующим техногенным потеплением [20, 21]. При объединении усилий человечество в состоянии противостоять очередной ледниковой эпохе. Для этого необходимо препятствовать росту площадей морских льдов в арктическом регионе, предусмотреть меры по отоплению поверхности океана. Причем проект отопления поверхности океана можно связать с комплексным освоением Арктики. Отопление поверхности океана до 0°C, в первую очередь, следует проводить за счет изменения направлений существующих потоков энергии [22, 23, 24, 25]:

использования космических отражателей на стационарных полярных орбитах, фокусирующих солнечную энергию и свет на поверхностях полярного бассейна;

увеличения притока тёплых вод в арктический бассейн за счёт корректировки течений Атлантического океана отклоняющими экранами, ускорения вывода ледовых полей Арктики в Атлантический океан, строительства приливных сооружений для обмена вод Северного Ледовитого и Тихого океанов и создания электростанций в районе Берингова пролива;

использования тепла земных недр и более тёплых вод из глубин арктических морей; использования подземных рассолов для увеличения солёности океанических вод в областях впадения рек, других физико-химических методов таяния морского льда;

создания плавучих сборно-разборных атомных электростанций для жизнеобеспечения Севера и отопления арктических вод, систем утилизации и хранения ядерных отходов. (Человечеству надо увеличить производство энергии в 1000 раз за 1000 лет. Для этого каждый год необходимо увеличивать её производство на 0,7%);

вынесения в полярные регионы производств с большими отходами тепла; использования новых целенаправленных разработок.

Столь радикальное преобразование климата требует достаточно средств, изобретательности и, главное, времени для поэтапной и критической оценки получаемых результатов. Анализируя изложенное выше, следует отметить следующее.

Общей слабой стороной всех перечисленных точек зрения является недостаточность доказательной базы.

В отношении аргументации специалистов первой из вышеупомянутых групп до сих пор нет окончательного решения вопроса о достоверности наблюдаемых температурных данных, образующих многолетний температурный ряд. Речь идёт об их полноте, влиянии ошибок пространственного осреднения, нарушениях однородности наблюдений.

Например, наблюдения приземной температуры воздуха на протяжении более столетия осуществляются при помощи стеклянных термометров, но за это время неоднократно изменялись устройства защиты термометров от прямого воздействия солнечной радиации и ветра, что диктует необходимость

фильтрации данных по приземной температуре воздуха с целью обеспечения однородности рядов наблюдений. В период с апреля по август 2000 г. на станции университета Небраски, США (40°83' с.ш., 96°67' з.д.) Hubbard и Lin [24] выполнили сравнительные наблюдения приземной температуры воздуха над гладким травяным покровом с использованием различных устройств защиты термометров. Одновременно измерялись прямая солнечная радиация и скорость ветра. Анализ результатов наблюдений показал, что расхождения данных наблюдений могут достигать нескольких десятых градуса. Учитывая, что измеряемый эффект повышения температуры, позволяющий говорить о глобальном потеплении, того же порядка, необходим серьёзный анализ точности его измерения [28].

Температурные данные, представленные на рис. 1 и рис. 2, являются результатом математической обработки опытных данных, зависящим от метода обработки, причём разброс получаемых значений может быть соизмерим с наблюдаемым эффектом потепления.

Климатические модели, используемые как основной инструмент доказательства преимущественного влияния антропогенного фактора, содержат большое количество параметров и коэффициентов, в том числе неопределённых. Возникает вопрос: насколько устойчивы вычисляемые средние значения температуры при вариациях числовых значений параметров и коэффициентов в пределах точности их получения, если не заниматься подгонкой расчётной кривой к опытной зависимости?

Судя по литературным источникам, изложенные вопросы остаются открытыми.

Что касается противников антропогенного характера изменения климата, то, когда речь идёт о критике с их стороны в адрес своих оппонентов, то она, во многом достигает цели. С другой стороны, их доказательства естественных причин глобальных изменений климата правдоподобны, однако нередко носят предположительный или декларативный характер, что возможно связано с состоянием науки в данной области на сегодняшний день.

В отношении работ Б. Берри можно сказать, что хотя для них характерны указанные выше недостатки, тем не менее, они демонстрируют принципиальную возможность развития сценария глобального изменения климата в обозримом будущем, противоположного сценарию глобального потепления.

Таким образом, следует констатировать, что:

вопрос о надёжности температурных данных (многолетнего температурного ряда), позволяющих утверждать о глобальном потеплении, до сих пор не получил окончательного общепризнанного разрешения;

существуют точки зрения, альтернативные антропогенному характеру глобального потепления, предполагающие естественные механизмы его происхождения и прогнозирующие как в ближайшем, так и отдалённом будущем похолодание;

доказательная база как антропогенного, так и естественного характера глобального потепления недостаточна для того, чтобы сделать окончательный вывод в пользу того или иного механизма;

вопрос о том, потепление или похолодание ожидает нас до конца столетии остается открытым;

очевидными опасными проявлениями глобального изменения климата, требующими конкретных действий, являются: увеличение частоты и длительности аномальных и опасных климатических явлений; таяние ледников и вечной мерзлоты; изменение характера распределения осадков по поверхности Земли.

Выводы

Учитывая большой интервал времени между Киотской конференцией 1997 года и Копенгагенской конференцией ООН по проблеме изменения климата, прошедшей в декабре

2009 года, можно было сделать вполне определённые выводы по данной проблеме, не дожидаясь окончания Копенгагенской конференции [27]. Два-три десятилетия назад, когда о проблеме современного глобального изменения климата было известно еще очень мало, предполагалось, что изменение это будет заключаться в повсеместном потеплении в результате так называемого парникового эффекта - накопления в атмосфере газов, задерживающих тепловое излучение поверхности Земли (углекислого газа, метана и других). Проведенные за эти два-три десятилетия исследования показали, что проблема имеет намного более сложный характер, и в разных частях Земли климат может меняться по-разному. С учетом имеющихся научных знаний по данной проблеме, правильнее говорить не о глобальном потеплении, а о глобальном изменении климата, увеличении частоты аномальных и опасных климатических явлений, таянии ледников и вечной мерзлоты, изменении характера распределения осадков по поверхности Земли.

Связано ли глобальное изменение климата с деятельностью человека? Доказать связь глобального изменения климата с деятельностью человека сложнее, чем доказать сам факт существования глобальных изменений климата. Изменения климата могут происходить и под влиянием человека, и под влиянием природных причин (последнее наблюдалось в прошлом на протяжении всей истории Земли). Скорее всего, современное изменение климата является результатом совместного действия природных причин и человека, а вот вопрос о том, как эти причины соотносятся друг с другом и какая из них главнее, является предметом сложных научных исследований.

Тем не менее можно сказать, что авторитету концепции антропогенного глобального потепления за прошедшие годы был нанесён существенный урон, что подтвердила прошедшая Копенгагенская конференция. Вопрос о том, куда качнётся температурный ряд в ближайшем будущем и в более отдалённой

перспективе - в сторону потепления или в сторону похолодания, оказался совсем не таким однозначным, как это казалось вначале.

Опасно ли глобальное изменение климата для живой природы? Да, опасно - несмотря на то, что сравнимые по амплитуде и даже значительно более сильные изменения климата в истории Земли происходили многократно. С точки зрения угрозы живой природе у современных изменений климата есть две особенности, делающие их особо опасными для биологического разнообразия нашей планеты. Во-первых, высокая скорость этих изменений. Во-вторых, совершенно иной характер территорий дикой природы. В прошлом они представляли собой непрерывные пространства в масштабе континентов, в пределах которых виды живых организмов могли свободно мигрировать вместе с природными зонами. Сейчас природная среда фрагментирована инфраструктурой и освоенными человеком территориями, и у большинства видов живых организмов нет возможности свободно мигрировать вслед за смещающимися природными зонами. Из-за беспрецедентной скорости изменений климата и фрагментированности природной среды современные изменения климата могут стать причиной вымирания огромного количества видов живых организмов и резкого сокращения природного биологического разнообразия.

Опасно ли глобальное изменение климата для человека? Да, опасно - опять же, несмотря на то, что на протяжении времени существования человека как биологического вида климату случалось изменяться и сильнее. Глобальные изменения климата, наблюдавшиеся в прошлом (например, в периоды оледенения), не наносили человеческой цивилизации значительного ущерба просто потому, что цивилизации как таковой еще не было, и человек в глобальном плане еще не был настолько оседлым и привязанным к конкретным местам жительства существом. Сейчас люди населяют практически всю Землю, перемещаться им при быстрых глобальных изменениях климата некуда, да и невозможно перенести с места на место целые города и даже государства, существованию которых угрожает, например, подъем уровня воды в мировом океане. Основных угроз человеческой цивилизации, связанных с изменением климата, три: подъем уровня воды в океанах и затопление островных и прибрежных территорий; увеличение частоты и интенсивности опасных явлений природы (ураганов, засух, морозов, пожаров на природных территориях и др.); расширение зон рискованного земледелия и снижение уровня продовольственной безопасности целых стран и народов.

Почему идёт достаточно жёсткая, бескомпромиссная борьба между сторонниками, прежде всего, глобального потепления и его антропогенного происхождения и сторонниками глобального изменения климата, не сводящими его к глобальному потеплению и отрицающими его преимущественно антропогенную природу? Очевидно, что дело не сводится только к социально-политическим мотивам, политической ангажированности представителей той или иной точки зрения, экономическим интересам отдельных стран, лоббированию интересов финансово-промышленных групп, что выдвигается нередко как основной аргумент с обеих сторон при обсуждении

рассматриваемой темы в СМИ. Безусловно, всё это имеет место и играет большую роль при принятии коллективных решений по данной проблеме. Назовём этот фактор субъективным.

Однако, существует и другой фактор - объективный. Объективный он потому, что отражает основную цель любой науки - выяснение истины посредством получения новых знаний об окружающем нас мире и о нас самих.

Еще существуют ученые, для которых научная доказательность - главный критерий принятия результатов научных исследований, разработки научных доктрин и концепций, особенно, когда ценой вопроса является выживание человечества.

На сегодняшний день главное то, что большинство учёных признаёт наличие глобальных изменений климата, независимо от вызывающих их причин, и обеспокоено их последствиями для настоящего и будущих поколений.

Есть ли элементы фальсификации в научной деятельности, связанной с исследованием изменения климата? Конечно, есть. Элементы фальсификации (недобросовестные исследования, подгонка результатов под желаемый результат или заведомо неверная интерпретация результатов) встречаются в науке, как и в любом ином виде человеческой деятельности, совсем нередко. Мотивы фальсификации могут быть самыми разными - от желания выдать заказчику наиболее яркий и общественно значимый результат до желания прославиться за счет отрицания общепризнанных теорий и концепций. В столь большой и общественно значимой области исследований, как исследования, связанные с глобальным изменением климата, неизбежно попадают недобросовестные исследователи или недобросовестные интерпретаторы чужих исследований. Проблема усугубляется тем, что результаты тех или иных исследований нередко интерпретируются средствами массовой информации и политиками таким образом, что потом сами авторы исследований не узнают свои результаты. Но при этом основная масса именно научных исследований в области климата однозначно показывает, что изменения есть и что они тем или иным способом связаны с деятельностью человека.

Может ли глобальное изменение климата нанести существенный ущерб России? Да, причем Россия может стать одной из наиболее страдающих от изменения климата стран мира. Россия - северная страна, а изменения климата, по всей видимости, будут проявляться в наибольшей степени именно в северных странах (что пока подтверждается данными метеорологических наблюдений). Нашей стране глобальное изменение климата грозит: резким ростом рисков в земледелии и лесном хозяйстве (засух, морозов, вредителей, болезней, усыхания лесов и др.); увеличением количества опасных явлений погоды (наводнений, ураганов, сильных снегопадов); деградацией вечной мерзлоты с разрушением расположенной на ней инфраструктуры; затоплением или подтоплением обжитых приморских районов; изменением санитарно-эпидемиологической ситуации, и т.д. Особый риск связан с тем, что постепенное преобразование окружающей среды человеком в какой-то момент может привести к резким изменениям климата (например, к изменению конфигурации Гольфстрима, что

чревато превращением значительной части Европейской России в зону сурового континентального климата, некомфортную для проживания и не очень подходящую для сельского хозяйства).

Что должна предпринимать Россия для противодействия возникшей климатической угрозе?

Президентом Российской Федерации 23 апреля 2009 года подписана Климатическая доктрина Российской Федерации, содержащая следующие принципы политики Российской Федерации в области климата:

- глобальный характер интересов Российской Федерации в отношении изменений климата и их последствий;

- приоритет национальных интересов в разработке и реализации государственной политики в области климата;

- ясность и информационная открытость политики Российской Федерации в области климата;

- признание необходимости действий как внутри страны, так и в рамках полноправного международного партнерства Российской Федерации в международных исследовательских программах и проектах;

- всесторонность учета возможных потерь и выгод, связанных с изменениями климата;

- предосторожность при планировании и реализации мер по обеспечению защищенности человека, экономики и государства от неблагоприятных последствий изменений климата.

Основными задачами политики Российской Федерации в области климата являются:

- укрепление и развитие информационной и научной основы политики Российской Федерации в области климата, включая всемерное усиление научно-технического и технологического потенциала Российской Федерации, обеспечивающего максимальную полноту и достоверность информации о состоянии климатической системы, воздействиях на климат, его происходящих и будущих изменениях и их последствиях;

- разработка и реализация оперативных и долгосрочных мер по адаптации к изменениям климата;

- разработка и реализация оперативных и долгосрочных мер по смягчению антропогенного воздействия на климат;

- участие в инициативах международного сообщества в решении вопросов, связанных с изменениями климата и смежными проблемами.

К этому следует добавить, что необходимо консолидировать силы и средства противодействия экстремальным колебаниям климата, оптимизировать их состав и структуру с целью повышения эффективности противодействия.

В русле этих задач для МЧС России представляются актуальными следующие вопросы:

организация централизованной системы наблюдений и контроля за опасными природными явлениями,

создание сил постоянной готовности в потенциально опасных районах;

выявление и уточнение зон с наиболее опасными и частыми экстремальными климатическими аномалиями и определение рисков возникновения ЧС в этих зонах;

усиление мер по защите населения в опасных климатических зонах;

предупреждение развития чрезвычайных ситуаций ЧС на побережье Арктики и в зоне вечной мерзлоты, включая ограничение (запрет) строительства и развития инфраструктуры на опасных по состоянию грунта территориях;

внедрение экологического и климатического страхования.

Литература

1. Сорохтин О.Г. Эволюция климатов Земли.
2. Arrhenius S. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. - Phil. Mag., 1896, 41.
3. Глобальное потепление: Доклад Гринпис. - М.: Изд-во МГУ.
4. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы. - Л.: Гидрометеиздат.
5. Герасимов А. Академик Кирилл Кондратьев: глобальное потепление климата - это миф.
6. Сафонов Г.Ц. Опасные последствия глобального изменения климата - РРЭЦ, 2006.
7. Логинов В. Глобальные и региональные изменения климата. Причины и следствия. - М.: Тетрасистемс, 2008.
8. Рамстофф, Шельнкубер. Глобальное изменение климата. Диагноз, прогноз, терапия. - М., 2009.
9. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. - М.: Росгдромет, 2008.
10. Замахина Т. Таяние становится неясным. «Московский комсомолец», 21 февраля 2010 года.
11. Владимиров В. А. Глобальное изменение климата как источник чрезвычайных ситуаций. Информационный сборник ЦСИ ГЗ МЧС России. 2008, № 38, с. 64-83.
12. Сорохтин О.Г. Эволюция и прогноз изменений глобального климата Земли. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006.

13. Landscheidt T. New Little Ice Age Instead of Global Warming? - *Energy and Environment*, 2003, 14, p. 327-350.
14. Абдусаматов Х.И. О долговременных скоординированных вариациях активности светимости, радиуса Солнца и климата: Труды международной конференции «Климатические и экологические аспекты солнечной активности». - СПб, 2003.
15. Берри Б. Прошлые, унаследованные и будущие природные опасности. 24-05-2007. Великая эпоха.
16. Берри Б. Л. Основные системы геосферно-биосферных циклов и прогноз природных условий. *Биофизика*, 1992, Т.37, вып. 3, с. 414-428.
17. Berry B. L. Regularities of natural cycles, predictions of climate and surface conditions. *Hydrol. Process*, 1998, 12, 2267-2278.
18. Berry B. L. Long-term predictions from three million years of climatic, glacial and periglacial history. *Permafrost. Seventh International Conference. June 23-27, 1998*, 115-116.
19. Berry B. L., 2006: Solar system oscillations and models of natural processes. *Journal of Geodynamics*, 2006, 41, 133-139.
20. Берри Б. Жить в тепле и уюте нам осталось недолго. 07-02-2007. Великая Эпоха.
21. Берри Б. Пора кончать с Киотской диктатурой. 05-12-2006. Великая Эпоха.
22. Берри Б. Л. Прогноз природных процессов и проблемы стабилизации климата. В кн.: Математические методы анализа цикличности в геологии. Том 13, Ред. С.Л. Афанасьев. Материалы XIII международной конференции. 13 марта 2006. М. Воентехиниздат, с. 158-168.
23. Берри Б. Л. Освоение Арктики и стабилизация климата. Том 1, Теория и практика оценки состояния криосферы Земли и прогноз её изменений. Материалы международной конференции. Тюмень, 29-31 мая 2006. *Proceedings Earth Cryosphere assesment: theory, applications and prognosis of alterations. International conference. Vol. 1. Development of the Arctic region and stabilization of the global climate*, с. 59-62.
24. Берри Б. Живём по правилам похолодания. *Знание-Сила*, 2006, 3, с. 16-21.
25. Бурлешин М. В ожидании ледникового периода. «Московская правда», 3 февраля 2010 года.
26. Hubbard K.G., Lin X. (2002) Realtime data filtering models for air temperature measurements. // *Geophys. Res. Lett.* V.29, N10, p. 67/1-67/4.
27. В Копенгагене началась Пятнадцатая конференция ООН по проблеме изменения климата. 07-12-2009. Лесной форум Гринпис.
28. Манин А.С., Соничкин Д.М. Колебания климата по данным наблюдений. М.: Наука, 2005.

Моделирование климата, который был 145 миллионов лет назад⁹

Новая модель показывает, что внутритропическая зона конвергенции не всегда была единственной полосой вокруг экватора, которая оказывала кардинальное воздействие на климат.

Когда-то Великобритания была процветающим оазисом. Это подтверждают отложения киммериджского яруса, датируемые приблизительно от 160 до 145 миллионов лет назад на побережье Дорсетшира. Являясь излюбленным местом археологов и материнской породой для нефти в Северном море, ярус богат органическим веществом, что дает возможность предполагать о его возможном образовании в то время, когда глобальные парниковые условия были, по крайней мере, в четыре раза выше, чем нынешние.

Обычно органическое вещество исчезает быстро после гибели организма, так как питательные вещества поглощаются другими формами жизни, а углерод разлагается. Когда в море недостаточно кислорода, который образуется при увеличении количества планктона за счет повышения уровня углекислого газа, органическое вещество сохраняется. Избыток так называемого черного сланца и ила, богатого органическими веществами, в киммериджском ярусе указывает на этот факт.

В работе Армстронга *и соавторов* этот черный сланец использовался для создания новых климатических моделей, которые лучше отражают климат конца юрского периода. Было смоделировано 1422 года, в результате была получена совершенно другая внутритропическая зона конвергенции – зона, где встречаются пассаты северного и южного полушарий – отличная от той, которая имеется сегодня. Конвергенция этих пассатов создает широкую зону облаков рядом с экватором и отвечает за большинство осадков на земле.

Сегодня внутритропическая зона конвергенции находится в Атлантическом океане на расстоянии не больше 12° от экватора. Однако как показывает модель, 145 миллионов лет назад, когда континенты находились ближе друг к другу, эта зона разделялась, как развилка дорог, в том месте, где Тихий океан встречается с западным побережьем американского континента. Зона разделялась первичной горной цепью Аппалачей к северу и Северо-африканскими горами к югу. Северная развилка, которая была намного сильнее, чем южная, тянулась больше, чем на 30° к северу, проходя через Великобританию и киммериджский ярус.

⁹ Источник: Simulating the Climate 145 Million Years Ago / <https://eos.org/research-spotlights/simulating-the-climate-145-million-years-ago>

Исследователи смогли не только подтвердить, что Соединенное Королевство когда-то было тропическим оазисом, но и смоделировать и отобразить климат 145 миллионов лет назад. Это исследование поможет ученым лучше понять, как Земля будет реагировать на потепление, вызванное антропогенными факторами, сегодня и в будущем.

Перевод: Усманова О., Насимова А.

Верстка: Беглов И.

Подготовлено к печати
в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан, 100 187,
г. Ташкент, массив Карасу-4, д. 11
Тел. (998 71) 265 92 95, 266 41 96
Факс (998 71) 265 27 97