

В.А. Корзун

**ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА:
ПРИЧИНЫ, ПРОГНОЗЫ, ВОЗМОЖНЫЕ
ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ МИРОВОЙ
ЭКОНОМИКИ**

Москва
ИМЭМО РАН
2012

УДК 339:551.58
ББК 65.012.2
Корз 666

Серия «Библиотека Института мировой экономики и международных отношений» основана в 2009 году

Корз 666

Корзун В.А. Изменения климата: причины, прогнозы, возможные последствия для мировой экономики. – М.: ИМЭМО РАН, 2012 – 61 с.
ISBN 978-5-9535-0360-0

Представлено исследование важнейшей проблемы нашего столетия – происходящего на наших глазах резкого изменения климата. Особое внимание уделено анализу событий 2007–2012 годов, не охваченных докладом Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата. В книге дается оценка изменения климата и возможных экономических последствий. Основной вывод работы состоит в том, что в сложившемся положении самым разумным выбором был бы «принцип предосторожности», принятый в Рио-де-Жанейро в 1992 году, согласно которому при опасности непоправимого ущерба окружающей среде, недостаток научных знаний о сопутствующих явлениях не может служить причиной отсрочки принятия эффективных мер для ее защиты.

Korzun V.A. The Climate Change: Causes, Forecasts, and Consequences for the World Economy. This study explores the most important problem of this century, the dramatic climate change happening today, with particular emphasis on the events and research of 2007–2012 not covered by the Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. The ongoing climate change and its potential economic consequences are assessed. The main conclusion of this study is that we ought to follow the "precautionary principle" adopted in Rio de Janeiro in 1992. It states that if there is risk of serious or irreversible environmental damage, lack of scientific knowledge of the phenomenon can not serve as a reason for postponing effective measures to protect the environment.

Публикации ИМЭМО РАН размещаются на сайте <http://www.imemo.ru>

ISBN 978-5-9535-0360-0

© ИМЭМО РАН, 2012
© Корзун В.А., 2012

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.....	6
1.1. Естественные причины изменения климата	7
1.2. Искусственное воздействие как основная причина текущего изменения климата	10
1.3. Неопределённости в вопросе о климате	12
2. ЧТО ИМЕЕМ? ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КЛИМАТА	13
2.1. Ледовый покров планеты	13
2.2. Неустойчивость климата и погоды	19
2.3. Мировой океан	21
2.4. Давление на экосистемы	22
2.5. Проблемы климатического моделирования.	25
3. ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПОТЕПЛЕНИЯ	31
3.1. Климатическая система	31
3.2. Вопрос об ограничении выбросов углекислого газа в атмосферу	36
3.3. Последствия для общества и экономики	40
3.4. Экономическая оценка доклада Н. Штерна	46
4. КЛИМАТИЧЕСКАЯ СПРАВЕДЛИВОСТЬ.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ. КИОТСКОЕ СОГЛАШЕНИЕ.....	58
СОКРАЩЕНИЯ.....	61

ВВЕДЕНИЕ

Человечество со временем стало своими силами создавать глобальные угрозы, а с недавних пор и осознавать их. Одна из таких угроз, быстрое *изменение климата* (ИК), или *глобальное потепление*, согласно определению ООН, становится главной проблемой нынешнего века. Похожую оценку этой угрозе дал Всемирный экономический форум в Давосе¹. Изменение климата рушит объявленные в «Декларации тысячелетия» приоритеты развития мирового сообщества и угрожает обречь половину человечества на убогое существование².

Но изменение климата не сводится только к потеплению. Перестраиваются все геосистемы, идёт повышение уровня Мирового океана, таяние льдов и вечной мерзлоты, изменение стока рек, циркуляции атмосферы, выпадения осадков и другие явления, в сумме составляющие изменение климата.

От некоторых других глобальных угроз эту, климатическую, отличает то, что она уже свершается. Мир не просто борется или собирается бороться с глобальным потеплением, он уже живет в нем, идя навстречу социальным катастрофам, вызванным нехваткой воды, голодом, болезнями, переселениями народов и т. п. И речь идёт уже не о том, как избежать этой угрозы, а о том, как смягчить её. Для этого, как предполагается, потребуется сплочение и напряжение сил всего мирового сообщества. Оно же, как и прежде, раздроблено и вовлечено в цепь тяжелых противостояний. Трудно себе представить, что его может объединить. Но иного ему не дано. Уже сегодня климатическая угроза - самая серьезная из видимых угроз человечеству, иногда сравниваемая по размерам бедствий с мировой войной. Однако это сравнение очевидно хромает и приводится за неимением в истории человечества ничего более трудного, что ему удалось пережить. На самом деле климатическая угроза опасней³.

Мир уже на пороге резких климатических изменений. Настаёт час расплаты за беспечность, причем последствия трудно предсказать. За последнее пятилетие глобальное потепление набирает темп⁴, и похоже на то, что человечество ещё никогда долго не жило при столь сильно меняющемся климате.

По многим прогнозам осталось, видимо, лет десять-пятнадцать, чтобы *приостановить* климатический кризис. Пока это лишь достоверный, но не окончательный вывод, ибо довольно трудно определить, сколько лет нам останется до воплощения самых страшных климатических угроз, если тотчас же (а надо было – ещё вчера) не примемся за борьбу с ним.

Еще в 60-е годы прошлого века Римский клуб предсказывал возникновение глобальных проблем, которые встанут перед человечеством в связи с постоянно увеличивающимся выбросом парниковых газов. Сегодня, согласно финальному выводу Международной группы экспертов (ООН) по исследованию климата (МГЭИК), его резкое изменение неизбежно в результате *почти* стопроцентно доказанного *антропогенного*

¹ Global Risks 2012. World Economic Forum

² http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/summitdecl.shtml

³ Несколько десятков лауреатов Нобелевской премии предупреждают мир том, что последствия усиления глобального потепления сравнимы с последствиями ядерной войны. В декабре 2011 г. Генеральный секретарь ООН призвал все страны, невзирая на тяжелую экономическую ситуацию, объединить усилия по решению проблемы ИК, которая «ставит под вопрос будущее всей планеты».

⁴ Согласно докладу ВМО, 2001-2010 годы стали самым теплым десятилетием из тех, что можно оценить по данным наблюдений.

загрязнения атмосферы, и дело идет уже не просто о борьбе с загрязнением атмосферы, а о защите всего человечества и биосистем Земли от климатического стресса.

Глобальное потепление требует и глобальных усилий, прежде всего, для выяснения его причин, следствий, способов борьбы с ним и адаптации к нему. Одним из первых шагов мирового сообщества в этом направлении стало создание оценки данных о явлении, его возможном развитии и о способах смягчения его последствий. В обобщающем докладе МГЭИК степень достоверности антропогенного вклада в наблюдающиеся перемены оценивается в 95-96%, а последствия непринятия защитных мер определены как климатическая катастрофа.

Между тем, если судить по СМИ, тема глобального потепления находится на втором плане по сравнению с темой мирового финансово-экономического кризиса, хотя уже совершенно ясно, что это проблема номер один. Действительно, если с климатом будет все в порядке, то мир справится с кризисом лет за 5-6. Но с глобальным потеплением дело обстоит гораздо хуже. Оно ведёт к таким кризисам, по сравнению с которыми нынешние явления в экономике - даже не цветочки. Тем не менее, в сознании лиц, принимающих решения, текущие национальные и корпоративные интересы пока ещё представляются более важными, а потому им очень трудно договариваться о спасении будущих поколений. Для этого будут нужны серьезные реформы. Они, эти реформы, на первых порах (на самом-то деле – только на первый взгляд) обещают ухудшить ситуацию в экономике. Потребуется и изменение потребительской парадигмы, в которой теперь рост качества жизни тождествен росту потребления. И потому ряд экспертов (особенно из иных, не связанных с климатической проблемой, областей науки) сомневается в том, достижимы ли цели экологов. В этом отстранённом сомнении видно непонимание того неопровержимого обстоятельства, что угроза нависла над всеми, а не только над встревоженными экологами. В этой близорукости виноваты опять-таки же национальные интересы, стремление сорвать плоды борьбы с изменением климата здесь и сейчас, а не через двадцать-тридцать лет, по-обыкательски понятное (но непонятное природе) нежелание развивающихся стран отвечать за ошибки богатых наций, допущенные в прошлом.

Цель предлагаемой работы - анализ произошедших изменений климата и оценка их возможных социальных и иных последствий. Будет сделана попытка заглянуть не только в близкое будущее, но и увидеть облик реальности, которая ожидает человечество в среднесрочной и долгосрочной перспективе. К сожалению, для большинства населения планеты и его руководства грядущие последствия все еще выглядят как бы кинематографической версией «Звездных войн».

В этой работе мы даем анализ произошедших и происходящих природных и антропогенных сдвигов, а также оценку этих изменений. Тех изменений, что определяют выбор глобальной *стратегии нашего сосуществования с природой*. При этом, естественно, серьезное внимание уделено не только и не столько экологии, сколько неотрывным от нее социально-экономическим проблемам⁵.

Предлагаемая работа, возможно, покажется эмоциональной по своему накалу, но с позиции автора подобный подход к главной проблеме нашего века оправдан его ощущением, что индустриальное общество запустило цепную реакцию, последствия которой непредсказуемы, но очевидно отрицательны.

⁵И в их числе - страха перед последствиями изменения климата, перед непредсказуемым «послезавтра», перед необходимым ментальным и практическим приспособлением к этим последствиям.

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Для начала нужно напомнить кое-какие хорошо известные вещи, на которые, по причине их очевидности, не всегда обращают внимание, но которые в данной работе нельзя упускать из виду.

Нужно сказать, что хотя словосочетание «изменение климата» (ИК) широко принято, оно не совсем точно. Известно, что климат это нечто непрерывно меняющееся во времени и в пространстве. По определению⁶, на Земле много климатов. Для простоты их разбивают на известные всем климатические пояса или области. Иные из них существуют сейчас, иных уж нет, и о них дают знать ископаемые свидетельства.

Климат данного места есть отчасти условное и субъективное понятие. С одной стороны, объективно установлено, что под современным климатом разумнее всего понимать средние значения примерно за тридцать предшествующих текущему году лет. Погодные аномалии имеет смысл отсчитывать именно от такой климатической нормы. С другой стороны, климат есть нечто существующее в восприятии людей. В таком качестве он означает состояние природы, обычное в психологическом и физиологическом отношении для данного поколения. Среднее расстояние между поколениями тоже составляет примерно тридцать лет⁷. Таким образом, за основу для определения климатической нормы есть все основания принять ряд длиной в 30 лет. Говоря о необычной погоде («Какая холодная осень! Надень свою шаль и капот...»⁸), мы имеем в виду, что в обозримом прошлом, не более чем за последние 30 лет, в данной местности об эту пору было иначе, теплее. Говоря об изменении климата данного места, мы сравниваем между собой данные за разные 30-летние отрезки времени.

Для изменения климата есть множество причин. Одни из них естественные, и они несомненны, другие же, – почти несомненны, но всё же отчасти спорны – могут быть искусственно созданы людьми. Надо понимать, что люди влияют на климат через те же физические механизмы, какими действует природа. Оно (влияние) не вносит ничего качественно нового, но лишь количественно меняет природные явления. Например, водяной пар в атмосфере Земли поглощает часть солнечного излучения, и человек может изменить его количество, но сама природа поглощения останется той же.

Явления, меняющие климат, переплетены между собой, так что долю одного из них, иначе как приблизительно, оценочно, статистически выделить нельзя. Ниже эти два рода причин – естественные и искусственные – рассматриваются отдельно для того, чтобы оценить вклад людей в происходящие перемены. Но по сути дела, если наблюдающиеся изменения климата признать неблагоприятными для человечества (а по этому поводу тоже нет неопровержимых и неоспоримых данных), то с ними придётся бороться независимо от того, естественны они или созданы людьми. Более того, если неблагоприятные изменения имеют антропогенную по преимуществу природу, то это, по всей видимости, оставляет человечеству больше надежд на успех, потому что в этом случае надо будет иметь дело с более или менее управляемыми угрозами. В противном случае человечеству придётся как-то парировать совершенно неподвластные ему вселенские угрозы.

Наконец нужно сказать о том, что поскольку тема изменения климата одновременно и запутана, и востребована читающей публикой, как нечто загадочное, о ней возникло множество любительских вымыслов и неосновательных суждений, составленных, в

⁶ Климат места определяется, прежде всего, его географической широтой.

⁷ <http://de.wikipedia.org/wiki/Generation>

⁸ Фет А. А. Лирика / А. А. Фет. - М.: АСТ, 2005. - с. 93

частности, с привлечением «новых сущностей». В дальнейшем изложении такие любительские построения не будут рассматриваться.

1.1. Естественные причины изменения климата

Общеизвестно, что климат Земли непрерывно меняется и что уже пережитые планетой изменения имели ужасающие размеры. Палеоклиматология, то есть наука о климатах прошлого, успешно развивается и достигла впечатляющих результатов в деле реконструкции истории планеты. Среди естественных явлений, влияние которых на климат Земли обнаружила палеоклиматология, есть такие, что влияют на планету извне, и такие, что действуют на Земле.

Внешние воздействия. Солнечная активность

Внешние составляющие изменчивости климата действуют независимо от того, что происходит на Земле. Среди них различаются астрономические явления, которые приводят к изменению пространственного положения планеты Земля относительно Солнца. Таковы изменения орбиты Земли, так называемые прецессионные колебания земной оси и некоторые другие колебания. В общем, эти явления строго периодичны, доступны для наблюдения и могут быть описаны средствами классической механики сколь угодно точно. Другое дело, что их последствия для изменения климата Земли уже не выглядят столь же определённо, а потому описываются приёмами анализа случайных процессов. Главная же их особенность состоит в том, что они имеют периоды порядка десятков тысяч лет. Инструментальные наблюдения за погодой длятся не более трёхсот лет, что составляет около сотой доли периода любого из названных астрономических явлений. Отсюда ясно, что выделить обусловленный ими вклад в наблюдаемые в историческое время изменения климата невозможно. И не имеет смысла стараться это сделать, так как, по всей видимости, к быстрому современному потеплению астрономические явления отношения не имеют.

К воздействиям внеземного происхождения, которые могут меняться с частотой, поддающейся прямому наблюдению, относятся колебания потока солнечной энергии, поступающей на внешнюю границу атмосферы Земли. Плотность этого потока называют солнечной постоянной. Она, несмотря на своё название, всё-таки колеблется со временем, и эти колебания отражают изменения солнечной активности. Она же, в свою очередь, определяется физическими явлениями внутри Солнца. Солнечная активность циклична, точнее, полициклична, и, в общем, почти непредсказуема⁹. Точнее говоря, колебания солнечной активности обладают всеми признаками стационарного случайного процесса, а потому при их исследовании применяются средства математической статистики - анализ временных рядов. Прогнозы этой величины имеют вид вероятностной оценки.

Сильные изменения климата, имевшие место в прошлом, могли быть вызваны соответствующими долговременными и значительными изменениями радиационной мощности Солнца¹⁰, поскольку тогда заметного искусственного воздействия на природу не было. Внешними, хорошо наблюдаемыми признаками солнечной активности, служат солнечные пятна, их количество, размеры и положение. При высшем уровне распространения пятен на Солнце, солнечная постоянная¹¹ обычно существенно выше, а при

⁹Витинский Ю. И. Прогнозы солнечной активности / Ю. И. Витинский – М.: Издательство АН СССР, 1963. – 150 с.

¹⁰Движение Земли вокруг Солнца по эллиптической орбите возмущается Луной и другими планетами. И изменение орбиты в результате этих возмущений, возможно, обусловило циклическое повторение холодных ледниковых периодов.

¹¹ Не искажённый атмосферой поток солнечной энергии, падающий на один квадратный метр

низшем уровне она заметно снижается. В поведении солнечной активности замечено несколько не совсем правильных циклов. Наиболее известен 11-летний цикл, но коль скоро речь идёт о современном климатическом тренде, длящемся десятки лет, более интересны вековой и двухвековой циклы. Установлено, что двухвековые вариации уровня активности и величины солнечной постоянной взаимно согласованы как по фазе, так и по амплитуде. Есть основания думать, что солнечные циклы вынуждают различные циклические колебания в природе планеты и в человеческом обществе. И тому, как полагают, есть исторические свидетельства.

Потепление, имевшее место при одном из высоких максимумов солнечной активности в XI - XIII веках, который называли малым климатическим оптимумом, было похоже на современное или даже превышало его. Тогда в Шотландии вызревал виноград. Гренландия тогда действительно выглядела зелёной и оправдывала свое название. Она была заселена норманнами в начале XI века¹². В Европе начался подъем, приведший к Возрождению, а Средняя Азия переживала в ту пору лучшую пору в своей истории. Однако потом закономерно наступил очередной вековой минимум солнечной активности, который в северном полушарии обернулся эпохой страшных зим. Тогда погибли гренландские колонии норманнов. Затем, после следующего подъёма наступил новый спад солнечной активности, так называемый минимум Маундера (1645 - 1715 годы). Это было самое глубокое понижение температуры за время малого ледникового периода. Тогда зимой замерзли голландские каналы, Темза в Лондоне и Сена в Париже.

Есть мнение¹³ о том, что причина глобального потепления заключается в высокой интенсивности солнечного излучения в XX веке. Возможно и так, но это время скоро пройдёт и наступит очередная фаза минимума в нынешнем 200-летнем цикле. Её следует ждать около 2012-2014 годов. К середине нынешнего века дефицит получаемой Землёй солнечной энергии, по аналогии с минимумом Маундера, может составлять 0.2% от максимального среднего уровня, достигнутого в 1980-х годах. Согласно астрономическим данным, Солнце больше не греет Землю, как прежде, и наша планета в течение последних 12.5 лет испытывает дефицит солнечной энергии. Сейчас мы живем в условиях «остывающего» Солнца и если бы на климат не влияла деятельность людей, следовало бы ожидать беды не от таяния льдов, а, напротив, от их наступления. Похолодание должно продлиться 45 -65 лет, и после этого сменится потеплением в ходе очередного двухвекового цикла.

Отсюда следует, что насыщение воздуха парниковыми газами может быть не столько причиной глобального потепления, сколько следствием длительного роста температуры атмосферы при возрастании величины солнечной постоянной. Колебания концентрации углекислого газа в атмосфере должны запаздывать относительно фаз колебаний солнечной активности из-за тепловой инерции океана. Мировой океан служит основным хранилищем углекислого газа. Поскольку растворимость газа в воде уменьшается с ростом её температуры, то прогрев океана должен приводить к высвобождению в атмосферу избыточного объёма газа. Впрочем, можно заметить, что такой выброс сам по себе будет способствовать повышению температуры океана и дальнейшему высвобождению углекислого газа из его вод.

При всём, надо иметь в виду, что все многочисленные примеры влияния солнечной активности на климат Земли построены на сравнениях, на статистических выкладках. Выделить солнечную составляющую изменчивости вряд ли когда-нибудь удастся, поскольку

¹²Около 1000- года, когда викинги открыли остров, было примерно на 1°C теплее по сравнению с предыдущими столетиями и последующим «малым» ледниковым периодом.

¹³<http://www.worldwarming.info/article370.html>

она маскируется такими явлениями в атмосфере, как облачность, содержание водяного пара и т. д. Колебания солнечной постоянной относительно её среднего положения намного меньше тех колебаний, которые испытывают те показатели состояния атмосферы, что считаются их последствиями. Иначе говоря, изменения активности Солнца выглядят слишком слабыми, чтобы объяснить наблюдающиеся быстрые изменения климата. По заключению МГЭИК, за последние 250 лет вклад парникового эффекта в изменение климата был в 8 раз выше вклада солнечной активности¹⁴. Солнечная и вулканическая деятельность могли обусловить не более половины повышения температуры до 1950 года, но затем их относительное влияние упало. Оценки вклада солнечной активности в современном потеплении лежат в пределах от 16% до 36% от размера антропогенного вклада¹⁵.

Планетарные явления

Более разнообразны и менее предсказуемы собственные земные составляющие климатической изменчивости. Сюда относятся возникновение и эволюция океанов, газовой оболочки планеты и её ледового покрова, дрейф материков, тектоническая и вулканическая деятельность. Как известно, явления подобного масштаба приводили к чрезвычайно глубоким климатическим изменениям, но за очень долгое время, во всяком случае, намного больше того, что могло бы быть доступно непосредственному наблюдению за историческое время. Воздействие этих явлений на воздушную и водную среды заключается в перераспределении приходящей солнечной энергии, а также в высвобождении и преобразовании внутренней энергии земных недр.

Перемещение магнитных полюсов и особенно геотектоническая деятельность, под которой понимается, прежде всего, дрейф материков, несомненно, должны менять климат тех или иных мест самым существенным образом. Однако их, как и колебания астрономического свойства, можно смело исключить из рассмотрения причин повышения средней температуры приземного воздуха, потому что это слишком медленные явления.

Наконец, вулканическая деятельность, в результате которой в атмосферу из недр Земли выбрасывается тепло, газы и пыль, разумеется, оказывает влияние на состав воздуха и климат планеты. Однако же эта деятельность примерно в том же виде, что сейчас, существовала на протяжении, по меньшей мере, всего четвертичного периода, в котором мы живём. Нет причин считать, что эта деятельность изменилась в историческое время. Поэтому и эта мощная климатообразующая сила не поможет нам понять природу нынешнего быстротекущего потепления.

Иное дело представляют собой автоколебания в подвижной системе атмосфера-океан-криосфера. В течение прошлого века в системе атмосфера-океан-лёд были обнаружены циклические изменения, не вынуждаемые никакой внешней силой, то есть собственные колебания системы или автоколебания. Самое известное из них это Эль-Ниньо или южное колебание (английская аббревиатура ENSO). Внешне оно проявляет себя так, что раз в несколько лет пассаты над Тихим океаном ослабевают, отчего на огромном пространстве от Индонезии до Южной Америки возникают погодные аномалии. В частности, в дождливой Индонезии устанавливается сушь, а на безводных тихоокеанских побережьях Южной Америки¹⁶ начинаются дожди. Обыкновенное для тех мест холодное Перуанское течение на некоторое время сменяется тёплым течением Эль-Ниньо. Оно сопровождается массовой

¹⁴ Хотя мы понимаем, что и сам парниковый эффект в какой-то своей части может быть обусловлен повышением солнечной активности.

¹⁵ Однако воздействие 11-летних и иных вариаций светимости Солнца сглаживается и практически не проявляется благодаря термической инерции Мирового океана.

¹⁶ Напомним, что там находится самая безводная пустыня планеты Атакама

гибелью рыбы у берегов Перу, и местные жители дали этому повторяющемуся бедствию имя собственное. Теперь это имя относят ко всему сложному автоколебательному процессу. Природа южного колебания, которая, как предполагают, является ключом к долгосрочным прогнозам климата, пока что окончательно не выяснена, хотя оно исследуется весьма основательно. Тем не менее, уже ясно, что это явление глобального, не только тихоокеанского, масштаба. Однако циклы южного колебания длятся всего несколько лет (3-8), а потому не могут быть причиной того долгого тренда, того роста температуры атмосферы и сопутствующих ему явлений, которые так заботят учёное сообщество и ответственных политиков. Южное колебание не задает тренд, но просто накладывается на него.

Наконец, существует так называемый парниковый эффект, то есть задержка атмосферой Земли ее теплового излучения, направленного в космос. Эффект обеспечивается присутствием в составе атмосферы т. н. парниковых газов (ПГ), среди которых важнейшим является водяной пар. Если бы этих газов не было, Земля была бы примерно на 30°C холоднее. Усилиями палеоклиматологов установлено, что содержание парниковых газов в воздухе сильно менялось в ходе геологической истории Земли (как, впрочем, менялся и весь состав воздуха). Периоды оледенения, например, отличались сухостью воздуха, поскольку нарастающие льды надолго выводили огромные объёмы воды из годового круговорота воды в природе. Если сейчас человечество при сжигании ископаемого углеводородного топлива пополняет атмосферу углекислотой (вторым по значению парниковым газом), то нужно понимать, что природа когда-то запасла это топливо. Очевидно, что эти запасы складывались в условиях, когда в воздухе было намного больше углекислого газа, чем теперь, и, коли так, - в условиях очень мощного парникового эффекта. В ту пору обильный растительный покров планеты связывал, накапливал, запирал на Земле огромное количество солнечного тепла в виде органического вещества. Русский писатель М. М. Пришвин очень точно назвал такие запасы ископаемого топлива (речь у него шла о торфе) «кладовой солнца». Итак, несомненно, что естественная изменчивость состава атмосферы имеет место, что она очень велика, но не может идти столь стремительно, чтобы объяснить собой нынешнее повышение температуры воздуха. По крайней мере, пока таково преобладающее мнение учёного сообщества на этот счёт.

Завершая краткий обзор естественных причин изменения климата Земли, мы должны признать, что ни одна из них в отдельности, скорее всего, не может вызвать наблюдающийся в течение последних пятидесяти лет климатический тренд. Мы также должны признать, что накопленные по сей день знания, не позволяют категорически отрицать, что такой тренд мог бы быть вызван совместным действием естественных причин в некотором их сочетании.

1.2. Искусственное воздействие как основная причина текущего изменения климата

Климатические изменения, как стало заметно с некоторых пор, происходят не только в результате естественных процессов, но и в ответ на антропогенные воздействия. Впервые гипотеза о связи потепления и концентрации парниковых газов (водяного пара и других) была высказана в конце XIX века шведским ученым Сванте Аррениусом. В начале XX века В. И. Вернадский¹⁷ утверждал, что человек «становится геологической силой, способной изменить лик Земли» и предостерегал о том, что хозяйственная деятельность может привести к преобразованиям геологических масштабов. Очень похоже на то, что такое время настало.

¹⁷<http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=37036>

По данным прямых климатических наблюдений, которые регулярно ведутся в течение последних двухсот лет, средняя температура приземной атмосферы повысилась почти на 1°C, и среди основных причин стал рассматриваться и антропогенный фактор. Антропогенное влияние на атмосферу Земли с физической точки зрения не представляет собой ничего качественно нового по сравнению с естественными явлениями, кратко рассмотренными выше. Оно, это влияние, сводится к тому, что в атмосферу искусственным путём, сверх естественной нормы и ускоренными темпами, выбрасывается дополнительное количество тепла, аэрозолей и парниковых газов. И то, и другое, и третье поступает в атмосферу и без участия людей, но люди вносят свою долю. Со временем эта доля выросла и стала заметной на фоне природных явлений. И все эти добавки, кроме аэрозолей, работают в одну сторону. Они ведут к росту температуры среды нашего обитания.

Наполнять атмосферу посторонними газовыми примесями, вообще говоря, можно лишь в меру её несущей способности, до пределов насыщения. Как известно, избыточный пар превращается в лёд и воду облаков, выпадает в виде осадков. Так атмосфера регулирует свою влажность. Конечно, чем теплее становится воздух (а он, несомненно, стал теплее в последние годы), тем больше водяного пара он может в себя вместить тем больше парниковый эффект. Но водяной пар пока не так тревожит климатологов, как углекислый газ. Его содержание в атмосфере тоже не бесконтрольно, поскольку существует мощный поглотитель, накопитель и источник этого газа, океан. Но это более мягкий регулятор, который позволяет содержанию углекислого газа в воздухе меняться в широких пределах. Оно, это содержание, далеко от предельного, но его рост достаточен, чтобы обеспечить парниковый эффект в том размере, который может отвечать за наблюдаемое на Земле потепление. Согласно выводам МГЭИК такой концентрации углекислого газа в приземном воздухе, что наблюдается сегодня, не было уже 650 тысяч лет¹⁸. Поток тепла от Солнца в последние годы даже сокращается, но на Земле наблюдается не похолодание, а потепление за счёт усиления парникового эффекта атмосферы, вызванного накоплением именно углекислого газа.

Еще одна сторона антропогенной гипотезы сводится к тому, что сжигание ископаемого топлива приводит к уменьшению толщины газовой оболочки Земли и, соответственно, большей её проницаемости для солнечной радиации. Это приводит к таянию ледового покрова планеты и иным следствиям, в том числе высвобождению в атмосферу метана, небольшой по концентрации, но наиболее действенной примеси, определяющей рост парникового эффекта. Недавнее обнаружение российскими (ААНИИ) и американскими учеными, работающими в рамках «Нового арктического проекта», большого числа пятен метана в Арктике вызвало серьезную озабоченность. Действительно, если это предположение подтвердится, то можно считать, что обнаружена угроза работы положительной обратной связи, то есть явления, когда потепление будет ускорять потепление. Таяние вечной мерзлоты и высвобождение метана сегодня является главной причиной потепления в Арктике и таяния льдов Северного Ледовитого океана.¹⁹ Таким образом, выбросы парниковых газов приводят к таянию ископаемого льда и освобождению замороженного в него метана, а также к таянию морского льда, открывающему окна для выхода метана в атмосферу, а выбросы метана, в свою очередь, ускоряют таяние льдов.

Существуют и иные положительные обратные связи, посредством которых процессы, происходящие в высоких широтах, приводят к резким изменениям климата уже на всей планете. В частности, это изменения отражательной способности поверхности планеты вследствие сокращения площади снега и льда. Альбеда льда и снега составляет 85- 90 %,

¹⁸wildfield.ru/caei/tetrad/02.htm

¹⁹Независимая газета. 26.09.2012.с.11

тогда как морская вода отражает только 10% солнечной радиации, поглощая и обращая в повышение температуры воды остальные 90%. Растительный покров и почва имеет альбедо около 20%, что также намного меньше, чем у снега.

Итак, климатологи в своём большинстве уверены в том, что глобальное потепление связано с хозяйственной деятельностью и возникло вследствие усиления парникового эффекта. Согласно докладу ведущих российских климатологов «...крайне маловероятно, что изменения климата, наблюдавшиеся за последние 50 лет, происходили без внешнего воздействия; с высокой степенью вероятности можно утверждать, что наблюдаемое увеличение концентраций антропогенных парниковых газов обуславливает большую часть глобального потепления, начиная с середины XX века²⁰». Антропогенный вклад почти никем не оспаривается. Оспаривался, пожалуй, итоговый эффект увеличения концентрации парниковых газов в атмосфере Земли. Ставился вопрос, не компенсируется ли «парниковое» потепление изменениями в распределении водяного пара, облаков, изменениями биосферы или другими климатическими факторами? Однако наблюдаемое в последние десятилетия повышение глобальной температуры склоняет к отрицанию компенсирующей роли отрицательных обратных связей.

1.3. Неопределённости в вопросе о климате

Очевидно, что для наблюдающегося изменения климата есть множество причин, и что человеческую деятельность следует считать основной из них. Но вопрос об изменении климата относится к разряду тех, где наука тесно сплетается с экономикой и политикой. Если признать антропогенную природу изменений, а вместе с тем признать, что эти изменения неблагоприятны, то возникает нужда законодательно и во всемирном масштабе ограничить некоторые виды хозяйственной деятельности, а также предпринять какие-то иные дорогостоящие защитные меры, возможно, пожертвовать чем-то для общего дела, для пользы всего человечества. На другой чаше весов лежит защита своих текущих интересов, поскольку принятие жестких защитных мер угрожает повседневным нуждам ныне живущих и голосующих людей. Эта угроза страшит их, как кажется, больше, чем грядущая (когда-то ещё!) климатическая катастрофа. Так возникает политико-экономическая составляющая проблемы. О ней подробнее будет сказано ниже. Здесь же она упомянута только в связи с тем, что она даёт повод заподозрить науку в отсутствии объективности, в предвзятости, в обслуживании тех или иных экономических интересов. Не так уж трудно представить себе, что некоторые научные исследования климата финансируются не с целью найти истину, какова бы она ни была, а с целью доказать заранее оговоренный вывод.²¹ Наконец, поскольку климат и его изменения стали так значимы для общества, возник соблазн заработать себе известность, сделать «зелёную» политическую карьеру, делая броские заявления на потребу публике. Она, эта проблема, привлекла к себе внимание самоуверенных дилетантов и шарлатанов, и они тут же оказались в поле зрения всеядных СМИ. В свою очередь, СМИ предоставляют желающим эффективный способ сокрытия от общественности истинного положения дел путём запуска в оборот большого количества ложной, но правдоподобной информации, проверка которой требует много времени и сил. В результате, обсуждение проблем глобального потепления в СМИ превратилось в глобальную путаницу слухов, вымыслов, сенсаций. Скептицизм в отношении достоверности причин изменения климата

²⁰http://climate2008.igce.ru/v2008/pdf/resume_ob.pdf

²¹ Несколько лет назад в Арктику была отправлена отечественная научная экспедиция, перед которой стояла задача доказать принадлежность огромных участков дна России. На самом деле, задача научной экспедиции может быть только одна: непредвзято выяснить, что там за дно.

усиливается также из-за девальвации научного знания, недоверия к общественным институтам²².

Всё это вместе порождает недоверие общества к учёным, одних учёных к другим. К сожалению, проблема настолько сложна, что никто не может, образно говоря, выйти с мелом к доске, опровергнуть доводы оппонента и доказать свою правоту. Немногих представителей настоящей науки отличает лишь обостренное чувство ответственности за результаты своих изысканий. Но их голоса едва слышны. Давно подмечено, что мир хочет быть обманутым, и он действительно выглядит сбитым с толку перед лицом беспощадного врага, каковым стало быстрое изменение климата.

2. ЧТО ИМЕЕМ? ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КЛИМАТА

2.1. Ледовый покров планеты

Глобальное потепление наиболее отчетливо проявляется в северном полушарии и, особенно, в высоких широтах. Данные исследований указывают на наличие в колебаниях температуры в течение 1936-2010 годов статистически значимого положительного линейного тренда в целом для Арктики и для широтной зоны 60°-70° с.ш. Наиболее же заметное повышение температуры отмечалось в тёплую часть года в широтной зоне к северу от 70° с.ш.²³ Среди причин такой асимметрии можно предположить преобладание суши в северном полушарии. На этой суше, во-первых, намного более интенсивно, чем в южном полушарии развита промышленность со всеми сопутствующими признаками антропогенного влияния на атмосферу, а во-вторых, намного больше площадь, покрытая постоянно или временно льдом и снегом. Напомним, что в умеренных широтах южного полушария практически нет суши, которая бы покрывалась снегом и отражала бы солнечную радиацию. Там подстилающая поверхность почти всюду водная, имеющая большое альбедо, то есть свойство поглощать почти всю приходящую к ней солнечную радиацию.

Именно разрушение вечной мерзлоты, снежного и ледового покрова, то есть криосферы, способно разогнать, ускорить глобальное потепление как раз при таких условиях, которые создаются на наших глазах. Таяние льда и глобальное потепление суть две стороны положительной обратной связи. Они взаимно развивают друг друга. Сокращение площади снега и льда, хорошо отражающих солнечное излучение, ведет к росту температуры поверхности Земли и ее атмосферы, отчего, в свою очередь, ускоряется таяние, и солнцу открываются новые площади чистой воды и почвы, готовые к усиленному усвоению его тепла.

Арктика и морские льды

Арктика отнесена МГЭИК к наиболее уязвимым по отношению к последствиям изменения климата областям. Ожидаемые (и уже ныне видимые) воздействия этих изменений способны оказывать значительные обратные воздействия на глобальный климат. В последние годы потепление здесь происходит быстрее, нежели в других местах. И эта тенденция выявляется в последних расчетах климатических моделей²⁴.

²²Ungar S. Knowledge, ignorance and the popular culture: climate change versus the ozone hole// Public understanding of science. -2000. Vol 9. p.297-312

²³ Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы): Материалы международной научной конференции-Воронеж: «Научная книга», 2012. С. 31 -32

²⁴ The next generation of scenarios of climate change research and assessment. Nature. n. 463. p.747-756

Как уже упоминалось, таяние в Арктике освобождает подстилающую поверхность суши и моря ото льда и снега, и она начинает поглощать больше солнечного тепла. В итоге средняя температура Арктики за последние 100 лет поднялась вдвое больше, чем средняя температура планеты²⁵. Но вскоре, уже в ближайшие пятнадцать-двадцать лет, следствия больших перемен в Арктике ощутит и всё человечество.

Арктический морской лед - это своеобразный кондиционер в северном полушарии, влияющий на глобальное изменение климата. За период длительных наблюдений (с 1950-х годов) в северном полушарии площадь морского льда сократилась на 15%, а толщина его уменьшилась на 40%²⁶. Объём ледового покрова Арктики летом 2011 года снизился до небывалого минимума²⁷, размером в 4.2 тыс. км³. Но для глобальной климатической системы важнее не объём, а площадь льда. И вот согласно данным Всемирной метеорологической организации 9 сентября 2012 года площадь пакового морского льда²⁸ в Арктике составила 4.61 млн. км² и тем самым достигла своего исторического минимума²⁹ с момента начала спутниковых наблюдений в 1979 году. Если в ход событий не вмешается сама природа, запустив отрицательные обратные климатические связи (предсказать их пока невозможно) и если его не изменят люди, то к середине века ожидается полное исчезновение льда с соответствующими экологическими и экономико - политическими последствиями. Ещё недавно именно такое представление было наиболее разумным. Но морские льды Арктики уменьшаются со скоростью, превышающей самые пессимистические прогнозы, в том числе – прогнозы Четвертого синтезированного отчета МГЭИК и Глобального Бюджета по углеродам³⁰.

Согласно исследованиям Кембриджского университета, в 2012 году площадь всех арктических льдов «неожиданно сократилась». Зафиксированный в 2012 году рекордный минимум площади морских льдов Северного Ледовитого океана обещает полное освобождение от них уже в летний сезон 2015³¹ или 2016³² года. Ученые предрекают полное очищение океана ото льда в августе-сентябре и быстрое таяние вечной мерзлоты арктического шельфа. В связи с этим ожидается облегчение транспортной и другой хозяйственной деятельности в море, хотя сезонный ледовый покров арктических морей непременно будет формироваться, как и прежде.

Вечная мерзлота и метан

Еще одним следствием глобального потепления стала убыль вечной мерзлоты³³. Таяние мёрзлых грунтов, сохранявшихся в неизменном виде более 100 тысяч лет, превращает приполярные тундры в раскисшие топи и озёра. Температура верхнего слоя мерзлоты в Арктике с середины 1980-х годов намного повысилась, причем на Аляске это повышение составило несколько градусов.

Уже упоминалось о том, что таяние вечной мерзлоты, которое наблюдается в ходе нынешнего глобального потепления, есть процесс с положительной обратной связью. Во-

²⁵Средняя же температура Северного полушария Земли во второй половине XX в. была выше, чем в любой другой 50-летний период в течение последних 500 лет.

²⁶oilgasjournal.ru/vol_2/articles/8.pdf

²⁷<http://ecoportal.su/news.php?id=58068>

²⁸ Это тот лёд, который не тает от зимы до зимы

²⁹<https://sites.google.com/site/glacioprob/>

³⁰ ru.cop15.dk

³¹ <http://www.guardian.co.uk/world/arctic>

³² Nature Geoscience. September 2012 Arctic

³³ Вечная мерзлота (ВМ) - это грунт с включениями льда и органических веществ, который сохраняет температуру 0 °С и меньше в течение более двух лет подряд.

первых, потому что в природный круговорот возвращается много воды, которая на долгие годы была из него выведена. Будучи «вечным» льдом, она не могла ни стечь в море по рекам, ни испариться в атмосферу, ни покинуть почву через сосудистую систему растений в ходе транспирации. Теперь же талая вода может повысить влажность атмосферы, то есть наполнить её некоторым количеством водяного пара, напомним, главного парникового газа. Во-вторых, таяние мерзлоты сопровождается, как упоминалось выше, выделением в атмосферу метана, другого парникового газа. Тем самым вечная мерзлота, исчезая, ускоряет своё исчезновение. Более того, по некоторым данным, именно высвобождением метана, во многом объясняется резкое глобальное потепление последних 15 лет. То есть последствия постепенного исчезновения вечной мерзлоты ощущаются во всём мире.

Тем более они значимы для России, 65% территории которой лежит в поясе вечной мерзлоты.³⁴ На этих пространствах сосредоточено более половины мёрзлых болот мира и 2/3 запасов мёрзлого метана, здесь добывается более 90% природного газа и 75% нефти, здесь создаётся до 70% стоимости экспорта страны. Отступление вечной мерзлоты ставит под угрозу условия хозяйствования, сложившиеся на этой территории. Они были созданы под диктовку вечной мерзлоты, а теперь на наших она разрушается, и притом много быстрее, чем указано в финальном отчете МГЭИК. Всё это следствие совместного действия нескольких явлений, ведущих к более полному усвоению солнечного тепла на нашем севере. По крайней мере, два из них очевидны. Это, во-первых, таяние морских льдов в Арктике и соответствующее уменьшение альбедо северных полярных областей. И, во-вторых, это высвобождение метана из вечной мерзлоты³⁵ и его вклад в парниковый эффект. Если оттаивание мёрзлого грунта будет идти так, как идёт, и так, как это видит ЮНЕП, то в воздух попадет больше метана, чем в нём есть теперь.

При таянии мерзлоты ожидается и высвобождение углекислого газа. Согласно данным ЮНЕП³⁶, в верхней толще вечной мерзлоты примерно столько же углерода, сколько его в нынешней атмосфере. К другим причинам потепления, также связанным с таянием вечной мерзлоты, относится разложение, вследствие того же потепления, геохимических источников карбонатов, а проще говоря, замороженных растительных остатков, которое идёт с выделением в атмосферу углекислого газа.

Некоторое значение имеет и такое следствие наступившего таяния вечной мерзлоты, как терм абразия. Под этим термином понимается разрушение морских (и озёрных) берегов, сцементированных льдом, в результате совместного действия прибоёв (абразия) и таяния. Берега, как это заметно, например, на Ямале, непрерывно отступают. Площадь суши сокращается, площадь вод увеличивается. Само по себе такое перераспределение не должно оказывать большого влияния на климат, но поскольку на берегах того же Ямала добывают и отгружают углеводородное сырьё, термоабразия этому мешает, постоянно угрожая береговым сооружениям.

Это лишь один из примеров неблагоприятного воздействия таяния ископаемых льдов на хозяйственную деятельность в зоне вечной мерзлоты. Особенно серьезно оттаивание вечной мерзлоты повлияет на жизнь российской Арктики, где все здания и трубопроводы, да и вся инфраструктура в целом строились исходя из надежды на то, что мерзлота действительно вечная³⁷. За десятилетия освоения Арктики люди приспособились к вечной мерзлоте, научились использовать её преимущества. Теперь эти преимущества исчезают.

³⁴ <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/climate>

³⁵ Вестник РАН. 2009. т. 79. вып. 5, с. 395

³⁶ Глобальный обзор о состоянии льда и снега. 2007

³⁷ Осторожные геоэкологи уже давно отказались от этого термина и используют неуклюжий, но политкорректный термин «постоянномерзлые грунты»

Взамен идёт рост уровня грунтовых вод, рост механических и коррозионных нагрузок на фундаменты, трубопроводы и другие, подгруженные в грунт сооружения. Некоторые страны уже начали приспособлять инфраструктуру к прогнозируемому оттаиванию вечной мерзлоты³⁸. Другой выход состоит, возможно, в отселении постоянных жителей из мест, где оттаяла мерзлота и переход на вахтовую систему хозяйствования.

В довершении темы следует упомянуть и тот факт, что на приполярной суше отступление вечной мерзлоты идёт вместе с наступлением леса на тундры, площадь которых быстро сокращается. Давать оценку этому явлению, пожалуй, рано.

Арктические ледники

Одновременно с сокращением площади как сезонных, так и паковых льдов в Арктике идет быстрый процесс разрушения ее ледников. Так с 1989 по 2011 годы ледяной щит архипелага Шпицберген сократился почти на треть и последние годы - это годы экспоненциального его сокращения. Сегодня канадский ледовый панцирь продолжает на глазах преобразаться: в конце июля 2008 года от канадского ледового шельфа откололся очень крупный ледник, выходящий в море более чем на 11 км. Он стал гигантским айсбергом площадью около 20 кв. км. Крупнейшим с 2005 года, когда от шельфового ледника Канады откололся айсберг площадью в 60 кв. км³⁹. В начале августа 2008 года от острова Элсмир откололся шельфовый ледник площадью около 50 кв. км, сформированный 4.5 тысячи лет назад. Когда то весь этот остров был окружен шельфовыми ледниками, однако в начале XX века их кольцо стало таять и на сегодняшний день осталось всего четыре ледника. От одного из них, шельфового ледника Серсона, откололись два айсберга общей площадью в 60 кв. км, что составляет 60% объема всего ледника. Продолжает разрушаться и ледник Уорда Ханта, площадью в 440 кв. км, от которого тоже в августе 2008 года отделился кусок площадью в 25 кв. км.

Величайший ледник северного полушария, Гренландский, находится в постоянном движении. В центре острова лёд нарастает, стекает к краям и там попадает в океан в виде айсбергов и тает. Лед сползает со скоростью около 40 м/день. Этот круговорот гренландского льда устойчиво работал в условиях смены климатических эпох, попеременно то ускоряясь, то замедляясь. Объем этой ледовой шапки, второй по величине после Антарктиды, оценивается в 2.5 млн. км³, площадь - 1.8 млн. км², толщина кое-где достигает 3.8 км.

И вот теперь стала заметна убыль гренландского льда. Данные Института исследований окружающей среды Колорадского университета в Боулдере (США) показывают, что скорость его таяния увеличилась в 2.5 раза, и таким образом, считая с апреля 2002 года Гренландия ежегодно теряет более чем 200 млн. т льда. Сами по себе размеры этой убыли не значили бы ничего, поскольку жизнь ледника немыслима без потери льда, без стока его в море. Но беда в том, что данная величина представляет собою оценку чистой убыли за вычетом поступления. Ледовый щит острова, а это 10% всего ледникового льда планеты, тает.

Таяние гренландского ледника может резко ускориться при осуществлении некоторой последовательности событий, которые можно представить себе, поскольку они физически возможны, но которые никак не предотвратить. Дело в том, что под тяжестью льда

³⁸ Полотно железной дороги Кингай – Тибет в Китае, оснащают особой технологией охлаждения. На Аляске (используя советский опыт) дома ставят на бетонных сваях, чтобы морозный воздух смог циркулировать под их основанием. Трансаляскинский нефтепровод стали строить так, чтобы предотвращают оттаивание грунта под ним.

³⁹Новости Арктики. 31.07.2008 / sciece.km.ru

центральная часть острова вдавлена так, местами находится ниже уровня моря. Может статься, что со временем морская вода может найти дорогу к погружённому центру острова, и тогда начнется необратимый процесс таяния льда, который закончится полным его исчезновением и как следствие, резким подъемом уровня Мирового океана⁴⁰.

Ледовый покров Антарктики

Таяние ледников Антарктики до недавнего времени считалось не столь опасным для человечества. Однако, согласно недавним данным Вашингтонского университета, текущее повышение температуры приземного воздуха уже заметно и там. Ранее считалось, что, несмотря на глобальное потепление, средняя температура на большей части Антарктиды понижается, теплее становится лишь на вытянутом далеко к северу Антарктическом полуострове. Но оказалось, что в Западной Антарктике средняя температура воздуха поднималась на 1°C за десятилетие.

Сегодня мы наблюдаем, как под действием глобального потепления стремительное уменьшается масса шельфовых ледников Антарктиды. В начале XXI столетия и особенно с 2007 по 2011 годы таяние ледового покрова материка стало очевидным, особенно на Антарктическом полуострове. На южном материке началось тоже, что происходит ныне в Гренландии. Ледовый покров материка тает с такой большой скоростью, какой не случалось в обозримом прошлом. И этот процесс уже необратим. Раньше на месте отколовшихся и растаявших фрагментов ледников довольно быстро возникали новые, а сегодня этого не происходит.

В 2002 году от шельфового ледника Ларсена площадью 3250 км², что находится на Антарктическом полуострове, откололся айсберг площадью свыше 2500 км², что на деле означает конец ледника. Весь процесс отделения занял всего 35 дней. До этого ледник оставался стабильным в течение 10 тысяч лет, с конца последнего ледникового периода. На протяжении тысячелетий мощность ледника уменьшалась постепенно, но во второй половине XX века скорость его таяния существенно возросла.

И в море Уэдделла таяние привело к отколу большого количества айсбергов, освободившееся водное пространство стали быстро заселять представители морской фауны Южного океана, обычно обитающие на гораздо больших глубинах, но раньше не способные выжить на шельфе.

Разрушаются и другие ледники. Так, летом 2007 года от шельфового ледника Росса откололся айсберг длиной 200 км и шириной 30 км; несколько раньше, весной 2007 года, от Антарктиды откололось ледяное поле длиной 270 км и шириной 40 км. В целом за 2007 год площадь ледяного поля Антарктиды уменьшилась на 212 км²⁴¹. Стал возможен отрыв всего ледника Росса, по площади равного Франции. Дело в том, что сократилась в размерах перемычка, связывающая ледник Росса с материком. До этого в течение очень короткого времени растаяли ледники Ларсен А и Ларсен Б, загораживавшие ледник Росса от более теплых вод. Если этот ледник оторвется от материка, то будет унесён на север и там растает. Это будет катастрофа, и она, несомненно, повредит устойчивости климатической системы.

В феврале 2008 году в западной части Антарктиды от шельфового ледника Уилкинса откололся огромный ледник площадью около 570 км² (половина территории Москвы⁴²). Ну а 4 апреля 2009 года обрушился ледяной мост, протянувшийся на 40 км от ледника Уилкинса к островам Шарко и Летати. Дальнейшее развитие событий уже очевидно: течения будут

⁴⁰ National Geographic, June 2007.

⁴¹РБКdaily. Бросок к Южному полюсу. 05.09.2008

⁴² KM.RU Наука. 06/04/2009

быстро размывать ледник Уилкинса, и северная часть ледника размером с Ямайку довольно быстро отколется от основной массы ледника, став ещё одним гигантским айсбергом.

Разрушение ледника Уилкинса вслед за всеми перечисленными выше событиями грозят тем, что уже в ближайшие несколько лет Антарктида может потерять больше половины своего льда. Дело в том, что расположенный близко к Южному полюсу ледник оставался неизменным десятки тысяч. Его судьба встревожила специалистов совсем недавно, в 1993 году. Тогда они заявили, что если глобальное потепление будет набирать обороты, то разрушение ледника можно ждать в 2023 году. Но даже пессимисты не могли предположить, что оно начнется уже в 2008 году⁴³.

В 2010 году от восточной Антарктиды оторвался огромный айсберг площадью в 2.5 тыс. кв. км. Нечто подобное происходило лишь в 2002 и 2007 года. Разрушаются ледники и у моря Амундсена. В прибрежной полосе шириной около 200 километров скорость их истончения за последние 30 лет увеличилась на четверть.

Ледники гор

Ускоренное таяние ледников угрожает экономическому и социальному состоянию населения горных и предгорных районов из-за участвовавших лавин, затоплений или, наоборот, снижения полноводности и как следствие сокращения запасов пресной воды. Отечественному наблюдателю ближе всего понятны проблемы водности рек Средней Азии, которые имеют ледниковое питание. Гибель Аральского моря на глазах современного поколения была следствием не только близорукой политики советского правительства, но и протекавших одновременно климатических явлений, а именно сокращения запасов льда в горных ледниках Памира и Тянь-Шаня. Наглядное представление об упадке народного хозяйства в бассейнах рек, мелеющих из-за сокращения этих ледников, дают также толпы среднеазиатских мигрантов на улицах российских городов и сёл.

Таяние этих ледников происходит неравномерно. С началом резкого потепления был запущен процесс положительной обратной связи, ускоряющий таяние. Многим ледникам не только в Средней Азии, но и в Альпах, Андах и Гималаях осталось не так уж много жизни, 2-4 десятилетия. Начиная с 1980 года, средняя толщина горных ледников сократилась почти на 11 м, и с каждым годом они тают все быстрее. Если в последние двадцать лет прошлого столетия толщина ледников сокращалась на 0.3 м в год, то за один лишь 2006 год они стали тоньше на 1.4 метра. Ну а дальше пошло ускорение, служащее, помимо прочего, одним из лучших показателей убыстряющегося глобального потепления.

Большие изменения на Памире и Тянь-Шане должны усилить весенние паводки, сделав их более опасными, но зато сократить расходы воды в межень, вызвав острый дефицит воды летом. Ледники Памира и Алтая за последние полсотни лет потеряли более четверти запасов льда, и этот процесс продолжает разворачиваться. То же происходит и в Гималаях, где ледники обеспечивают водой около 40% населения Земли - через систему семи азиатских рек. За последние пять лет площадь высокогорных ледников Китая, где берут начало крупнейшие реки Азии (Янцзы, Меконг, Хуанхэ, Ганг и Брахмапутра), сократилась почти на 20%.

В 1983 года горы Анд почти сплошь покрывали ледники, а сейчас они съезжились. В них появились громадные проплешины, а местами лед и вовсе сошел. За двадцать пять лет исчезло около половины всех глетчеров. Общая площадь ледяного покрова уменьшилась чуть ли не на 40 %. От ледника Чикольтайя (боливийские Анды), где на высоте 5260 м. был расположен самый высокогорный курорт мира, сегодня осталось три участка льда менее 200 метров в длину. В опубликованном в 2008 году докладе Всемирного банка утверждается, что

⁴³Осень 2008 г. в Антарктиде на ст. Беллинсгаузен была самой теплой за весь 50- летний период наблюдений.

в течение ближайших двух десятилетий большинство ледников в Андах растают. Под угрозой окажется существование почти 100 млн. человек⁴⁴.

Практически обнажены и в течение ближайших 25-50 лет могут лишиться остатков льда две высочайшие горные вершины Африки - Килиманджаро (5895 м) и Кения (5199 м). За последние 80 лет на 82% уменьшилась площадь ледника Килиманджаро. На 92% сократился уникальный своим расположением экваториальный ледник горы Кения. Исчезновение ледников, питающих несколько рек, повлечет за собой разрушение всей экосистемы и экономики близлежащих регионов, и поставит под угрозу биоразнообразие этих территорий.

На территории гористого штата Монтана в 1910 году насчитывали 150 ледников. Через сто лет осталось только 27, а объем льда в них сократился на 90%.

Пока что некоторые предгорья процветают, так как местами реки стали даже полноводнее из-за более интенсивного таяния льдов. Но вскоре (а это около 10 лет) города и пахотные земли, находящиеся ниже по течению горных рек столкнутся со всё нарастающей нехваткой воды.

Итак, нынешнее состояние горных ледников называется деградацией. Положение неутешительное, но, вполне возможно, обратимое. Дело в том, что повышение влажности атмосферы, которое сопутствует и потворствует глобальному потеплению, вообще говоря, должно привести к увеличению атмосферных осадков, которые, выпадая в горах выше снеговой границы, могут снова накапливать там лёд.

2.2. Неустойчивость климата и погоды

С 1750 года, с началом индустриальной эпохи содержание парниковых газов в воздухе значительно выросло и сегодня на треть превосходит доиндустриальный уровень⁴⁵. Бурный всплеск потепления ученые относят к середине 1980-х годов. С этого времени глобальная температура приземного слоя воздуха поднялась на 1°C. Содержание CO₂ в атмосфере с середины XIX века выросло с 280 до 385 частей на миллион (ppm), причем основной рост пришелся на последние 30-40 лет⁴⁶. Основной причиной роста объемов CO₂ является использование ископаемого топлива, но свой вклад сюда вносят агротехника, вырубка лесов и некоторые другие события. Количество метана растет вследствие обеих отмеченных причин, а также при таянии ископаемых льдов. Какая из них и в какой мере ответственна за нынешнее изменение климата, точно не определено. Что касается содержания в атмосфере окислов азота, то по сравнению с доиндустриальным уровнем в 270 ppm, сегодня оно повысилось до 319 ppm.

Придётся повторить, что климат Земли изменялся на протяжении всей ее истории. Это его неперенное свойство. Некоторые из нынешних событий, так волнующих экологически просвещённую общественность, не являются чем-то необычным. Но что-то из того, что сейчас происходит, действительно, происходит впервые. Сегодняшняя глобальная температура выше, чем когда-либо за последнее тысячелетие. Отрезок с 2005 по 2011 годы вообще стал самым теплым за последние 12 тысяч лет⁴⁷. Арктическая же и антарктическая осень в этот период оказались самыми жаркими за всю историю метеонаблюдений. Весна в

⁴⁴ The New York Times. 18.12.2009

⁴⁵ <http://www.climatechange.ru/node/118>

⁴⁶ Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, <http://climate2008.igce.ru>

⁴⁷ Отметим, что важна долгосрочная тенденция, а не локальные всплески температуры, подобные холодной зиме 2009-2010 годы в европейской части России

Северном полушарии, начиная с конца пятидесятих годов прошлого века, приходит на несколько дней раньше, чем прежде. При этом приземная атмосфера за последние тридцать лет нагревается быстрее всего в северных широтах над океаном.

Изменение климата в Арктике происходит много быстрее, чем в остальных регионах планеты, одновременно ускоряя потепление и повсюду. Средняя температура приземного воздуха в высоких широтах северного полушария за последние 100 лет выросла вдвое больше, чем средняя температурой на планете⁴⁸. Средняя температура всего северного полушария во второй половине XX века была выше, чем в любом другом пятидесятилетии в течение последних пятисот или даже более лет. И если потепление будет продолжаться так же, как сегодня, то климат в нынешнем столетии будет крайне необычным даже в масштабе геологического времени.

Сейчас не просто теплеет воздух планеты, сегодня становится неустойчивым климат, и менее определенным становится его будущее. Погода всё чаще «кидается» из одной крайности в другую. Увеличивается амплитуда погодных колебаний, сверхнизкие температуры внезапно сменяются сверхвысокими и наоборот. Иначе говоря, становится больше стихийных явлений погоды и порождаемых ими бедствий: оползней, селей, обвалов, штормов, наводнений, засух и пр. Начиная с 1970-х годов, согласно резюме МГЭИК, в полтора раза возросла продолжительность и интенсивность крупных тропических штормов в северных частях Атлантики и Тихого океана и это связано с повышением температуры поверхности океана. Сопутствующие глобальному потеплению события приводят к тому, что само понятие климата, как чего-то постоянного и устойчивого, от чего мы привыкли отсчитывать аномалии погоды, на глазах нынешнего поколения превращается в анахронизм. Климат меняется на порядок быстрее, чем тысячу лет назад.

По этому поводу нужно заметить следующее. Само по себе увеличение повторяемости опасных и особо опасных явлений погоды может быть объективно засвидетельствовано метеорологической наблюдательной сетью. Эти данным допускают корректное сравнение с подобными же данными за предыдущие отрезки времени, что, собственно и позволяет предметно говорить о неблагоприятных изменениях в климатической системе. Совсем иное дело – сведения о бедах и убытках, вызванных опасными явлениями. Ясно, что в информационную эпоху такие бедствия стали чаще фиксироваться хотя бы потому, что улучшилась наблюдательная сеть. Ясно также, что известия о них стали шире распространяться и быстрее доводиться до сведения мировой общественности. Иными словами, если основываться на сообщениях СМИ, то рост природных катаклизмов в последнее время несомненен, но отсюда не обязательно следует, что опасные явления участились. Возможно, о них просто стали чаще узнавать. И ещё одно. Люди заселяют и осваивают всё новые места, воздвигают сложные сооружения, которые подвергаются невиданным ранее воздействиям природы, и вообще делают то, чего раньше не могли или остерегались делать. Люди внедряются в новые среды и ландшафты, где они прежде не действовали, и где их ждут новые, невиданные ранее, силы.

Люди стали больше «подставляться». Например, обильные снегопады и обледенения стали особо опасными явлениями для линий электропередач, а грозы и вихри на высотах стали опасны для людей только после того, как они туда добрались на воздухоплавательных аппаратах. Всё это сказано к тому, чтобы не воспринимать поток информации о природных бедствиях только как поток свидетельств о буйстве разладившейся климатической системы. Да и рост числа объективных данных об опасных явлениях быть отчасти объясним тем, что за погодой стали лучше наблюдать. Метеорологические службы наращивают сеть станций, в

⁴⁸ Повышение температуры могло бы быть и выше, если бы вулканы не выбрасывали в атмосферу аэрозоли, а те не снижали бы её прозрачность.

том числе и автоматических буёв в открытом океане, спутники поставляют снимки чаще. Всё меньше опасных явлений погоды может ускользнуть от наблюдений. Но наряду с этим есть и несомненные верные признаки роста неустойчивости климата, те самые, о которых СМИ почти ежедневно оповещают мир.

2.3. Мировой океан

Температура поверхностного слоя воды Мирового океана тоже растёт с невиданной ранее скоростью, однако же, намного медленнее, чем температура приводного воздуха, что и понятно, учитывая огромную теплоемкость воды. Мировой океан по этой причине уже не так хорошо справляется с поглощением избытка CO₂ из атмосферы. К 2006 году поглощение углекислого газа водами Атлантики уменьшилось вдвое по сравнению с предыдущей декадой.

Замечено потепление вод Северного моря и Балтики. А анализ морских раковин и иных отложений на морском дне на наличие в них специфических веществ, накопление которых зависит от температуры воды, обнаружил, что нынешняя средневзвешенная температура Тихого и Индийского океанов выше почти на 2°C, чем 12 тыс. лет назад⁴⁹.

Мировой океан поглощает более 80% прироста тепла на планете, предотвращая его расходование на повышение температуры воздуха. При этом температура океана тоже повысилась до глубин, по меньшей мере, 3 км, на едва заметную (но значимую!) величину. По данным американского Национального центра климатических данных в июле 2009 года средняя температура океана достигла 17°C, то есть своего исторического (за 130 лет наблюдений) максимума⁵⁰.

Даже незначительное повышение температуры морской воды – это очень серьёзный сигнал. В частности, давно установлено, что разрушительные тропические циклоны зарождаются только над очень тёплыми водами. И можно ожидать, что повышение температуры верхнего слоя океана расширит потенциально опасные в этом отношении области. Считается, что уже заметен рост числа опасных явлений погоды⁵¹.

В течение полувека Северный Ледовитый океан становится всё более пресным. Причиной тому стали обильные осадки, возросший речной сток и таяние морских льдов. Упомянутые выше факты деградации ледовых щитов Антарктиды, Гренландии и других полярных островов также опресняют верхний слой океана. При этом повышается уровень Мирового океана.

Увеличение объёма океана вследствие глобального потепления обязательно должно происходить по нескольким причинам. Таяния материковых льдов представляет собой главную из них.⁵² При таянии всего материкового льда, что лежит выше уровня океана, этот уровень может подняться на 10-20 метров.⁵³⁵⁴ Одно лишь полное таяние многокилометрового гренландского ледового щита должно поднять уровень океана на 6-7 метров.⁵⁵ Другой причиной увеличения объёма вод океана неизбежно должно стать снижение средней плотности вод океана за счёт их нагревания и опреснения. Но по одной

⁴⁹ Имеется в виду температура воды на горизонтах обитания этих существ

⁵⁰ Утро.ru. 21.08.2009. Надо, справедливости ради, сказать, что представление о средней температуре Мирового океана стало более или менее надёжным лишь в последние годы.

⁵¹ Опять-таки, справедливости ради, нужно сказать, что рост числа опасных явлений на самом деле является ростом числа их регистраций, что связано с улучшением наблюдательной сети

⁵² Таяние плавучих льдов не оказывает существенного влияния на уровень моря.

⁵³ <http://www.vitamarg.com/eco/article/427>

⁵⁴ Оценка опубликована в мартовском номере журнала «Geology» за 2012 год.

⁵⁵ Lenta.ru 19.03.2009

этой причине, то есть без увеличения массы воды в океане, это будет небольшая величина. Даже если бы средняя температура Мирового океана поднялась на 1°C (а на это ушли бы все ресурсы глобального потепления), то термическое расширение воды привело бы к подъёму уровня приблизительно на 0.7 м. Сам по себе прирост уровня Мирового океана за счёт таяния материковых льдов должен заставить человечество бороться с потеплением воздуха, поскольку при этом будут затоплены земли, где живут десятки миллионов людей. Чтобы наглядно показать связь между глобальным потеплением за счёт наращивания выбросов в воздух парниковых газов и результирующим увеличением массы океана, экологи выразили метры подъёма уровня в величинах концентрации углекислого газа в воздухе. Получилось, что если доля этого газа в приземной атмосфере станет 600 ppm, то необратимый подъём уровня океана уже во второй половине нашего столетия превысит метр, а при концентрации 1000 ppm подъём составит около двух метров.

2.4. Давление на экосистемы

В начале XXI века более 60% экосистем планеты были уже искажены под человеческим влиянием. Более всего пострадали водные экосистемы, а в них - верхние звенья пищевой цепи, представленные крупными хищниками⁵⁶, то есть сырьевая база рыболовства и морского промысла.

Наземные сообщества

Из последних докладов WWF следует, что антропогенное давление на биосферу в настоящее время превышает ее способность к восстановлению примерно на 30-40%. И хотя некоторые виды фауны и флоры имеют определенный адаптационный потенциал, для многих из них сегодняшние темпы климатических изменений являются неприемлемыми для дальнейшего существования. Прогнозируется, что чистое поглощение углерода земными экосистемами достигнет своего максимума уже до середины века, а затем начнет быстро сокращаться, что еще более раскачает климатический маятник. Если рост средней температуры планеты дойдет до 1.5-2.5°C, то будет угнетено 20-30% видов флоры и фауны, что сильно повредит биоразнообразию, со всеми сопутствующими этому явлению проблемами. А повышение температуры приземной атмосферы свыше 3°C просто грозит вымиранием более 30% наземных видов фауны⁵⁷.

Растительный и животный мир в северном полушарии будет мигрировать в высокие широты и в более возвышенные места. Уже сегодня заметно, как в тундре кустарники завоевывают еще недавно голые участки. Леса, как уже упоминалось, сегодня начинают вытеснять полярную тундру, последняя же продвигается в зону полярных пустынь, придавая подстилающей поверхности способность лучше поглощать солнечную радиацию. И это есть не что иное, как сдвиг природных и климатических зон к полюсам, стимулируемый эмиссией парниковых газов. Сегодня леса Аляски движутся на север со скоростью 100 км на 1°C повышения температуры. Впрочем, согласно последним исследованиям, леса умеренных широт не смогут с ростом температуры продвигаться к полюсам и станут гибнуть. Их гибель обернется попаданием в атмосферу большого количества окиси углерода. В Европе горные растения мигрируют вверх со скоростью от одного до четырех метров каждое десятилетие, сезон роста садовых растений в Европе увеличился на две недели, перелетные птицы

⁵⁶ kso13.narod.ru/p68aa1.html

⁵⁷ Доклад ПРООН «Борьба с изменениями климата: человеческая солидарность в разделенном мире», 2007/2008. С.99

прилетают на север раньше и остаются дольше. Ледовое покрытие озер и рек в средних и верхних долготах Северного полушария держится уже на 2 недели меньше, чем в 1850 году.

Таким образом, увеличение температуры готовит предпосылки для миграции теплолюбивых животных в направлении к полюсам. Ученые утверждают, что 1700 видов животных, растений и насекомых уже передвигаются на север, преодолевая в год по шесть-восемь километров. В европейских реках отмечено появление южных видов. С 2006 года в верховьях Волги появились медузы. В реках Зауралья уже сегодня на глазах исчезает таймень, ленок, хариус и другие эндемики. Их места занимают новые виды, хорошо знакомые в Китае⁵⁸.

Тропические виды флоры и фауны адаптированы к малой изменчивости климата в низких широтах, и потому изменение температуры на 2-3°C будет для них много болезненнее, чем для видов, населяющих средние широты. Потепление может поставить на грань вымирания слонов и носорогов Африки⁵⁹, ибо те территории, на которых они уже страдают от засухи, будут просто начисто обезвожены. Американские исследователи опытным путём установили, что холодостойкие сообщества растений более устойчивы к росту температуры, нежели флора тропиков и субтропиков.

Биологи не знают, как можно сохранить биологическое разнообразие при резком изменении климата. Выше было отмечено, что многие виды уже продвигаются в сторону полюсов, но есть опасность того что они опоздают и у них не будет времени на адаптацию. Потепление в наибольшей степени затронет крупных млекопитающих, хотя и более мелкие виды понесут ущерб, отчего сократится видовое разнообразие.

Что касается флоры и фауны Арктики, то она зависит от скорости уменьшения площади арктического льда. Для белых медведей и моржей, которым нужен морской лёд, останется единственная возможность выжить - приспособиться к жизни в новых местах (в 2008 году на севере Карского моря были обнаружены лежбища продвижение атлантического подвида моржа, что означает значительное продвижение ареала животного на восток, вглубь Арктики⁶⁰), а летом - даже на материке. Но это вряд ли возможно. Около 150 тысяч лет назад медведи выжили в теплый межледниковый период, когда летом снега в Арктике не было. Но тогда не было ни браконьерства, ни загрязнений.

Страдают и северные олени, так как заморозки после весенних оттепелей образуют ледяную корку, и животные не могут достать корм из-под неё.

Во многом пострадают леса планеты. Об этом свидетельствует все более расширяющийся в России ареал энцефалитного клеща, чье воздействие грозит перейти во вспышку эпидемии. Далее - быстро размножающийся в тепле и влаге жук-короед поражает в год около 4003 км² леса, что равносильно увеличению CO₂ на 20 мегатонн в год⁶¹. В последние годы в Архангельской области от вредителей погибли большие массивы хвойных лесов. Вспышки размножения насекомых были вызваны ранней весной и отсутствием заморозков. А на это, в свою очередь, оказало влияние более раннее очищение ото льда южной части Карского моря.

Изменились миграции и ареалы птиц. Исследования Birdlife International и Европейского совета по учету птиц, проведенные по так называемой модели «климатического квадрата»⁶², показали, что без принятия немедленных мер ареал 12 эндемичных видов европейских птиц сдвинется уже в этом веке на 550 км к северо-востоку и

⁵⁸ Новая Газета. 2009, 20.07. С.11

⁵⁹ www.lenta.ru/news/2005/05/07/climate/

⁶⁰ <http://www.yarsk.ru/press/?i=100008477>

⁶¹ Для сравнения: лесные пожары высвобождают в воздух 27 мт CO₂/год.

⁶² При этом за основу брался средневзвешенный прогноз МГЭИК повышения температуры на 3 °C

при этом уменьшится примерно на пятую часть⁶³. На смену им придут виды с юга, которые и станут европейскими по месту гнездования. На сегодняшний же день европейские орнитологи привели данные, согласно которым за последние два десятилетия 25% видов пернатых увеличили ареал своего обитания, остальные же 75% уменьшили его.

По результатам ежегодного исследования британских орнитологов, под влиянием климатических изменений, зяблики, дрозды и синицы стали откладывать яйца значительно раньше, чем сорок лет назад и высиживают их только до преждевременного потепления. Результат: число особей этих птиц сократилось вдвое по сравнению с данными на 1970 год, тогда как число водоплавающих птиц значительно увеличилось.

Морские экосистемы.

Резкие изменения уже сегодня происходят и в морских экосистемах⁶⁴. Они очень уязвимы и в чем-то подобны картонному домику: стоит убрать один из их элементов (несколько видов), и домик рухнет. В Мировом океане быстро повышается кислотность воды, и она уже наносит серьезный вред кораллам, моллюскам и морской фауне в целом. Хотя в ряде случаев идет на пользу, скажем, стимулируя рост морской травы. Примерно половина коралловых рифов уже сегодня пострадала от «выбеливания» вследствие перенасыщения морской воды углекислотой⁶⁵.

Повышенное содержание CO₂ в Мировом океане скажется и на вымирании дорогих деликатесных видов - устриц, омаров, морских ежей и мидий, что возможно подвигнет власти малых приморских стран к поддержке действенных мер для защиты от глобального потепления⁶⁶.

Глобальное потепление приводит к значительному снижению количества кислорода в Мировом океане. Оно может привести к появлению и разрастанию в океане гигантских сероводородных зон, где вода, лишенная растворенного кислорода, не сможет обеспечивать жизнь большинства высших морских животных - рыб, ракообразных и моллюсков. Январский номер «Nature Geoscience» за 2009 год опубликовал модель датских ученых, показавших быстрое увеличение заморных зон в океане⁶⁷. Они станут возникать в верхнем 500-метровом слое воды, поскольку при росте температуры воды её способность растворять кислород падает. Пока что площадь таких зон невелика⁶⁸ и составляет около 245 тыс. км².

Итак, высокий выброс парниковых газов в воздух приводит к сильному, долговременному снижению концентрации кислорода в океане. Одновременно повышение температуры верхнего слоя океана обязательным своим следствием создаст некоторое повышение устойчивости вод, или вертикального градиента плотности, то есть той физической величины, которая препятствует перемешиванию морских вод по вертикали. Ослабление конвекции влечёт за собой снижение содержания кислорода на глубинах, ибо туда он может попасть не иначе, как из атмосферы и не иначе, как путём вертикального

⁶³ Время Союза, 2008, вып.3

⁶⁴ www.epochtimes.com.ua/ru/articles/view/7/3294.html

⁶⁵ Коралловые рифы считаются одной из самых чувствительных экосистем. Самый крупный из них - Большой Барьерный риф, находящийся у побережья Австралии. И еще в 2006 году австралийские океанологи обнаружили, что риф заметно «побледнел». Причина проста - в яркий цвет его окрашивают водоросли *Zooxantellae*, живущие в симбиозе с коралловыми полипами. От слишком высоких температур они быстро теряют цвет, после чего погибают. Ранее американскими океанологами было отмечено обесцвечивание рифов в Карибском море.

⁶⁶ Lenta.ru/19/03/2009. В то же время морские биоресурсы при повышении температуры воды и содержания в ней CO₂ начинают усиленно размножаться, в конечном счете выделяя больше карбонатов, повышающих щёлочность морской воды.

⁶⁷ <http://www.nature.com/ngeo/journal/v2/n1/full/ngeo402.html>

⁶⁸ www.priroda.su/item/468

переноса. Всё это пока что качественные соображения, не подкреплённые количественными выкладками, но верные по существу. Вслед за описанными явлениями должны произойти изменения в круговороте биогенных веществ (азота, фосфора и кремния) в океане, а это будут коренные сдвиги в экосистемах океана.

Согласно МГЭИК 2/3 мигрирующих видов морских биоресурсов (таких, как лосось, черноморская сельдь, арктический голец, и др.) потеряют от половины до 100% своих нынешних ареалов. Но справедливости ради надо сказать, что некоторые виды, наоборот, выиграют от идущего изменения климата. Потепление в Арктике может благоприятно для жизни трески и сельди. Повышенная температура и сокращение ледового покрова приведут к росту их кормовой базы, расширению зоны их обитания - районов нагула и нереста. Может оживиться рыболовство в Баренцевом и Чукотском морях⁶⁹, в водах Южного океана, куда, двигаясь в сторону полюсов, переселятся многие теплолюбивые виды.

2.5. Проблемы климатического моделирования.

«...твердо помнить должно, что видимые телесные на Земле вещи и весь мир не в таком состоянии были с начала от создания, но великие происходили перемены...»
М. В. Ломоносов

«Скажите, что произойдет в будущем, и мы будем знать, что вы боги...»
Ис. 41:23

Чтобы уверенно зафиксировать потепление, нужны его измерения на протяжении нескольких сотен лет, причем по более или менее единой методике. Подобной методики пока не существует. Долголетними рядами наблюдений обладают немногие метеостанции, да и те расположены вблизи крупных городов, что сказывается на измерениях. Огромные пространства океана до самого недавнего времени не были охвачены регулярными наблюдениями. Нехватка данных приводит к тому, что некоторые ученые до сих пор не видят верных признаков глобального потепления, и говорят о нем как о правдоподобной гипотезе, нуждающейся в тщательной проверке. Другие видят сами по себе признаки, но не находят связи этого явления с хозяйственной деятельностью человека.

До начала промышленной революции планета обладала предохранительным механизмом, который поддерживал стабильность ее климата. Сейчас же приведены в действие положительные обратные связи, своего рода цепные реакции, отчего климатическая система планеты уже сама по себе, без воздействия вынуждающей силы, может отклоняться от стабильного состояния в сторону глобального потепления.

Лишь недавно было обнаружено, что в климатической системе Земли имеется два рода переключателей между режимами. Переключатель первого рода плавные, второго рода - резкие. До сих пор модельные расчеты проводились с учетом только первых. Однако постепенные изменения климатической системы могут достичь такого уровня, при котором сработает переключатель второго рода. Что сегодня, возможно, мы и наблюдаем.

Определенность существующих прогнозов оставляет желать лучшего. Так, имеющиеся оценки увеличения глобальной температуры приземной атмосферы и повышения уровня Мирового океана при удвоении содержания CO₂ в атмосфере дают разброс в 1.5-4.5°C и 30-140 см. соответственно. Неудовлетворительная надежность климатических прогнозов обусловлена сложностью описания процессов переноса солнечной и тепловой энергии в атмосфере и моделирования обратных связей в климатической системе.

⁶⁹И это послужило поводом к инициированию в апреле 2012 г. в Госдуме РФ запроса о введении моратория на промысел в этих морях.

Большую неопределенность вносит очень сложная форма зависимости поглощения энергии в инфракрасной области (особенно поглощения радиации водяным паром) от энергии⁷⁰. Из-за этих неопределенностей все оценки возможных экономических последствий, которые может повлечь за собой изменение климата планеты, также характеризуются сильным разбросом.

Даже если бы климат менялся исключительно по естественным причинам, его прогноз был бы невероятно сложной физической задачей. Климатическая система очень динамична и описывается нелинейными детерминистическими уравнениями⁷¹. Она может проявлять неустойчивое поведение в том смысле, что очень малые изменения в начальном состоянии системы со временем приводят к значительным последствиям. Но намного сложнее - если он возможен вообще - прогноз климата в условиях искусственного воздействия на него, то есть при нынешнем положении дел. Теперь это задача, по крайней мере, до тех пор, пока существует человечество, перестала быть чисто физической. Из области естественных наук она отчасти сместилась в область наук общественных. Поэтому более или менее официальными формулировками прогнозов климата занимается не научное сообщество, а группа экспертов МГЭИК. Прогнозы, которые она давала, базировались в основном на учете баланса выбросов в атмосферу примесей антропогенного происхождения. В них не учитывались важнейшие свойства климатической системы: ее нелинейность и наличие в ней обратных связей. В будущем они вероятно будут учтены, и конечно отразятся на прогнозных оценках повышения температуры. Пока же стоит учесть предупреждения, опубликованные во Втором докладе МГЭИК об оценках изменения климата. Но нужно понимать, что дальнейший ход событий будет удивлять.

Физическая составляющая процесса

На сегодня существует около двух десятков совместных моделей атмосферы, океана и криосферы, которые при задании одинаковых сценариев выбросов парниковых газов дают в целом сходные результаты. Модели способны описать и уже произошедшие изменения климата, что является критерием их достоверности. Интересно, такие модели, учитывающие только естественные факторы, уже не позволяют описать изменения, характерные для последних десятилетий. Только учет выбросов парниковых газов с конца 1970-х годов резко повышает реалистичность моделей в описании событий последних сорока лет.

В моделировании климата существует несколько версий, которые выглядят убедительно, но которые различаются выводами так много, что доходят до противоположных крайностей: от катастрофического потепления до сильного похолодания. И это означает, что опереться не на что. Предмет исследования настолько сложен, что допускает различные толкования одних и тех же явлений. Однако в таком случае мы должны держать ориентир на самый худший прогноз. Ибо если не сделаем этого, то потом, когда он сбудется, исправлять ситуацию будет уже чрезвычайно трудно.

Прибегая к учету тех или иных воздействий на климатическую систему, мы должны помнить основополагающие законы и пытаться просчитывать их последствия. В общем виде

⁷⁰ Например, дополнительный разогрев атмосферы из-за парникового эффекта вызовет увеличение испарения воды и приведет к еще большему разогреву вследствие поглощения радиации водяным паром. Кроме того, рост испарения приведет к увеличению облачности. Это, с одной стороны, будет способствовать охлаждению атмосферы из-за отражения солнечной радиации облаками, а с другой - усилит ее разогрев вследствие экранирования тепловой («земной») радиации. В результате «изначальный» парниковый эффект по причине наличия подобных обратных связей будет увеличиваться в несколько раз. Вот только точный коэффициент такого увеличения неизвестен

⁷¹ Процесс называется нелинейным в том случае, если причина и следствие не связаны простой зависимостью. В климатической системе таких процессов множество. Отсюда и сложности предсказания ее потенциального поведения.

они, как уже было сказано, были сформулированы Б. Коммонером. Каждая группа разработчиков модели подсказывает свои ограничения и дает предостережения для нашей деятельности в окружающей природе. Мы должны знать, что воздействуя на отдельные элементы экосистемы, мы приводим в движение все ее элементы. И тогда во всей системе могут возникнуть необратимые или непредвидимые последствия. И потому вывод для практических действий сделан: требуется ориентация на возобновляемые источники энергии, на создание низкоуглеродной энергетики и на складирование избыточной массы CO₂ под землей.

Как уже упоминалось, моделирование климата дает результаты вероятностные. И потому многих настораживает сильный разброс в оценках, скажем, подъема уровня Мирового океана, ибо неясно какие же меры предосторожности следует принимать, например, при принятии решения о строительстве дамб. Это обусловлено тем, что построение сложных реалистичных климатических моделей пока за пределами возможностей вычислительной техники и потому в модели вводятся то одни, то другие упрощения. Собственно говоря, в этом и заключается моделирование. От того, какие именно упрощения введены, чем пренебрегли для простоты расчётов, зависит и результат. Сам же выбор упрощения, то есть моделирование в собственном значении этого слова, сложнейшая задача, ибо пока даже на качественном уровне не ясна вся цепь причин и следствий, положительных и отрицательных обратных связей, управляющих климатической системой.

Все подобные прогнозы строятся на основании теоретических моделей. Таких моделей множество, соответственно, столько же и теорий. И на практике зачастую они не реализуются, ибо слишком много (неучтенных) факторов влияет на климат⁷². Так, в 2008 года группа ученых из Великобритании построила три модели климата. В одной из них она не учитывала ускоренное сползание ледников Гренландии в океан, вызванное ростом его уровня⁷³. Обнаружилось, что наиболее точно данным полевым наблюдений соответствует модель, не учитывающая этот эффект. Хотя прямая логика, казалось бы, говорит об обратном⁷⁴.

Почти одновременно в США исследователи оценивали скорость таяния ледников. Для этого использовались данные о скорости таяния в конце последнего оледенения. Вывод был таков, что МГЭИК значительно недооценивает скорость таяния ледников и скорость подъема уровня океана. И действительный ход событий, как уже не раз приходится повторять, в ближайшем будущем может превзойти наши ожидания.

Описание возможных изменений режима парниковых выбросов идет на основе согласованного и внутренне связного набора допущений в отношении причин этих изменений (скажем технологических или демографических изменений, социально-экономического развития) и их ключевых взаимосвязей. В соответствии со сценариями возможных выбросов парниковых газов разрабатываются схемы их возможных концентраций. Схемы используются как исходные данные в модели климата для расчета его проекций - возможного будущего изменения какого-либо количественного показателя или совокупности количественных показателей, рассчитываемых с помощью модели. Заметим, впрочем, что между проекциями и предсказаниями существует отличие - проекции основаны

⁷² Большинство моделей построено на заданной гипотезе особого влияния на ИК двуокиси углерода. На сегодняшний день существуют десятки моделей, использование которых приводит к разнообразным выводам. Конечно же, некоторые из них близки к природе, вопрос лишь в том - какие. При этом одни климатологи утверждают, что засухи 2010 года отныне станут нормой, другие ждут подобного явления не ранее, чем через пять тысячелетий.

⁷³ Здесь работает положительная обратная связь: при подъёме уровня океана его вода проникает дальше под лёд, ускоряя, тем самым, сползание льда и дальнейший подъём уровня.

⁷⁴ Lenta.ru/19/03/2009

на разных сценарных допущениях относительно будущего социально-экономического и технологического развития, которые возможны, но могут не произойти. В них по сценарию заложена неопределенность. Прогноз же климата представляет собой результат расчёта с той или иной заблаговременностью. Он также носит вероятностный характер, ибо зависит от начального состояния климатической системы, знание о котором несовершенно⁷⁵, как несовершенны и модели, использующие это знание для выработки прогноза. К тому же следует учитывать тот факт, что климатическая система даже и без влияния человека столь сложна, что ее предсказуемость, как уже было указано, ограничена по определению. Чтобы пояснить, что есть объективный предел предсказуемости погоды, обычно указывают на то, что время развития процессов в атмосфере можно считать бесконечным, а пространство, на котором эти процессы развиваются, ограничено. Следовательно, с течением времени ветер действительно «возвращается на круги свои». При этом скорости развития синоптических ситуаций таковы, что информационный потенциал начальных данных, то есть сведений, о текущей синоптической ситуации, которыми мы можем располагать для прогностических расчётов на своих численных моделях, исчерпывается примерно за семь дней. После этого новая ситуация уже не может считаться порождением прежней. Например, циклон, появившийся неделю назад, заполнится, а тот, который придёт завтра, семь дней назад ещё не существовал и ничем себя не проявлял. Но это моделирование погоды, не климата. С ним дело обстоит намного сложнее.

Чтобы хоть как-то судить о последствиях грядущего потепления, можно прибегнуть к методу поиска аналогов в прошлом. Следует обратиться к тому отрезку геологической истории, когда климат планеты был существенно теплее нынешнего. Так можно оценить ожидающие нас изменения. Теперь для реконструкции картины прошлого у палеоклиматологов появился довольно надёжный инструмент⁷⁶, и стало понятно, что для сопоставления с нашим ближайшим будущим как нельзя лучше подходит меловой период, который был экстремально теплым временем в истории Земли. И вот при сравнении с данными геологической истории выявляется неточность современных компьютерных моделей. Они не полностью оценивают возможные климатические изменения. Например, согласно прогнозам, при потеплении климат внутриконтинентальных областей России останется, как и был, резко континентальным. Однако палеоклиматические свидетельства, основанные на изучении морфологии листьев мелового периода, говорят, что это не так. То есть на самом деле снова и снова приходится повторять, что ожидающие нас невзгоды могут быть еще значительно тяжелее, чем предсказывают модели МГЭИК⁷⁷.

Но климат никогда в прежние эпохи не испытывал на себе последствия человеческой деятельности. Поэтому возникают предположения, что под действием этой небывалой в геологической истории силы будущее климата может сложиться совсем иначе. Когда достигается критический порог, климат резко меняется, и устанавливается ледниковый период. И это изменение согласно ряду прогнозов может произойти уже в следующие 2-3 десятилетия. Еще недавно считалось, что переходы от оледенений к теплым межледниковым временам в Северной Америке, Европе и Северной Азии были постепенными. Однако усиленные исследования ледников, сделанные за последние пять лет, обнаружили, что такие

⁷⁵ Неопределенность обусловлена отсутствием информации или расхождением во мнениях относительно того, что известно. Ее источники самые разные: от поддающихся количественному определению ошибок в данных до не четко сформулированных концепций, терминологии или неопределенных концепций поведения человека в будущем.

⁷⁶ Предполагается, что около 1.8 млрд. лет назад было резкое понижение температуры, но оно не выявляется изотопами кислорода, и потому неясно, было ли похолодание или дал сбой изотопный метод.

⁷⁷ Вестник РАН.2009. т.79. вып.5. С.391

переходы иногда занимали всего лишь два-три года. Что-то, какие-то упомянутые выше переключатели, заставляли климат планеты меняться с поражающей быстротой⁷⁸.

Моделирование последствий для общества

Учитывая те или иные воздействия на климатическую систему, мы должны помнить основополагающие законы и пытаться просчитывать их последствия. В общем виде они были сформулированы Б. Коммонером, предложившим 4 группы законов экологии:

- 1) все связано со всем;
- 2) все должно куда-либо деваться;
- 3) природа «знает» лучше;
- 4) ничто не дается даром.

Каждая группа подсказывает свои ограничения и дает предостережения для нашей деятельности в окружающей природной среде. Деятельности, которая должна признать, что стихийными воздействиями на отдельные элементы экосистемы мы способны привести в движение другие ее элементы. И тогда в системе в целом могут возникнуть необратимые или непредвидимые последствия. И за любой наш частный выигрыш мы будем платить природе по большому счету - усложнением системы природоохранного контроля, резким удорожанием изъятия природных ресурсов, поиском новых «чистых» источников энергий и технологий ее сбережения.

Вину человечества за глобальное потепление признало большинство ученых, и им между собой осталось договориться по двум очень серьезным проблемам: каков вес антропогенной составляющей в потеплении и каковы размеры его последствий. Тем не менее, как уже упоминалось, у противников антропогенного происхождения климатического всплеска были свои резоны: прогнозы изменения климата до последнего времени шли методом проб и ошибок, в модели закладывались произвольно выбранные параметры. Получались противоречивые результаты⁷⁹. Сходились на том, что не будь парникового эффекта, средняя глобальная температура поверхности Земли была бы на уровне 18°C в то время как в действительности же она составляет 14°C. и сегодняшнее ее повышение искусственно и вызвано высвобождением CO₂ и других парниковых газов в воздух, где они нарушают естественное состояние климатической системы «атмосфера-вода-лед».

Считается, что около 3/4 объема всех парниковых газов антропогенного происхождения за последние два десятилетия поступили в воздушную среду при сжигании нефти, природного газа и угля. Большая же часть остального вызвана вырубкой лесов и земледелием. Один из основных выводов экономических последствий изменения климата заключается в том, что в мире, где капитал производителен, инвестиции самого высокого возвращения сегодня - это инвестиции в реальный, технологичный и гуманитарный капитал, включая исследования и разработки по низкоуглеродным технологиям. В ближайшие десятилетия прогнозируемый ущерб увеличивается относительно продукции. Точное определение парниковых газов и времени уменьшения их выбросов зависит от затрат, ущерба и степени, до которой изменение климата и ущерб от него являются нелинейными и необратимыми.

Существует много рисков, издержек и неопределенностей - «известных» неизвестных, а также «неизвестных» неизвестных, влияющих на изменение климата. Экономический

⁷⁸Сослись на том, что виной тому глобальное потепление, таяние ледяных щитов Гренландии и Антарктиды, ледников высокогорья, но не льдов Северного Ледовитого океана. Хотя, возможно, определяющую роль сыграл и гигантский выброс метана в атмосферу.

⁷⁹И потому надо бы изолировать науку от политики, ибо связь последней с возможными следствиями потепления очевидна.

анализ изучает стратегии, которые будут балансировать издержки действия риском бездействия. И все экономические исследования сегодня поддерживают немедленное ограничение выбросов ПГ, хотя не могут ответить на такие вопросы о том, насколько и как скоро.

В ряде экономических моделей предпринимается попытка прогноза, исходя из перспективы уровня благосостояния и роста населения, объема производства, потребления, накопления, процентных ставок, выбросов парниковых газов, изменения климата, ущерба от изменения климата, которые будут иметь место без ограничительных мер на выбросы ПГ. Этот подход не способствует социальной желательности распределения дохода в пространстве и времени существующих условий.

Расчеты изменений мирового благосостояния в зависимости от эффективной стратегии попыток повлиять на ИК проверяют потенциальные улучшения в контексте существующего распределения дохода и инвестиций в пространстве и времени. Так как этот подход относится к дисконтированию, требуется более внимательно рассмотреть доход в процентах на инвестиции - на настоящую реальную процентную ставку - как основы для климатических инвестиций. Допустимые процентные ставки, предлагаемые экономистами, не способны определить подходящую учетную ставку для использования в финансовом рынке и рынке капитала. Когда страны взвешивают свою личную выгоду в международных договорах по ограничению выбросов и распределению затрат, они будут искать фактическую выгоду от договоров и прибыль от них относительно других инвестиций, а не прибыли согласно теоретической модели роста.

Существует много перспектив, с точки зрения которых можно оценивать будущие затраты и прибыль от стратегий уменьшения глобального потепления. Эти перспективы отличаются с точки зрения нормативных допущений, национальных интересов, оцененных поведенческих структур, научных данных и моделирования, неприятия риска и планов будущего изучения. Ни один здравомыслящий политик не будет решать судьбу страны единичной моделью, единичным набором компьютерных моделей или единичной национальной или этической перспективой. Принятие благоразумных решений требует надежного набора (системы) альтернативных сценариев и анализа чувствительности. Один из основных недостатков известного доклада Штерна - отсутствие именно таких надежных анализов.

Итак, объяснение причин изменения климата представляет собой процесс определения наиболее вероятных воздействующих факторов обнаруженного изменения с некоторой определенной степенью достоверности. Наука не выявила четких барьеров, разделяющих опасные последствия текущих перемен от безопасных. Моделирование климата нашей планеты по причине сложности предмета вероятно⁸⁰. Сущность многих процессов понята уже давно, а вот их итоговое их сложное взаимодействие ещё надолго обеспечит работу «модельерам» от экологии, метеорологии и климатологии. От их успехов зависит и корректный прогноз развития мировой экономики.

Подводя итог, мы приходим к выводу, что сегодня невозможно абсолютно достоверно описать поведение климатической системы какой-либо математической моделью. В ней слишком много неизвестных, значения которых порой сильно преуменьшены или напротив преувеличены.

⁸⁰ И действительный ход развития событий в ближайшем будущем (10 -20 лет) может превзойти сегодняшние худшие прогнозы. С каждым днем человечество приближается к необратимой катастрофе. Сколько времени осталось у нас, чтобы все изменить?

3. ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПОТЕПЛЕНИЯ

3.1. Климатическая система

Альbedo планеты

Обратим внимание на некоторые возможные положительные и отрицательные обратные связи, которые могут серьезно повлиять на состояния нашей среды обитания в дальнейшем. Видимо сначала стоит выделить роль водяного пара в атмосфере. Он создаёт более 60% парникового эффекта. Прямое антропогенное влияние на содержание пара в воздухе невелико. Люди действительно поставляют атмосферу дополнительные объёмы пара при расширении орошаемого земледелия и наращивания энергетических мощностей. Но этот вклад ничтожен по сравнению с испарением с водной поверхности, с транспирацией растений и с выбросами вулканов. Однако рост температуры воздуха, который создаётся дополнительным – за счёт антропогенных выбросов углекислого газа и метана – парниковым эффектом, увеличивает испарение, влажность воздуха и парниковый эффект. Одновременно увеличение влажности воздуха даст прирост конденсации влаги в высоких широтах, а она, как известно, идёт с выделением скрытой теплоты парообразования. При всём этом продолжится таяние древних льдов, отчего в годовой круговорот воды возвратятся изъятые из него когда-то объёмы.

В нижних слоях атмосферы облака могут состоять из капелек воды, а не из кристалликов льда. Вода облаков способна растворять или вбирать в себя из воздуха часть углекислого газа и удалять его из атмосферы вместе с выпадающими осадками.

С потеплением и увлажнением атмосферы меняется, как уже упоминалось, альbedo планеты, поскольку сокращается площадь ледового и снежного покрова. За последние десятилетия эти величины уменьшились приблизительно на 10-15%. Похоже, что морской лёд в Арктическом бассейне (так называется самая северная глубоководная часть Северного Ледовитого океана) поддерживает сам себя. То есть, если он в течение ближайших лет исчезнет, как предполагается в упоминавшихся выше прогнозах, то уже не восстановится, по крайней мере, до следующего ледникового периода. Тогда близ Северного полюса под атмосферой окажется не холодный заснеженный лёд, а чистая вода с нулевой температурой и огромным запасом тепла. Океан станет поглощать солнечное излучение, а из океана в атмосферу без помех со стороны льда устремится поток тепла. Это будет настоящий переворот на кухне погоды, какой считается Арктика.

С потеплением в высоких широтах зимой возрастает и количество осадков в виде снега. Скорее всего, будет расти преимущественно толщина снежного покрова, а не его площадь. Снег укутает землю, и она станет меньше отдавать тепло холодной атмосфере. Вечная мерзлота станет деградировать быстрее. Однако полностью исчезнет нескоро. Равно как ещё долго, сотни лет, продолжится и таяние льда Антарктиды. В течение этого времени, за счёт постепенного роста альbedo подстилающей поверхности, отчасти сглаженного затратами тепла на таяние льда, температура атмосферы должна вырасти на 2°C.

Таяние морских льдов и увеличение площади водной поверхности планеты поднимет влажность воздуха и водность облаков. Увеличение облачности как упоминалось, будет

иметь неоднозначное влияние температуру воздуха, разное в разных климатических поясах⁸¹.

На альбедо влияет и выброс пыли из-за хозяйственной деятельности человека. Выпав на снег, пыль снижает его отражающую способность. Находясь в воздухе, пыль поглощает солнечную энергию, причём в задымлённых местах до 30%. Последствия этого явления для климата зависят от того, как высоко распространяется запыление. Знаменитые расчеты «ядерной зимы» описывают запыление верхних слоёв атмосферы вследствие ядерной войны. В этом случае пыль станет перераспределять солнечное тепло, добавляя его верхним слоям атмосферы и лишая его нижние слои. Запыление приземных слоёв воздуха, которое производится обычной хозяйственной деятельностью, должно, напротив, повысить температуру нашей среды обитания. В связи с возможным увеличением потребления угля при переходе мировой экономики в «постнефтяную» стадию, выбросы сажи значительно возрастут.

Атмосфера и её состав

Скорость возрастания концентрации CO₂ в атмосфере не имеет исторических аналогов. Согласно Четвертому докладу МГЭИК по данным исследования кернов льда Антарктиды и Гренландии, сегодняшняя скорость роста концентрации парниковых газов в воздухе, больше, чем когда-либо за предыдущие тысячелетия. В соответствии с последними действующими климатическими моделями в течение ближайших 50 лет выбросы парниковых газов могут удвоиться.

Выше уже упоминалось о той закономерности, согласно которой при повышении температуры воды растворимость газов в ней увеличивается. При нормальных условиях нагрев воды с 5 до 10°C, уменьшает её способность растворять углекислый газ с 1.42 до 1.19⁸². Всего в Мировом океане растворено около 4*10⁴ гигатонн углекислого газа в пересчете на углерод. В атмосфере его сейчас приблизительно в 50 раз меньше. В первую очередь потепление затрагивает т. н. верхний однородный слой Мирового океана, где волны и термическая конвекция постоянно перемешивает воду. В этом слое содержится всего несколько процентов от всего углекислого газа в гидросфере, т.е. примерно столько же, сколько в атмосфере. Ниже этого слоя расположен слой скачка плотности. Через него обмен углекислым газом (как и любой обмен) между слоями происходит крайне медленно, с характерным временем порядка 500-1000 лет. Поэтому при сохранении нынешней циркуляции вод в Мировом океане прирост углекислого газа в атмосфере от уменьшения его растворимости не будет катастрофически сильным. Однако при нарушении нынешней системы течений, что может случиться в ближайшие десятилетия, перенос углекислого газа в атмосферу из глубин океана, где его запасы громадны, пойдёт быстрее.

Нужно сказать, что во времена теплых геологических эпох содержание углекислого газа в атмосфере Земли было много выше сегодняшнего. В мезозое оно, например, превышало современное приблизительно в 6-10 раз, выше очевидно было и содержание водяного пара. Вместе с тем глобальный климат тогда был теплее современного всего лишь на десять градусов. Дело в том, что тогда, как считается, меньшей была светимость Солнца, а значит и приток лучистой энергии к планете. Известно, что с тех пор светимость Солнца выросла приблизительно на 4%, а это весьма немало для влияния на климат. И увеличение в

⁸¹Эффекты «облачного жалюзи» особенно хорошо заметны летним днем и зимней ночью. Противоположный эффект на потепление облака оказывают (при частичной облачности в дневное время суток) и в зависимости от высоты своего расположения.

⁸²<http://www.chemport.ru/data/data15.shtml>

будущем содержания углекислого газа до таких же величин что и в мезозое приведет уже к большему увеличению температуры.

По данным МГЭИК к концу века глобальная температура воздуха может повыситься на 1.8-4.6°C. Такая широкая вилка есть результат наложения целого набора моделей будущего климата, в которых учитывались разные сценарии развития мировой экономики.⁸³ Известны и более жёсткие оценки роста глобальной температуры до конца века. Например, есть мнение о возможном повышении на 2-6°C, а местами – и до 10-15°C. За ориентир уместно принять прирост на 4°C.

Согласно новейшему докладу Европейского экологического агентства «Последствия изменяющегося климата» (сентябрь 2012 года) идет процесс ускоренного потепления, что привело ЕС к выводу о необходимости включения вопроса о климате в повестку дня переговоров о свободе международной торговли. Пессимистический прогноз⁸⁴ из США говорит о том, что жесткая климатическая политика и даже прекращение эмиссии парниковых газов уже не смогут полностью развернуть рост температуры приземной атмосферы. В ней их уже накоплено столько, что они и далее будут утеплять планету.

Согласно Четвертому оценочному докладу МГЭИК⁸⁵ ожидается, что в областях суши с избыточным увлажнением осадков станет больше, а в засушливых областях участятся засухи. В целом климат на планете станет более влажным.

По оценкам ЮНЕП Ежегодный экономический ущерб от повышения глобальной температуры на 2.5°C составит 1-2% мирового ВВП. Результатом станут серьезные эколого-экономические и социальные изменения планетарного масштаба.

Океан

Как уже было сказано, самые большие климатические сдвиги происходят и будут происходить в северных полярных областях планеты, а арктические льды останутся важнейшим показателем состояния климата Земли, и одновременно фактором формирования климата. Толщина и площадь арктических льдов продолжит уменьшаться, как и таяние вечной мерзлоты. Результатом могут стать, в частности, ощутимые изменения циркуляции вод Мирового океана. Для морской деятельности должны наступить новые времена. Кто-то ожидает, что для Арктики они могут стать благоприятными из-за облегчения ледовой обстановки. Но это, скорее всего, поверхностное суждение. Что же до морской среды и морской деятельности в намного более обширных водах низких широт, окружённых густонаселёнными областями, то там последствия не предвещают ничего хорошего. Прежде всего, потому, что все происходящие теперь в климатической системе явления ведут к повышению уровня Мирового океана.

Ожидаемое повышение уровня океана потребует серьезных капитальных затрат на возведение берегозащитных сооружений, обернется потерей прибрежных земель и ростом размеров урона от наводнений⁸⁶. Нидерланды, Великобритания, малые островные государства Океании и Карибского бассейна подпадут под угрозу затопления. В России, согласно прогнозу Росгидромета в течение 20 лет будут подвергаться затоплению многие прибрежные города, и в их числе Санкт-Петербург, Владивосток и Мурманск⁸⁷. Кроме этого участятся высокие приливы и ветровые нагоны, усилятся размыв берегов. Стоимость защиты

⁸³<http://www.climatechange.ru/node/117>

⁸⁴Geophysical Research Letters, march 2011

⁸⁵<http://www.global-climate-change.ru/index.php/ru/climate-rf/78-about-climate-rf/179-odrf>

⁸⁶dinos.ru/articles/322.htm

⁸⁷vk.com/wall-5608669_786601

прибрежных территорий к 2040 году по прогнозам будет от 26 до 89 миллиардов долларов⁸⁸ в зависимости от уровня океана (доклад ГЭП-5 о тенденциях и перспективах глобальных изменений окружающей среды, см. полный текст). Согласно докладу Колумбийского и Корнельского университетов, Нью-Йорк может оказаться под водой в результате сильного урагана. И вот в октябре 2012 года ураган Сэнди дал образ грядущих наводнений. Предыдущий прогноз был более оптимистичен: он отодвигал катастрофу на сотню лет.

Перестройка глобальной циркуляции

Согласно «Арктическому отчету» NCDICC (Национального центра снега и льда США) сегодня в северном полушарии работает новая климатическая схема («теплая Арктика - холодный континент»). Усиливается меридиональная составляющая переноса воздушных масс, отчего в низких широтах чаще случаются необычные явления погоды, например, снегопады в субтропиках. Впрочем, одновременно погодные аномалии должны стать чаще и в высоких широтах, где их реже фиксируют наблюдения. Это мощная, континентального размаха, перестройка атмосферной циркуляции представляет собой пример последствий потепления, выявленный благодаря тщательному исследованию. Несомненно, что пример не единственный.

Наблюдающаяся перестройка климата более заметна в атмосфере и в криосфере, чем в океане. Океан неподатлив к переменам и представляет собой устойчивую основу всей климатической системы планеты. Грубо оценивая физические константы воды и приводного воздуха, можно сказать, что, способность атмосферы повлиять на океан в несколько раз, если не на порядок, меньше, чем способность обратного влияния океана на атмосферу. Но оживление обмена теплом и влагой между атмосферой и океаном должно отразиться и на нём. Причём отклик океана на перемены в атмосфере, как полагают, не ограничится теми явлениями, которые были здесь названы выше. Вполне возможно, что за перестройкой атмосферной циркуляции станет перестраиваться и циркуляция вод. Представляя себе колоссальную инерцию океана, в это трудно поверить. Поэтому сценарии со сменой системы основных морских течений кажутся алармистскими. Тем не менее, их составляют, распространяют и обсуждают.

В качестве основного предмета таких построений, избирается, разумеется, Гольфстрим и весь круговорот вод Северной Атлантики и Арктики, определяющий климат Европы. Делается допущение, что вследствие смягчения климата высоких широт, холодные воды, которые выносятся течениями из Арктики в Атлантику, станут преснее и теплее, а, значит и легче. То есть, высказывается опасение, что если плотность холодных полярных вод станет снижаться и дойдёт до определённого уровня, то они могут воспрепятствовать проникновению теплого течения Гольфстрим⁸⁹ к Европе⁹⁰. Если бы это произошло, то в Европе стало бы холоднее на 5-10°C. Иначе говоря, Западная Европа оказалась бы в тех же климатических условиях, в каких теперь живёт Восточная Канада или Восточная Европа. Однако при таком развитии событий на материках не смогли бы формироваться мощные зимние антициклоны. Соответственно, оживился бы перенос воздушными потоками тепла в высокие широты. В нашем случае важно то, что ослабел бы тот самый зимний сибирский антициклон, который всегда мешает переносу тепла на север России.

⁸⁸<http://www.lesovod.org.ua/node/14177>

⁸⁹ На самом деле к берегам Европы подходит не Гольфстрим, а его продолжение, Северно-Атлантическое течение. Но для простоты этим уточнением можно пренебречь

⁹⁰ На самом деле глобальное потепление, коль скоро оно станет продолжаться, должно поднимать температуру и снижать плотность как полярных, так и тропических вод. Поэтому разность плотности между ними не должна измениться столь радикально, чтобы отвести Гольфстрим от его пути.

Есть модели, которые ставят судьбу Гольфстрима и Северо-Атлантического течения – через всю цепь климатических последствий парникового эффекта в атмосфере – в зависимость от объёма CO_2 в воздушной оболочке Земли. Эти течения, как утверждают, перестанут существовать в их нынешнем виде, когда углекислого газа в воздухе станет в два-четыре раза больше, чем было до индустриализации. Это может случиться уже к середине текущего столетия, если верить некоторым (в том числе и МГЭИК) сценариям грядущих выбросов углекислого газа⁹¹. Другая модель этого рода предсказывают постепенное замедление этих морских течений при постоянном росте количества углекислого газа в воздухе на 1% в год (таков этот рост в настоящее время). В рамках этих представлений полное прекращение переноса воды этими течениями должно наступить в примерно при тех же, названных выше условиях, когда, объём углекислого газа в воздухе превысит свою доиндустриальную величину более чем в 2.5 раза. При более быстром росте (что верно уже для ближайшего будущего, в связи с довольно быстрым наращиванием роста потребления энергии), разрушение Северо-Атлантического течения происходит уже при концентрации углекислого газа в атмосфере, превышающей доиндустриальную в 2.3 раза. Некоторые специалисты предсказывают, что уже к 2030 году может произойти уменьшение общего атлантического переноса на 25% и полное отключение циркуляции в Лабрадорском море, которое является одним из двух крупнейших центров формирования глубинных холодных вод в Северной Атлантике.

Ещё одно пугающее последствие изменения климата может быть выведено при следующих ниже предположениях. Если выйдет так, что теплые воды уже не станут течь в высокие широты, то будут при испарении отдавать больше влаги атмосфере. Если эту попавшую в воздух влагу ветры будет уносить к полюсам, не давая ей вернуться с дождями в моря низких широт, то солёность и плотность вод верхнего слоя в этих местах возрастёт. Если так, то они смогут погружаться, неся с собой в глубину тепло и вытесняя в атмосферу растворенный в холодных глубинах океана углекислый газ.

Разрушение гидратов метана

Высказываются опасения по поводу поведения залежей гидратов метана⁹² при нарастающем потеплении. Их запасы плохо учтены. Также не очень хорошо может быть учтены условия разрушения этих клатратов и выделения метана в воздух. Оценка даёт для условий суши прирост концентрации метана в воздухе приблизительно в 10% на каждый градус потепления в данной местности⁹³. Что до моря, то есть опасения, что разрушение подводных залежей гидратов метана, откуда он уйдёт в воздух, может резко повлиять на климат. И произойдёт это из-за повышения температуры воды в приполярных морях на глубинах в несколько сот метров. Более того, некоторые расчеты предрекают, что

⁹¹Если таяние ледников пойдет лавинообразно, то в некоторых прогнозируемых вариантах Гольфстрим «развернется», устроив – в ходе быстрого потепления – «ледниковый период» в Европе. Согласно моделям Института вычислительной математики (РАН) и Государственного океанографического института (Росгидромет) в настоящее время Северный Ледовитый океан распресняется, и сброс этой воды в Северную Атлантику может привести к похолоданию климата в ее прибрежных странах (Поиск, 2012, 13.04. с.10).

⁹²Метангидраты или клатраты метана это лед, в кристаллическую решётку которого встроены молекулы метана. Залежи метангидратов в зонах вечной мерзлоты и в донных осадках на арктических материковых отмелях огромны. Они находятся в метастабильном состоянии, и станут разлагаться при повышении температуры, когда лёд будет таять.

⁹³Это важно для таких «земных» его источников как увеличение интенсивности микробиологических процессов в северных болотах и на рисовых полях.

разрушение части донных залежей гидратов метана возможно уже вследствие отклика на потепление⁹⁴ в его нынешних размерах.

Единовременное выделение метана из клатратов способно серьезно увеличить глобальную температуру планеты. Но конечно такого не будет. По мере поступления CH_4 в атмосферу, он будет удаляться из нее путём химических реакций в атмосфере и за счёт поглощения почвенными бактериями. Весь вопрос в скорости удаления. В настоящее время сток метана из атмосферы почти равен его притоку в атмосферу. При значительном увеличении притока метана в атмосферу по названным выше причинам, равновесие нарушится, и начнётся накопление метана в атмосфере⁹⁵. Тогда неизбежно положительные обратные связи в климатической системе обеспечат потепление сверх нынешних прогнозов МГЭИК. МГЭИК, при условии непринятия правильных мер защиты, прогнозирует рост температуры приземного воздуха почти на 6°C через сто лет. Обогащение воздуха метаном приблизит этот. Повышение температуры на 10°C произойдет ненамного позже⁹⁶.

3.2. Вопрос об ограничении выбросов углекислого газа в атмосферу

Эколого-экономический анализ изучает стратегии, которые будут балансировать издержки действия с риском бездействия. И почти все исследования в этой сфере поддерживают немедленное ограничение выбросов парниковых газов, хотя и с трудом могут ответить на сложные вопросы о том, насколько и как быстро.

Чтобы добиться вероятности 50% удержания «запланированного» повышения температуры планеты на уровне не выше 2°C (по отношению к доиндустриальному уровню) требуется, как выше упоминалось, стабилизация к 2015 году концентрации парниковых газов на уровне 450 ppm CO_2 -экв⁹⁷. Удержание концентрации диоксида углерода на уровне 550 ppm CO_2 -экв повысит вероятность преодоления двухградусного порога до 80%. Однако многие сценарии указывают на реальную возможность достижения концентрации ПГ на уровне 750 ppm CO_2 -экв, что может привести к повышению уровня МО на 4-5 метров. Чтобы избежать этого, углеродный глобальный бюджет должен составлять 14.5 Гт CO_2 -экв/год. В настоящее же время в атмосферу выбрасывается вдвое больше. И самое неприятное состоит в том, что объем выбросов парниковых газов все время увеличивается, причем так скоро, что потолок «углеродного бюджета» может быть преодолен уже к началу сороковых годов XXI века⁹⁸. То есть мы аккумулируем в атмосфере непогашаемые «экологические долги», которые обрекают следующие поколения на тяжелую жизнь.

Согласно исследованиям NOAA, даже самые решительные меры по противодействию изменению климата (полное сокращение выбросов CO_2 -экв) не остановят процесс

⁹⁴ Довольно сложен учет разрушения залежей метангидратов, что может повлиять на климат очень быстро и очень сильно. Метан сильный парниковый газ, его способность поглощать инфракрасное излучение в 21-23 раза выше таковой у углекислого газа. Метан, в совокупности с некоторыми другими газами, постепенно закрывает еще остающийся после действия водяного пара и углекислого газа «островок прозрачности» в спектре поглощения земной атмосферы.

⁹⁵ Кстати, при повышении температуры и таянии вечной мерзлоты, заметно увеличится и поток углекислого газа в атмосферу, причем выделение тепла при окислении органики будет еще более усугублять разрушение вечной мерзлоты.

⁹⁶ Раньше изменения температуры воздействовали на метангидраты, но они были довольно медленными и незначительно увеличивали поток метана в атмосферу. При этом, вероятно, он большей частью успевал выводиться из атмосферы, и его накопления были весьма низки, но сегодня, скорее всего, поток метана от быстрого разложения метангидратов значительно превысит пропускную способность механизмов его вывода из атмосферы, что приведет к самым тяжелым последствиям.

⁹⁷ Это общий эффект всех парниковых газов, эквивалентный эффекту данного количества CO_2

⁹⁸ «Развитие человека в 2007/2008 году». - ПРООН. «Весь мир». 2007. С.14

глобального потепления, *ставшего необратимым*, и климатические тенденции дня сегодняшнего сохранятся в течение ближайшей тысячи лет. Уровень Мирового океана продолжит свой подъем, мощь, частота ураганов, наводнений и засух будут расти, и человечество будет вынуждено приспосабливаться к недостатку пресной воды, росту эпидемий и голоду, который будет угрожать половине населения Земли, живущего в низких широтах.

Аналогичные результаты были получены во Франции и Швейцарии⁹⁹. Там тоже сочли, что точка невозврата уже пройдена и даже если сегодня полностью остановить выбросы парниковых газов (это, к тому же, и невозможно), то климат и за тысячу лет уже не вернет себе свой былой облик из-за тепловой инерции океана. Резкое и быстрое изменение климата положило начало внедрению практического толкования (до этого были лишь ученые писания) окружающей среды как «дефицитного блага», выраженного в разработке критериев экономических оценок окружающей нас среды. Ибо одна их важнейших задач экономики состоит в изучении поведения потребителя и производителя в условиях дефицита. Пересматривая эффективность прежних правил по отношению к распределению не производимых человеком многофункциональных ресурсов окружающей его среды. Интегрируя в экономику экологические элементы и концепции, что создает, скажем так, как бы новое направление – «экологическую экономику».

Такой подход ведет к кардинальному изменению перспектив системы ценностей. Новая «экологическая экономика» предполагает подчинение объектов окружающей среды рыночной логике и ее цель состоит во включении экономики в экологическое регулирование. И если предметом изучения традиционной макроэкономики является оборот «богатства» внутри экономической системы, то идея «экологической экономики» состоит в том, чтобы распространить этот макроэкономический подход на экологические проблемы. Тут ставится вопрос о сосуществовании экономической и экологической систем и, следовательно, об оптимальном размере экономики, т.е. рациональных границах экономической системы, не угрожающих благосостоянию индивида вследствие деградации среды обитания.

В ряде «экономических» моделей прогнозы делаются исходя из перспективы уровня благосостояния и роста населения, объема производства, потребления, накопления, процентных ставок, выбросов парниковых газов, скорости изменения климата, ущерба от изменения климата, которые будут иметь место без ограничительных мер на выбросы парниковых газов. Этот подход не способствует социальной желательности распределения дохода в пространстве и времени существующих условий. Расчеты изменений мирового благосостояния в зависимости от эффективной стратегии изменения климата проверяют потенциальные улучшения в контексте существующего распределения дохода и инвестиций в пространстве и времени. Так как этот подход относится к дисконтированию, требуется внимательно анализировать доход в процентах на инвестиции - на настоящую реальную процентную ставку - как основы для климатических инвестиций в борьбу с глобальным потеплением.

Допустимые процентные ставки, предлагаемые рядом западных экономистов, вряд ли способны определить подходящую учетную ставку для использования в финансовом рынке и рынке капитала, устраивающую главных «загрязнителей» - Китай, США, Индию, да и другие страны мира. При оценке своей выгоды в международных договорах по ограничению выбросов и распределению затрат, они будут искать фактическую выгоду от договоров и прибыль от них относительно других инвестиций, а не прибыли согласно теоретической модели роста.

⁹⁹ «Proceedings of National Academy of Science». September 2009, <http://www.pnas.org/content/106/39/16539.full?sid=1e5d81c9-adbc-4440-972f-b34f16110646>

Видимо разумнее было бы все же придерживаться этического понятия, заключающегося в том, что каждое поколение должно оставить, по крайней мере, столько же общественного капитала (материального, природного, человеческого и технологического), сколько оно унаследовало. Это позволит допустить широкий диапазон учетных ставок во времени. Альтернативой может стать следование такому подходу, согласно которому мировое сообщество максимизирует экономическое благосостояние самого бедного поколения. Этический подтекст этой политики заключается в том, что современное потребление должно резко увеличиться, чтобы отразить прогнозируемые будущие улучшения в продуктивности.

Другим подходом мог бы служить принцип предосторожности, в котором общество максимизирует минимальное потребление при самом рискованном пути - это может включать «вакцину» накопления запасов, зерна, нефти и воды при предположении возможных следствий изменения климата. Дальнейшие перспективы могут учитывать экологические значения в дополнении к антропоцентрическим значениям.

Итак, дальнейшее глобальное потепление грозит обернуться тяжелыми последствиями для человечества. И мир, казалось бы, наконец-то приступил к серьезной борьбе с причинами искусственного изменения климата¹⁰⁰. Причем к борьбе новыми методами - экономическим стимулированием путем введения «углеродного налога», призванного снизить (или хотя бы стабилизировать) поток парниковых газов в атмосферу. При этом особенность «углеродного налога» состоит в том, что он привязан не к товару, а к тому нежелательному воздействию, которое создаётся его использованием (см. «Приложение. Киотское соглашение»).

Введение такого налога можно рассматривать как плату за пользование природными ресурсами. Увеличивая эту плату, мы тем самым подталкиваем экономику к переходу на «зеленые рельсы» - к энергосберегающим технологиям и «чистым» видам энергии. Принципы налогообложения, в рамках которых действует «углеродный налог», означают смещение приоритета в общей налоговой системе в сторону экологических требований. И результат его введения обеспечивается материальной мотивацией, побуждающей конечного потребителя к регулированию объемов своего спроса в зависимости от изменения цены на товар.

Еще одной отличительной чертой нового механизма может явиться его универсальность по отношению к субъектам налогообложения. «Углеродный налог» - уникальная мера, действие которой распространяется на все экономические объекты, включая как «домашний» сектор, так и, скажем, транспортный, не говоря уже об энергетическом.¹⁰¹ И потому требуется введение новых норм строительства, стимулы, ссуды, которые поддержат экологически рациональные инвестиции.

Углеродный рынок

Другим важным направлением перестройки мировой экономики в условиях изменения климата стало создание углеродных рынков с их «механизмами гибкости». Так стали выполняться проекты совместного осуществления механизмов чистого развития и торговли квотами на выброс парниковых газов. Механизмы эти действуют пока до 2013 года,

¹⁰⁰ Правда, сделан был только первый практический шаг, принят Киотский протокол, всего лишь проба пера, примерка и моральная подготовка.

¹⁰¹ Сохранение энергии - серьезный источник уменьшения выбросов парниковых газов. На отопление и вентиляцию зданий приходится около трети таких выбросов в Европе, а в России и того более. А так как дома плохо утеплены, то часть выбросов тратится зря. Для уменьшения потерь можно сократить энергопотребление в зданиях и/или перейти на низкоуглеродные виды топлива, в том числе и возобновляемые источники энергии (солнечные батареи, биотопливо, ветряки, и т.д.).

после чего ожидается принятие новых международных соглашений, возможно в иной (смешанной) форме, смягченной в области реализации экологических требований из-за растущих национальных амбиций и неопределенности эколого-экономических прогнозов. Что подвигает ряд ведущих стран-эмитентов к переводу стрелок на региональные и национальные рельсы. Подобный переход будет означать растущее недоверие к международным мерам воздействия (как они были обозначены Киотским протоколом) и принятие новой политики в условиях надвигающейся и, видимо, неизбежной угрозы качественного сдвига (ухудшения) условий существования человечества. В области международной политики экономическая помощь, скорее всего, сохранится в острейших проблемных отраслях мировой экономики, а именно, в части обеспечения людей водой и едой.

Сбережение энергии

Сокращения выбросов парниковых газов можно достигнуть за счет повышения эффективности использования энергоресурсов, сокращения утечек тепла и топлива, технического перевооружения энергетического комплекса, перехода на более безопасные виды топлива (например, с мазута на газ), сбережения лесов и т.д. И за счет замедления расходования ископаемого топлива. Эти меры должны быть дополнены развитием альтернативных, экологически чистых технологий получения энергии. Все это рано или поздно пришлось бы делать, и даже если в итоге выяснится, что принятые меры противодействия потеплению не оказали никакого влияния, польза от них все равно, в конечном итоге, превысит понесенные убытки.

Существует набор различных (причем «параллельных») стратегий в области уменьшения выбросов парниковых газов и стимулирования инноваций в области использования энергоэффективных и/или возобновляемых источников энергии. Оптимальная (не универсальная - ибо каждый регион столкнется со своими проблемами) политика предполагает набор различных инструментов, хотя относительные цены различных политик в отношении уменьшения выбросов парниковых газов (в основном углекислого газа) зависят от параметров объема ограничений на эти выбросы и целей таких ограничений.

Ранжировка приоритетов ограничений может быть представлена следующим образом: цена пошлин на выбросы; соответствие принятым стандартам на выбросы; налог на использование минеральных источников энергии; доля возобновляемых источников энергии в общем ее потреблении; субсидии на использование возобновляемых и новых источников энергии¹⁰².

К этому перечню следовало бы добавить и поощрения за введение энергосберегающих технологий. Оптимальное сочетание этих ограничений и поощрений должно стоить много меньше более простой, но агрессивной, политики ограничения выбросов ПГ. Оптимальная стратегия борьбы с антропогенной составляющей климатических катаклизмов включает в себя учет цен на выбросы парниковых газов и субсидирование использования возобновляемых источников энергии, энергосберегающих и новых, «прорывных» (незагрязняющих) технологий.

Ещё раз - борьба с ИК требует (требовала!) серьезного пересмотра способов производства и потребления энергии. Чтобы избежать (если это вообще возможно) катастрофических последствий глобального потепления, к 2050 году необходимо вдвое по сравнению с 2000 годом сократить выбросы CO₂-экв и достичь этого при постоянном росте населения Земли и производства. Ситуация, казалось бы, почти тупиковая. С одной стороны в свое время заявленная ООН стратегия распространения на население всей планеты

¹⁰² J. Of Environmental Economics and Management - 2008. n.5, pp. 142- 162

жизненных стандартов хотя бы несколько приближенных к таковым у промышленно развитых стран. А с другой стороны для этого потребуется столько энергии, что использование углеводородного топлива приведет к таким изменениям в природе, которые будут нести угрозу жизни населению планеты и, в первую очередь, жизни населения именно развивающихся стран. Впрочем, приоритет второй цели очевиден.

И потому необходима разработка долгосрочной энергосберегающей и энергетической стратегии. В первую очередь нужно определить приоритетные направления энергетической политики - рост энергетической эффективности, повышение доли возобновляемых источников энергии, экономное ее потребление. Кроме того, поскольку каждый вид энергетического обеспечения имеет свои недостатки и достоинства, необходимо уже сегодня (вчера) готовиться к регулярным пересмотрам их классификации с точки зрения рисков, социальной доступности и стоимости. То есть речь идет о скоординированной на мировом (а перед тем- региональном?) уровне энергетической политики, в основе которой лежат обозначенные выше приоритеты, предупреждающие глобальное потепление.

Отсюда вопрос: что же следует считать опасным? Однозначного ответа на него нет, да сегодня - завтра и быть не может. Поскольку само понятие опасности относительно, причем не только согласно научным воззрениям, но и «регионально» (локально), ментально и т.д. - отсюда и многочисленные споры. Но все это вопросы в основном по поводу причин резкого климатического «сбоя» - для человечества, естественно. Отрицать антропогенное воздействие (вот только в какой мере?) на климатическую систему уже мало кому удастся. Процесс запущен, остановить его возможности нет –«точка невозврата» пройдена. Единственное, что можно сделать - это приостановить отрицательное воздействие и адаптировать человечество к климатическому (а, возможно, и экономическому) ужесточению условий жизни. Причем серьезные действия надо (было?) предпринимать незамедлительно. Вопрос в том кто, когда и сколько должен платить за сокращение выбросов парниковых газов? Нужно определиться и с тем, какое их количество в атмосфере следует считать приемлемым. Максимум выбросов будет достигнут, видимо, к 2015 году. Потом необходимо сокращать их на 2-3% в год для того, чтобы к 2050 году добиться их снижения на 70-80% от современного уровня. Исходя из данных последних исследований, содержание этих газов в атмосфере установится к 2050 году на уровне около 550 ppm CO₂-экв., что соответствует глобальному потеплению на 2°C. Стабилизация на более высоком уровне чревата катастрофическими последствиями, на более низком - сопряжена с чрезмерными затратами на сокращение выбросов

3.3. Последствия для общества и экономики

Эволюционное изменение климата стало революционным. На повестке XXI века - реанимирование теории глобальных катастроф, пугающей необъяснимой сменой магнитных полюсов, испарением озонового слоя, гигантскими извержениями вулканов, падением громадных метеоритов и быстро набирающим силу потеплением. Последняя угроза реальна и доказана - отсюда наша убежденность в том, что человечество обязано любыми средствами её предотвратить. Любыми и в том числе приостановкой дальнейшего потребления, что должно быть связано с духовным преображением человека.

Возможный набросок на будущее выглядит так: меняется климат, идёт глобальное потепление, тают льды, океан наступает на берега, климатические пояса сдвигаются к

полюсам, циркуляция атмосферы усиливается, то есть чаще случаются бури, засухи, ливни и потопы.¹⁰³

Что нас ожидает? Прогнозы неутешительны: отрицательные результаты потепления будут ощущаться почти повсюду. Более того, установлено, что планета нагревается быстрее, чем предполагалось ранее, и именно человечество несет за это ответственность. Ну а последующие исследования, как будет показано далее, указывают на ускорение роста глобальной температуры, не предусмотренное докладом МГЭИК. При этом в большинстве континентальных регионов «волны тепла» станут еще более частыми, что приведет к уменьшению хронологических и географических температурных градиентов. Еще одно следствие ИК - увеличение ветровой активности и интенсивности тропических циклонов.

Согласно большинству прогнозов в течение ближайшего времени приповерхностная температура атмосферы на 2°C превысит уровень 1990 года, что может серьезно изменить «социоклиматический» облик планеты¹⁰⁴. Глобальное потепление приведет к резкому учащению катастрофических ливней. Все более возрастающая непредсказуемость погоды будет подтверждать климатический катаклизм для человечества. Будет больше тепла, больше энергии, больше воды в атмосфере, еще более активизируются атмосферные процессы, амплитуда колебаний температуры станет тоже много больше.

Изменение климата из чисто научного вопроса давно уже превратилось в одну из самых острых проблем мировой экономики и политики. Международные переговоры по этому предмету стали ареной борьбы государств - борьбы, определяющей расстановку экономических и политических сил в мире на десятилетия, если не на весь XXI век. С глобальным потеплением связан непосредственный ущерб (реже выгода) для экономики в результате трансформации хозяйственной деятельности в том или ином регионе.

Рассматривая вопрос о влиянии, а лучше сказать, о последствиях глобального потепления на жизнь человечества, нужно иметь в виду два вида потерь. Одни из них придется понести от прямого воздействия неблагоприятных природных условий на всю среду нашего обитания. Другие потери будут ценой усиленной борьбы за недопущение этих неблагоприятных условий. Сравнение предполагаемых затрат на сокращение выбросов парниковых газов и экономических потерь от негативного воздействия ИК дает лишь приблизительный ответ на вопрос - на сколько следует сократить выбросы и как быстро. Приблизительный, ибо точного ответа на этот вопрос не существует, есть лишь более или менее убедительные гипотезы. Однако останавливать (стабилизировать) ухудшение климата необходимо даже в условиях не совсем полной определенности.

Возникают естественные вопросы: каким образом изменение климата будет сказываться на мировой экономике, и какие меры следует предпринять для снижения его потенциально нежелательных последствий?

Следует признать, что предложено множество рецептов. Налицо путаница. Согласно большинству результатов научных исследований человечество пока еще имеет возможность приостановить глобальное потепление, если оно имеет антропогенного происхождения.

¹⁰³ Прогнозы весьма противоречивы - то ли нам следует вскоре за потеплением ожидать похолодания, то ли ГП в любом случае будет продолжаться. И все же подавляющее большинство исследователей расходится лишь в оценках его продолжительности: климатологи и специалисты многих иных отраслей науки склонны считать, что оно затянется еще минимум на несколько сотен или тысяч лет и лишь астрономы (отстаивая свое предназначение и ...субсидирование?) предсказывают скорое уменьшение солнечной активности и возврат к похолоданию уже после 2020 года.

¹⁰⁴ Потепление на 2°C относительно безопасно, тревогу вызывает возможный рост средней глобальной температуры на 4-5°C. Но безопасно именно «относительно», ибо даже на этом уровне вполне реально разложение субарктических торфяных почв, высвобождение метана и вслед за этим быстрый рост температуры воздуха.

Влияние человека на изменение климата может сводиться, в основном, к ограничению эмиссии CO₂. Остальные парниковые газы либо довольно быстро выводятся из атмосферы, как метан, либо ограничены пределом насыщения, как водяной пар. Однако заметим, что масштабные преобразования экономики для стабилизации климата (скажем, переход к атомной энергетике) займут десятилетия, а это примерно то время, за которое изменения климата выйдут на качественно новый уровень. На поиски защитных мер почти не осталось времени, не говоря уже о времени на их осуществление. Заметим при том, что разработка таких мер крайне затруднительна из-за большой неопределенности современных прогнозов и, соответственно, оценки возможного экономического ущерба.

Согласно оценке экспертов из нескольких неправительственных европейских организаций (DARA group и Climate Vulnerable Forum) потепление, если оно сохранит свою скорость, к 2030 году обернется сокращением годового мирового ВВП на 3.2%, в наименее же развитых странах убытки составят до 11% от их ВВП. К 2100 году потери мировой экономики по названной причине могут составить 20% от мирового ВВП. Оценка потерь проводится по двум сценариям: с учетом мер противодействия и без них. В последнем случае только рыночная составляющая дает потерю 5% от мирового ВВП. Учет вторичных воздействий доводит их до 14%. Объединение же всех трех категорий воедино показывает на возможное падение уровня жизни к концу этого столетия на 20% от сегодняшнего. Согласно докладу, подготовленному в 2012 году гуманитарной организацией DARA по заказу правительств двух десятков развивающихся стран, изменение климата серьезно скажется на мировой экономике. Уровень промышленного производства будет ежегодно падать на 1.6 % или на \$1.2 трлн. в год. К 2030 году потери от изменения климата удвоятся по сравнению с сегодняшним днем, а до 2100 году превысят 10% ВВП. При этом отказ от углеводородов обойдется в 0.5% мирового ВВП до конца нынешнего десятилетия.

Потери от изменения климата в случае удвоения эмиссии углекислого газа по сравнению с 1990 годом составят (в млрд. долларов в год) для Европы - 63.6 (1.4 % ВВП), США - 61.0 (1.3 % ВВП), территории бывшего СССР - 18.2 (0.7% ВВП), Китая - 16.7 (4.7% ВВП), Ю. Азии - 53.5 (8.6% ВВП), Африки - 30.3 (8.7% ВВП), Латинской Америки - 31.0 (4.3% ВВП). В целом для мировой экономики ожидаемые потери составят 1.5- 2 % ВВП или около \$ 300 млрд. в год¹⁰⁵. Исследователи предсказывают довольно короткие сроки разогрева Земли. Если несколько лет назад это время оценивалось в 100 и более лет, то сегодня, с учетом скорости процессов, многие эксперты приблизили срок уже до 2020 года. По некоторым оценкам, Европа из-за глобального потепления уже сейчас теряет ежегодно около \$20 млрд.¹⁰⁶

Россия в краткосрочной перспективе, где применима линейная экстраполяция, поначалу выигрывает от потепления, так как станет короче отопительный сезон, увеличится период вегетации. Но преимущества будут ощущаться лишь до достижения критического порога повышения температуры на 2-3°C (в арктическом регионе 5-6°C). При этом серьезно возрастает потребление энергии кондиционерами и по некоторым расчетам они съедят до 40% снижения затрат на отопление, см. доклад Штерна об экономике изменений климата¹⁰⁷. Кроме того засухи изгонят традиционные сельскохозяйственные культуры (им надо было уже вчера искать замену на жароустойчивые виды). Гидрометеорологическая служба России предупреждает о том, что до 2050 года число опасных природных явлений возрастет вдвое

¹⁰⁵ Е. Житницкий "Общие проблемы постиндустриальной эпохи"- Московский общественный научный фонд. ИМЭМО РАН. М., 1999, Б. Фомин "Глобальное изменение климата и экономика" - <http://www.archipelag.ru/agenda/geoklimat/economic-aspect/climate/>

¹⁰⁶ <http://www.worldwarming.info/article372.html>

¹⁰⁷ http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf

(см. выше). По оценкам МЧС России, прямые потери от изменения климата составляют более 100 млрд. рублей в год. Засухи повлияют и на гидроэнергетику. ГЭС России будут испытывать недостаток воды. Согласно прогнозам МЭА (ноябрь 2012 года) Россия и к 2035 года останется страной с преимущественно сырьевой экономикой и даже по самому позитивному сценарию страна будет отличаться одним из самых высоких уровней выбросов CO₂ на душу населения. То есть в лучшем для России случае ущерб её экономике будет идти в ногу с ростом ВВП, если он действительно будет расти. На что надежды мало.

Возникает дилемма. Выгоды от дорогостоящих мер для предотвращения потепления не вполне ясны и, видимо, будут получены будущими поколениями, в то время как затраты требуются уже сегодня. Издержки бездействия, скорее всего, носят необратимый характер и ударят, прежде всего, по развивающимся странам. Понятно, что серьезная забота об окружающей среде тормозит рост экономики, однако исключение природы из сферы наших интересов грозит возмездием. Оно скажется на экономическом росте как прямо, так и косвенно - ростом болезней, снижением урожайности, тотальной миграцией населения, и т.д.

Ущерб от изменения климата разделяют на три категории:

- 1) рыночные воздействия или те, что можно смоделировать для секторов, где уже имеются цены и рынки (например, сельское хозяйство и энергетика);
- 2) внерыночные, как то прямое влияние на окружающую среду, ее флору и фауну, на здоровье человека, где нет разработанных методов оценки и рыночных цен (стоимость жизни человека, вымирания отдельных видов и т.д.);
- 3) социальные катастрофы, которые сводятся к вторичным эффектам от природных бедствий (миграция, конфликты, и т.д.).

Но воздействие быстрого изменения климата на мировую экономику идёт не только прямо, то есть через изменение условий жизни и хозяйственной деятельности. Существуют другие проявления опосредованной взаимосвязи климатических и глобальных экономических процессов. Одним из них может стать воздействие изменение климата на науку и технику, грядущий рынок в продвижении зеленых технологий. Он захватит многие отрасли мировой экономики: энергетику, сельское хозяйство, машиностроение и пр. Будут внедряться технологии двойной выгоды. Средства борьбы с глобальным потеплением, наряду с достижением экологических целей, позволяют достичь и некоторых экономических успехов, причём вовсе не под воздействием углеродного налогообложения. Идея использования таких технологий в свое время легла в основу антикризисного плана США под названием «Создание рабочих мест с использованием чистой эффективной американской энергетики»¹⁰⁸, принятого в 2009 году. Следование идее двойной выгоды уже привело к тому, что даже в период кризиса общий мировой объем «зеленых» инвестиций достиг в 2009 году \$500 млрд¹⁰⁹. Заметим впрочем, что экономический кризис в последнее время является скорее позитивным явлением для решительных изменений в экономике. Финансово - экономический кризис, нанеся удар по традиционным отраслям мировой экономики, похоже, подтолкнёт к поиску новых решений, в том числе в области продвижения «зеленой» экономики. Среди многих её направлений будет освоение возобновляемых источников энергии: атомной, солнечной, ветровой, биотопливной и пр.

¹⁰⁸ Create jobs with clean, efficient, American energy

¹⁰⁹ Robins N. Clover P., Singh C. A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green. HCBC Global Research, 2009.
http://globaldashboard.org/wp-content/uploads/2009/HSBC_Green_New_Deal.pdf

Свои планы развития таких направлений к 2020 году разработали уже более девяти десятков стран¹¹⁰.

Угроза для экосистем

Экосистемы планеты уже начали реагировать на глобальное потепление. Мигрирующие виды птиц стали раньше прилетать весной и позже улетать осенью.

При повышении температуры приземной атмосферы до 1°C, прогнозируется изменение видового состава леса, являющегося естественным накопителем углерода. При этом переход от одного типа леса к другому будет сопровождаться выделением большого количества CO₂. Не исключен и взрывной рост токсичных водорослей в морских водах, что приведет к гибели животных, составляющих более высокие звенья пищевой цепи, а следовательно - к серьезным потерям морского рыболовства.

В целом же увеличение глобальной температуры приземного слоя атмосферы только на 1°C грозит вымиранием каждому третьему биологическому виду¹¹¹, поскольку условия их обитания будут меняться быстрее адаптации биоты к этим изменениям. Среди видов, которым серьезно угрожает ИК - белый медведь, бенгальский тигр, кораллы, кенгуру, пингвины и др.¹¹²

Особо следует упомянуть ущерб для лесов. Усыхание лесов считают одним из наиболее очевидных последствий изменения климата. Оно наносит огромный ущерб лесному хозяйству и создает угрозу катастрофических лесных пожаров, которые не только наносят ущерб природе, но и уничтожают запасы ценной древесины, являющейся сырьем для деревообрабатывающей и лесохимической промышленности¹¹³.

Изменение климата уже привело к увеличению продолжительности пожароопасного периода. Так в средней полосе России он за последнее время уже увеличился примерно на месяц¹¹⁴. Пожары выбрасывают в атмосферу большое количество CO₂. Получается замкнутый круг: выделяемые при пожарах углекислый газ усиливают изменение климата, а то в свою очередь вызывает рост количества пожаров. Потери леса от лесных пожаров и от засух, отчасти будут уравновешены более интенсивным ростом лесов вследствие увеличения концентрации CO₂ и продвижением лесной зоны в более высокие широты. В целом оценки МГЭИК годовых потерь в лесном хозяйстве очень неопределенны и находятся на уровне \$2 млрд.

Водные ресурсы

Одно из серьезнейших последствий изменения климата - нехватка пресной воды. Из-за таяния ледников резко снизится сток крупнейших рек Средней и Центральной Азии, что повышает риск экономических и политических разногласий из-за доступа к водным ресурсам, вплоть до угрозы вооруженных конфликтов между соседними странами. О такой возможности заявил в сентябре 2012 года президент Узбекистана¹¹⁵. Ибо страны, находящиеся в верховьях главных рек региона Сырдарьи и Амударьи (Киргизия и Таджикистан) строят гидроэлектростанции, создающие проблему дефицита воды находящимся в низовьях этих рек Узбекистану, Казахстану и Туркмении. И это при том, что

¹¹⁰Ren 21. Renewables 2010 Global Status Report. Paris, 2010, <http://www.ren21.net/REN21Activities/Publications/GlobalStatusReport/GSR2010/tabid/5824/Default.aspx>

¹¹¹dinos.ru/articles/322.htm

¹¹²solife.ru/bluster/24-47; greenrussia.ru/news/fauna/401

¹¹³Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы): Материалы международной научной конференции. Воронеж: «Научная книга», 2012. с. 431- 432

¹¹⁴<http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/climate>

¹¹⁵ Независимая газета. 9.10.2012. с.5

в засушливых областях из-за бурного роста населения и из-за сокращения выпадения осадков проблема нехватки воды ещё более осложняется.

К 2080 году серьезную нехватку воды испытает 1.8 млрд. человек¹¹⁶. Ежегодные экономические потери в области водоснабжения, обусловленные глобальным потеплением, оцениваются на уровне \$50 млрд.

Согласно данным Международного института прикладного системного анализа глобальное потепление в ближайшем будущем приведет не только к засухе, но и потере производительности ГЭС из-за падения уровня воды и повышения ее температуры¹¹⁷

Сельское хозяйство.

IFPRI (Международный институт исследований продовольственной политики) в своем отчете (ноябрь 2011 года) «Продовольственная безопасность, сельское хозяйство и изменение климата к 2050 года: сценарии, прогнозы и рекомендации политикам» констатирует вывод - изменение климата прямо влияет на сельское хозяйство и является одним из самых серьезных рисков для государств БРИК, Индонезии и США. Несмотря на разные уровни продовольственного обеспечения этих стран и различия в демографической ситуации тенденция одна для всех - изменение климата ведет к серьезному снижению урожайности и утрате роли аграрного сектора в ВВП.¹¹⁸

Влияние потепления на сельское хозяйство неоднозначно. В некоторых районах с умеренным климатом урожайность увеличится в случае незначительного повышения температуры, но при ее дальнейшем росте снизится. Незначительный рост температуры повышает рост урожайности в высоких широтах, однако в целом эффект влияния на сельское хозяйство будет негативным из-за снижения продуктивности (засуха) в традиционных житницах¹¹⁹. По прогнозу МГЭИК к 2080 году число людей, сталкивающихся с угрозой голода, увеличится на 600 млн. чел., что вдвое больше числа людей, которые живут сегодня в бедности в Африке к югу от Сахары¹²⁰.

Возможный ущерб для сельского хозяйства может возникнуть из-за уменьшения увлажнения почвы, увеличения количества вредителей культурных растений и животных, а также вследствие гнетущего воздействия жары. Прогнозируется, что повышение температуры приземного воздуха на 1°C вызовет потерю производительности сельского хозяйства на 10%.

В обозримом будущем от изменения климата мало кто из людей выиграет. В той или иной мере пострадают и жители экваториальных областей и обитатели приполярных регионов, хотя для последних последствия будут не столь значительны. Потепление спровоцирует засухи и наводнения в странах Африки и Азии. В более высоких широтах, напротив, климат станет мягче, но как долго это будет продолжаться с уверенностью сказать трудно. В целом же картина будет выглядеть следующим образом - засушливые сезоны станут еще засушливее, а в сезоны дождей ливни будут интенсивней. Однако отдельные устойчивые изменения, вызванные выпадением осадков, возможно, удастся распознать лишь к середине столетия, выделив их из множества ежегодных колебаний.

Итак, климат низкоширотных регионов станет более засушливым, а это может привести к аграрному кризису в десятках небогатых стран третьего мира. На севере планеты

¹¹⁶wildfield.ru/caei/tetrad/02.htm

¹¹⁷<http://www.worldwarming.info/article366.html>

¹¹⁸http://www.rusecounion.ru/klimat_241211

¹¹⁹ Браун Л. Как избежать климатических катастроф? План Б 4.0: спасение цивилизации. М., 2010

¹²⁰<http://climatechange.ru/node/119>

сельскому хозяйству станет несколько лучше: повышение средних температур позволит выращивать теплолюбивые культуры в тех регионах, где до сих пор это было невозможно¹²¹.

Изменение климата окажет воздействие на урожайность и производство продовольствия по всему миру. В результате дальнейшего углубления региональных климатических различий увеличатся различия между развитыми и развивающимися странами в сфере его производства. При повышении глобальной температуры на 3°C прогнозируется падение урожайности соевых культур во всех регионах их выращивания, включая Северную и Южную Америку, а также южную и восточную Азию. Ожидается снижение урожаев риса на 30% в Китае, Индии, Бангладеш и Индонезии, основных зерновых культур во всех главных регионах их выращивания. Особенно пострадает урожайность некоторых культур в низких широтах, где она может сократиться более чем на 20%, что поставит под угрозу существование сотни миллионов людей (сокращение урожая кукурузы и пшеницы на 40%). При этом более всего пострадают африканские страны к югу от Сахары и некоторые районы Азии и Центральной Америки.

Неблагоприятное влияние изменений в климатической системе Земли на сельское хозяйство уже ощутим. Ледники, питающие местные водосборы, тают, реки мелеют, а устаревшая система орошения не может справиться со своими задачами. Осадки начали выпадать непредсказуемо, в результате наводнения вымывают плодородный слой почвы и разоряют крестьян. По таким причинам наблюдается резкий рост внутренней и внешней миграции людей.

Общество

Климатические катаклизмы, которые пережило человечество на заре своего развития, видимо стимулировали прогресс человеческой цивилизации. Без этого первобытный человек так и остался бы пастухом, земледельцем, охотником, собирателем, а не создал бы индустрии и цивилизации как таковой. Возможно, как показывает картина климата, себе на беду.

Потепление вызовет сильную миграцию населения, оцениваемую межправительственной группой экспертов ООН по изменению климата в 150 млн. человек. И это скромная оценка, судя по усилению миграции в последние годы.

Ухудшение климата ведет к повышению риска для здоровья людей и, прежде всего, малообеспеченных слоев населения - из-за недоедания и засух, обострения болезней. В наше время из-за глобального потепления ежегодно в мире погибает около 400 тыс. человек. Прогнозируется, что 90% смертей, связанных с ИК, придется именно на развивающиеся страны¹²². Повышение температуры приведет к изменению ареала болезнетворных носителей, их продвижению в более высокие широты, где население не обладает иммунитетом к новым заболеваниям. В целом, глобальное потепление способствует возникновению новых (типичных для низких широт) и возвращению в умеренные широты «забытых» болезней.

3.4. Экономическая оценка доклада Н. Штерна

Почти 100 млрд. тонн углерода перемещается путем диффузии между океаном и атмосферой. Казалось бы, антропогенный вклад в кругооборот этого вещества очень мал, но этот вклад человечество делает в слабое звено глобального климатического цикла в

¹²¹В итоге ИК в целом будет более благосклонно к развитым странам, располагающимся в основном в высоких широтах. А вот «бедному» югу, возможно, придется бороться за свое существование.

¹²² ecovoice.ru/blog/science-technology/4552.html

атмосферу. Его влияние долгое время недооценивалось, и идущее потепление списывалось на действие астрономических и иных естественных сил. Первый удар в колокол, на который отозвалось мировое сообщество, прозвучал в 2006 году. Это был доклад главы экономической службы Великобритании Н. Штерна о возможных экономических последствиях глобального потепления (см. доклад Штерна об экономике изменений климата). Согласно этому документу приостановление антропогенных изменений климата потребует 1% мирового ВВП, или \$350 млрд. Если же это не будет сделано теперь же, то через 15 лет (а сейчас уже и меньше) потребуется уже много более 5% мирового ВВП. И даже при относительно невысоком потеплении (на 2°C) потери человечества составят от 0.5 до 1% мирового ВВП, при более высоком росте температуры (на 5-6°C) эти потери достигнут уже 6%.

И это только поверхностно видимый урон, не учитывающий далеко идущие его последствия¹²³: ухудшение качества жизни, ухудшение здоровья населения планеты, разрушение среды обитания, исчезновение видов флоры и фауны и т. д. Таким образом, если принять во внимание более широкий спектр рисков и воздействий, оценка ущерба резко увеличится - экономический учет этих последствий доводит цифру потерь до беспрецедентной нагрузки на человечество - 20% ВВП.

Последствия изменения климата в докладе Штерна разделены на рыночные, внерыночные и, что важно, социальные. Учет только рыночной составляющей прогнозирует ущерб мировой экономики в 5% от ее ВВП, оценка же возможного ущерба от внерыночной составляющей дает еще около 9% ВВП при реализации негативного варианта изменения климата. В целом прогноз падения ВВП на душу населения к концу нашего столетия (по верхнему уровню диапазона ущерба) составляет 20% при разбросе оценок, зависящем от уровня эмиссии ПГ, в 5-20% ВВП. При этом возможные затраты на сокращение эмиссии парниковых газов при переходе на низкоуглеродное и незатратное потребление энергии¹²⁴ оценивается в 1% ежегодного расхода мирового ВВП к 2050 году. Отсюда следует достаточно оптимистический вывод о реальности сдерживания изменения климата, но только при условии немедленного принятия серьезных мер по снижению эмиссии парниковых газов. В случае неадекватной реакции на угрозу, концентрация этих газов в приземном слое атмосферы к 2035 году может удвоиться по сравнению с доиндустриальным периодом, а глобальная температура вырастет на 2°C.

Доклад называет идущее изменение климата «самым большим и самым широкомасштабным за всю историю провалом рынка», в результате которого объем мировой экономики может сократиться на 20% и вызвать глубокие экономические и социальные потрясения в глобальном масштабе. Прошло не так уж много времени после опубликования доклада Штерна, а затем финального доклада МГЭИК и его «выжимки», Киотского протокола. И сегодня подавляющее большинство ученых склоняется к мнению о значительно более серьезных последствиях быстро набирающего силу глобального потепления.

Штерн в своем исследовании показывает, что у мирового сообщества не получится не платить, и вопрос лишь в том, сколько и за что ему придется платить - за последствия климатических изменений или за управление ими. Предлагаемые Штерном рецепты таковы: создание благоприятных условий для вложения бизнесом средств в проекты снижения

¹²³ Global Warming and Bad Air.- NewScientist, 2008, 23 febr., p.16

¹²⁴ Под этим понимается достижение стабилизации концентрации парниковых газов на уровне 500- 550 ppm CO₂ эквивалента

выбросов через глобализацию торговли ими, международная кооперация в области развития новых экологических технологий, а также борьба с исчезновением лесов¹²⁵.

Доклад довольно точно описывает основные экономические вопросы, связанные с глобальным потеплением, однако он имеет тенденцию к особому выделению исследований, которые поддерживают политические рекомендации, тогда как работы с противоположной точкой зрения на климатические угрозы умалчиваются. Таковы правила игры, но мы должны иметь в виду, что это не стандартный академический анализ, хотя и изданный университетским издательством. Посмотрев на это по-другому, можно оценить исследование с точки зрения учета в нем стандартных норм и правил науки и экономики. Заметим к тому же, что за последние несколько лет оценка Н. Штерном «климатических» потерь мирового ВВП в 6% резко ушла вверх. Радикальный вывод Штерна: «Изменение климата это самый большой экономический просчет, который когда-либо видел мир». Мир, который немедленно должен переходить на рельсы иной экономики, резко снижающей выбросы парниковых газов.

Главные выводы доклада Штерна - научной основы всего последующего вала исследований глобального потепления, таковы: последствия наблюдающегося изменения климата очень серьезны, а знания о его причинах достоверны. Степень их достоверности оценивается МГЭИК как 90% и, таким образом, нас предупреждают, но оставляют шанс на адаптацию и выживание. Изменение климата является определяющим фактором будущего благополучия человечества, определяя доступность пресной воды, продовольствия и, наконец, воздуха. Необходима стабилизация концентрации парниковых газов в атмосфере на уровне 450-500 ppm CO₂-эквивалента.

Ставший уже классическим Штерновский обзор сдерживания стремительных изменений климата показывает, что оно зависит от допущения почти нулевой учетной ставки в сочетании со специфичной функцией полезности. Выводы Штерна о необходимости экстремальных немедленных действий не выдерживают (что вполне понятно) допущений, которые согласуются с сегодняшней реальной рыночной процентной ставкой и нормами сбережения¹²⁶. Следовательно, поставленный нами вопрос - как много, как быстро и сколько это будет стоить, остается открытым. Модель Штерна только информирует, а не отвечает на эти фундаментальные вопросы. Как и многие другие исследования экономических последствий глобального потепления, доклад Штерна ставит и политический вопрос: как сбалансировать уменьшение выбросов с климатическим ущербом в рамках теории экономического роста. В этих рамках мировая экономика начинается со справочного материала по потреблению, капиталу, населению, выбросам, климату, и т.д. Политика изменяет траектории выбросов, концентрацию парниковых газов, воздействие и потребление. Альтернативные пути политики климата и потребления оцениваются с помощью функции благосостояния общества, которая классифицирует различные пути.

Впрочем, ни один из современных подходов не затрагивает структуры фактического промежуточного принятия решения, в котором это поколение не может решать «за» или «против» или связать руки будущему поколению. Вместо этого каждое поколение находится в положении члена эстафетной команды. Оно передает эстафетную палочку капитала следующему поколению в надежде на то, что то будет вести себя благоразумно и сможет избежать катастрофических выборов, не уронив и не сломав при этом эстафетную палочку.

¹²⁵ Лишь за последнюю четверть века площадь лесов Амазонии, одного из главных генераторов кислорода на планете, сократилась на 10%. То же сегодня наблюдается и в России, где рост объемов лесозаготовок, сельскохозяйственные палы, пожары и браконьеры, уводящие лес в Китай, уничтожают громадные массивы леса.

¹²⁶ J.of Economic Literature. 2007.Vol.XIV. p.686

Более того, поскольку мы живем в мире (с открытой экономикой) команд, иногда соревнующихся, иногда сотрудничающих, мы должны учитывать то, как мировой рынок капитала будет балансировать с одновременной эстафетной гонкой, потерей эстафетной палочки, настоящими войнами, расходящимися мнениями в пространстве и времени. Однако ни одна из этих альтернатив не рассматривалась в докладе Штерна, ибо проблема слишком серьезна.

Моральные постулаты основных мировоззрений приходит в столкновение с утилитарным исчислением теорий роста и оптимального налогообложения согласно модели роста Рамсея¹²⁷. Реальный анализ должен также учитывать отклонения от системы налогов, неопределенности (ненадежности) и рисковое вознаграждение на инвестиции, но все эти сложности не учтены в докладе Штерна. Тем не менее, основной подход доклада имеет важный смысл и для потребления, и для экономии. Если принять философию доклада Штерна, то это даст более высокую экономию по сравнению с сегодняшней. В первом приближении допущения доклада относительно временного дисконтирования и эластичности потребления приведет к удвоению оптимальной глобальной суммарной нормы сбережений. Хотя это может быть и достойно обсуждения, но это едва ли приемлемо исходя из сегодняшней ментальности подавляющего большинства населения планеты. Насколько убедительным для нынешних поколений является этическое утверждение о том, что мы должны значительно уменьшить современное потребление, чтобы улучшить благосостояние более богатых¹²⁸ будущих поколений?

Тем не менее, широкий консенсус учёных относительно последствий продолжающегося быстрого изменения климата постепенно ведет к тому, что ряд правительств, корпораций и отдельных энтузиастов уже не на словах, а на деле пытаются предотвратить глобальное потепление или же разработать методы адаптации к нему. При этом многие экологические организации и даже государства ратуют за принятие очень жестких мер. И впереди нас, видимо, ждет ограничение мирового производства ископаемых видов топлива, поскольку между его сжиганием и выбросами парниковых газов существует прямая связь.

4. КЛИМАТИЧЕСКАЯ СПРАВЕДЛИВОСТЬ

Расчеты МГЭИК дают оценку максимально допустимой концентрации CO₂-экв. в 500-550 ppm. Последние же исследования указывают на еще более низкий допустимый уровень в 450 ppm CO₂-экв (доклад Штерна об экономике изменений климата). Достижение такого потолка требует резкого снижения углеродоемкости единицы ВВП, и это при том, что мировой ВВП к 2050 года превзойдет современный в 3-4 раза.

Учитывая высокую инерционность климатической системы, следует отметить, что даже в случае немедленного и полного прекращения эмиссии парниковых газов рост глобальной температуры будет продолжаться еще на протяжении трех десятков лет. Следовательно, срочно нужно предотвращать дальнейшее изменение климата и немедленно принимать меры приспособления к процессу. В развитых странах это приспособление будет

¹²⁷ В рамках оптимального роста реальный доход есть эндогенная переменная, которая определяется с помощью уравнения Ramsey. Для равновесия, реальная процентная ставка зависит не только от учетной ставки времени, но и от второго этического параметра, эластичности потребления (<http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/73780.html>).

¹²⁸ Существуют и моральные предпосылки прогнозирования. Скажем, на душу населения сегодня приходится \$10.000. Предположим, что эта величина будет расти со скоростью 1.3% в год и тогда через два века она составит \$130.000.

достигаться снижением издержек от экстремальных природных явлений. Развивающиеся страны тоже будут больше страдать от стихии, но они к тому же должны будут озаботиться диверсификацией своей экономической деятельности, вложениями в сельскохозяйственное производство и здравоохранение. Усилия же эти невозможны без смягчения международной напряженности, без развернутой помощи этим странам со стороны экономически развитых стран. Что требует оформления реализации глобального международного сотрудничества по изменению климата.

Рыночные меры противодействия ухудшению климата, то есть налоги и торговля квотами на выброс парниковых газов, так же как и нормирование, могут быть использованы для формирования справедливой (в условиях меняющегося климата) цены на углерод. Но работать эти механизмы могут только в условиях эффективной глобальной климатической политики. Введение цены на выбросы CO₂ не является достаточным условием для их сокращения. В ряде секторов экономики, особенно на ранних стадиях вхождения в углеродный рынок, для того, чтобы преодолеть институциональные нерыночные барьеры на пути внедрений низкоуглеродных новых технологий потребуются целевые инвестиции. К таким барьерам можно отнести, например, транзакционные издержки, недостаток информации при выборе вариантов противодействия эмиссии парниковых газов и др.

Богатым развитым странам сложно будет нести двойную ношу. Им придется снижать выбросы парниковых газов у себя и помогать соседям. Придется передавать за границу чистые технологии, прямо участвовать в проектах и программах снижения эмиссии этих газов. Поэтому необходимо задействовать новые механизмы привлечения средств (аукционы, специальные отчисления и т.д.), а также создать действенные стимулы для частного бизнеса. Для чего необходимо дать ему уверенность в том, что будет найден экономический оптимум, что деньги, вложенные в чистые технологии, не будут потрачены зря. И это при том, что по оценкам, основные эмитенты парниковых газов - Китай, США, Россия, Индия и Бразилия относятся к странам, которые не очень серьезно пострадают от глобального потепления.

Серьезная задача –справедливое распределение обязательств по преодолению изменений климата между странами. Предлагаются следующие критерии оценки:

- 1) выбросы парниковых газов на душу населения;
- 2) историческая ответственность за эмиссию парниковых газов в прошлом¹²⁹;
- 3) учет ВВП на душу населения.

Скорее всего, в посткиотском соглашении обязательства будут разнесены по нескольким группам стран, чего не было сделано в Киотском протоколе, где учтены только две категории стран: с количественными обязательствами и без них (развивающиеся страны).

В 1997 году Бразилия предложила дифференцировать обязательства стран-членов Киотского протокола в зависимости от их исторического вклада в изменение климата, то есть в меру накопленной ими с начала индустриальной эры суммы выбросов парниковых газов. Правда, подсчитать эту сумму довольно непросто. К тому же следовало бы учитывать и ее вклад в экономическое становление развивающихся стран. Тем не менее, вполне вероятно, что это предложение найдет свой отклик в переговорах по новому международному «климатическому» соглашению на время после 2013 года.

В 2008 году на конференции ЕС по проблемам климата было принято одностороннее решение о сокращении выбросов парниковых газов вдвое к 2030 году.¹³⁰ Задача нелегкая и потому восемь новых членов ЕС (Болгария, Венгрия, Латвия, Литва, Польша, Румыния,

¹²⁹ По этому показателю впереди США и 15 старых членов ЕС

¹³⁰ www.newsinfo.ru/30/04/2008

Словакия и Эстония) утверждали, что «социальная и экономическая цена планов сокращения загрязнения воздуха парниковыми газами слишком велика».¹³¹

Да и среди стран-членов «большой восьмерки», приполярные страны некоторое время являлись весьма пассивными в отношении ведения жесткой борьбы с изменением климата.¹³² И это понятно, поскольку на первом этапе потепления Россия, Канада и скандинавские страны¹³³ получают не только потери, но и надежду на определенный выигрыш. Однако, как мы помним, полярные области планеты наиболее уязвимы для глобального потепления.

Призывы к моральным обязательствам государств пока еще должного отклика не имеют, ибо каждое из них понимает их в меру своей выгоды. К тому же выборная власть подавляющего большинства развитых стран имеет обязательства перед электоратом. В своих начинаниях, нацеленных на перспективу, она не может опираться на его поддержку в силу простого человеческого эгоизма, а поддержка следующих поколений, на которых всерьез обрушится глобальное потепление, будет обеспечена уже другой властью.

Достижение широкого соглашения о стабилизации климата с определением обязательных норм снижения выбросов парниковых газов - сложная проблема. Отдельное государство, вообще говоря, может получить «климатическую выгоду» от действий других стран, даже не предпринимая при этом никаких собственных усилий. При этом реально наказать страны, не выполняющие взятые на себя соглашения, пока никак нельзя. Ну и тем более свободны в своих действиях страны, к соглашениям не присоединившиеся. Хотя в случае с изменением климата было бы резонно изменить эти правила, ибо дело слишком важно, и мир находится в таком рискованном положении, какого ещё не было. И задача, стоящая перед человечеством, состоит в том, чтобы нарушить пропорциональное соотношение между экономическим развитием и объемом эмиссии CO₂-экв.

До недавних пор Китай, Индия, да и вся группа развивающихся стран отказывались принять на себя конкретные обязательства по снижению выбросов парниковых газов. В этой группе основными загрязнителями являются Китай и Индия. Причем в ближайшие 20-30 лет 70% производство энергии в Китае и Индии будет основано на сжигании угля, а это мощнейший загрязнитель воздуха как парниковыми, так и другими вредными газами. Отсюда возникает проблема быстрой и бесплатной передачи этим странам эффективных технологий сбора и хранения углерода. А таковые разработаны пока еще только в опытных размерах, практически же еще не существуют. Развивающиеся страны ждали весомой помощи, чтобы подписать в Копенгагене новый договор, который заменил бы в конце 2012 года Киотский протокол. И даже не столь уж бедные развивающиеся страны и страны с переходной экономикой (прежде всего Китай и Индия) ставили вопрос о справедливости будущих соглашений по климату.

На переговорах об изменении климата часто упоминается историческая ответственность развитых стран, экономика которых вызвала это опасное явление. При этом больше всех выбросов парниковых газов накопили США - 30%, затем идут 15 стран ЕС - 23%, Россия и Китай ответственны за 8%, Япония - около 5%, Индия - 2%, все остальные страны мира внесли 25% общего количества выбросов. Для Китая и Индии характерен резкий взлет после 1990 года, и Китай по накопленным «историческим» выбросам к 2030 году может догнать ЕС, так как сегодня он уже лидер по текущим ежегодным выбросам парниковых газов. Индия догоняет Японию. Россия остается далеко позади Китая.

¹³¹<http://ecoportal.ru/news.php?id=35905>

¹³²ArcticnationsranklowestamongG8 on climate performance – Arctic Bulletin, 2008, n.308, p.4-5

¹³³Он сведется к увеличению пахотных площадей, сроков вегетативного периода, увеличению ареала трески за счет его продвижения на север, привлечению туризма в эти страны, облегчению разработки ископаемых ресурсов северных шельфов, открытию сначала Северо-восточного, а затем и Северо-западного прохода.

Многие развивающиеся страны считают главным мерилем справедливого распределения обязательств выбросы парниковых газов на душу населения. В долгосрочном плане это справедливо, ибо, что делать с развитием странам практически уже переходящим на чистую энергетику, и развивающимся странам, у которых этот показатель много выше чем у многих экономически развитых стран. Сегодня подобные критерии принять сложно, поскольку климат не считается с подобной «справедливостью». Предлагается и иной критерий - ВВП на душу населения (по паритету покупательной способности) как показатель способности платить за сокращение выбросов. Однако и здесь ситуация не проста.

Иногда справедливой мерой вклада страны в общее загрязнение называют удельные выбросы CO₂ или всех парниковых газов вместе на единицу ВВП. Этот показатель может характеризовать удельный потенциал страны в снижении выбросов. Большие значения говорят либо о расточительности, либо об отсталости, а эти вещи, как правило, взаимосвязаны. Отсюда вытекает необходимость выработки оптимального дележа финансового бремени, с принятием адекватных мер помощи развивающимся странам, поскольку уровень используемой энергии на душу населения там много меньше, чем в развитых странах. И поэтому следует исходить и из этого критерия при установлении обязательств по снижению выбросов, опять-таки учитывая, что ответственность за накопленный парниковый эффект лежит исключительно на промышленно развитых, то есть богатых странах.¹³⁴ Китай еще только в 2008 году считал, что система всемирного экологического контроля есть попытка Запада замедлить темпы роста китайской экономики и обещал сделать это лишь по достижении западного уровня жизни.¹³⁵ Примерно то же считали и в Индии.

Такая позиция двух ведущих эмитентов парниковых газов, по сути дела, означает провал борьбы с глобальным потеплением. Действительно, сегодня чуть менее десятка быстро развивающихся стран (Китай, Индия, Бразилия, Южная Африка и др.) выбрасывают в воздух пятую часть парниковых газов, и вносят весомый вклад в потепление, но отказываясь участвовать в торговле эмиссионными квотами.¹³⁶ Развивающиеся страны имеют угольную энергетику. Сжигание угля резко подстёгивает парниковый эффект, да и к тому же оно не слишком эффективно: у угля низкая теплотворная способность, для его хранения нужна большая площадь, существуют технические неудобства его использования и т. д. Однако запасы угля велики и доступны. Будущее его как топлива связано с настоятельной потребностью внедрять новые технологии с тем, чтобы, с одной стороны, снизить выбросы CO₂, а с другой стороны наладить изъятие его излишков из воздуха и захоронение их.

Итак, никакие меры снижения выбросов парниковых газов не будут действенны без участия в них стран БРИКС, в особенности Китая, Индии и Бразилии, не связанных обязательствами Киотского протокола. Подумать только, что Китай в 2005 году тратил 353 г углерода на получение единицы энергии (квт/час), в сравнении с 287 г в среднем по остальному миру. И бурный рост экономики Китая на угольном топливе продолжается.

Другая претензия Китая и Индии к развитым странам также справедлива исторически. Из расчета на душу населения США, Канада и Австралия производят парниковых газов на порядок больше, чем Китай и Индия. По этому показателю эти страны пока очень отстают от

¹³⁴Первое место по выбросам CO₂-экв на душу населения занимает Австралия, затем США и Канада. Существовали и другие варианты обязательств: в удельных единицах, например на единицу выпуска продукции (энергии, тепла и др.); единицу ВВП; единицу изменения ВВП. Российским интересам, возможно, соответствовало бы посткиотское соглашение (после 2012 г.) с гибкой системой обязательств, основанной на праве каждой страны определять стратегию действий по снижению выбросов ПГ и предусматривающую формирование действительно глобального углеродного рынка.

¹³⁵<http://www.newsinfo.ru/30/04/2008>

¹³⁶"No Cap but Trade Proposal for Emission Targets". Climate Policy, 2008, vol.8, n.3, p. 293-304

США. К 2008 году душевая эмиссия двуокиси углерода в США составляла более 20 тонн, в ЕС и в Японии - около 10 тонн. И для того, чтобы вдвое уменьшить выбросы парниковых газов к 2050 году среднемировое душевое потребление углерода развивающимися странами должно быть уменьшено¹³⁷ с 7 т до 2-3 т. На этот уровень развивающиеся страны обещали выйти в том случае, когда по уровню жизни (а он тесно связан с потреблением энергии) они выйдут на уровень передовых стран. Понятно, что это предложение нереалистично и фатально. Впрочем, компромисс возможен - он заложен в предложении помощи развивающимся странам в деле перехода на иные энергосберегающие технологии и иные источники энергии.

Предложенная же развивающимися странами схема - «один человек - одно разрешение на выброс» по понятным соображениям была отвергнута.¹³⁸ Огромная численность их населения и высокие темпы их экономического роста делают перспективу глобальной борьбы с изменением климата довольно безрадостной.¹³⁹ Чтобы предотвратить катастрофу, необходимо резкое, масштабное и последовательное снижение выбросов развитыми странами, сопровождаемое технологической помощью Китаю, Индии и всем остальным развивающимся странам, чтобы они могли обеспечивать свой экономический рост энергией, не прибегая, по крайней мере, к сжиганию угля.

Предполагается, что выбросы парниковых газов всеми развивающимися странами достигнут своего максимума к 2020 году. Затем к 2030 году они должны быть уменьшены на 20%. Задача жесткая, но выполнимая. На ее решение вплоть до 2030 года придется тратить 1.6% мирового ВВП, что эквивалентно, по расчетам экспертов, 2/3 расходов современных на военные нужды. И это ещё скромная оценка, ибо если учитывать побочные издержки, то они, согласно довольно оптимистическому взгляду Н. Штерна, могут достичь и 5-20% мирового ВВП. Тут впору задуматься над будущим изменением социального развития всего мира и возможным противодействиям сегодняшним экологическим потребностям.

Сейчас, когда, наконец, стало понятно, насколько быстро идет потепление, уже все крупнейшие загрязняющие страны согласились с тем, что к 2050 году эмиссия парниковых газов должна быть сокращена как минимум вдвое. И при этом промышленно развитые страны должны уже к 2020 году сократить свои выбросы на 25-40% от показателей 1990 года. ЕС свои обещания на период до 2020 года уже объявил - ограничение эмиссии уровнем 80% или даже 70% от уровня выбросов 1990 года. Но при условии, что аналогичные (не в долевого отношении) обязательства возьмут на себя и другие страны, особенно входящие в БРИКС¹⁴⁰. И если в дальнейшем эти страны не захотят соблюдать обязательства, то все усилия других стран будут сведены на нет. Сделать это будет нетрудно, поскольку, как свидетельствует исторический опыт, любое соглашение может быть заблокировано с помощью различных, в том числе этических и «научных» аргументов. И из этой путаницы можно

¹³⁷ Achieving low carbon growth for the world –Development Outreach - Wash, World Bank Institute, 2008, p. 6

¹³⁸ Intern. Review for Environmental Strategies. -IGES, Japan, 2006, vol.6, n.1, p.63-91

¹³⁹ В начале 70-х годов прошлого века Римский клуб подтвердил гипотезу Мальтуса исследованием «Пределы роста». И сегодня мы, в связи с ИК, сталкиваемся с проблемой нашей задолженности развивающимся странам, которым трудно смириться с тем, что их развитие стопорится ограничениями по выбросу ПГ. Ограничениями на вырубку тропических лесов, на использование угля и других грязных источников энергии. И понять их можно - не они виновны в индустриальном ИК, а платить по счетам следует виновным. Но власти этих стран должны все же понять, что и им надо будет понести материальные жертвы, связанные с перестройкой экономики. Ибо все мы в одной лодке.

¹⁴⁰ И, конечно же, нам следует включиться в этот процесс и взять на себя обязательства - по принятию иностранной валюты за сокращение выбросов ПГ, которые к 2020 г. вряд ли дорастут до начала выплат за их перерасход. И еще-трудно понять, почему мы считаем себя развитой страной, живя за счет продажи УВ-ресурсов, а Китай, который производит промышленную и торговую продукцию на многие миллиарды долларов, расходящуюся по всему миру, относится к развивающимся странам.

выйти только с помощью интегрированного управления мировыми проблемами в многостороннем формате. И, конечно же экономически развитые страны должны взять на себя основные расходы, ибо «кому много дано, с того и много взыщется».¹⁴¹

Отсюда следует вывод о том, что необходима смена подходов к мировым экономическим отношениям, исходя из того неопровержимого обстоятельства, что «все мы находимся в одной лодке».¹⁴² И этот подход оправдывает «бескорыстную» (на самом деле нет, ибо и себя спасают) помощь развивающимся странам развитыми, уже сделавшими кое-что для снижения эмиссии парниковых газов.

Максима «ибо и себя спасают» на деле должна означать помощь развивающимся странам на адаптацию к возможным катастрофам. Поскольку каждый доллар, вложенный в снижение климатического риска для развивающихся стран, согласно прогнозам ПРООН, может предотвратить экономический ущерб на \$7. Если за 10-20 лет будет организован поток инвестиций в низкоуглеродную энергетику развивающихся стран, то рост выбросов может прекратиться, и начнется их снижение. Объем требующихся ежегодных инвестиций - порядка \$20-30 млрд. В период действия Киотского протокола главным механизмом климатических инвестиций является механизм чистого развития и после 2012 года этот механизм, скорее всего, будет значительно усилен.

Пока же развивающиеся страны продолжают сопротивление нажиму западных стран, ссылаясь при этом на главный тезис РКИК – «общая, но дифференцированная ответственность за изменение климата». Лидеры африканских стран в октябре 2009 года в Уагадугу вообще отказались участвовать в процессе, если развитые страны не заплатят Африке, не виновной в загрязнении - для начала \$65 млрд.¹⁴³ Запад готов платить, но сколько и каким образом? И какие получить гарантии, что это будут целевые инвестиции, а не пополнение счетов авторитарных правителей?

Россия не активна в решении проблемы климатической справедливости по ряду причин. С её стороны есть такие, во многом, может быть, спорные, доводы, как:

- сомнение некоторых отечественных экспертов в антропогенной обусловленности потепления,
- сомнение в действительно громадных размерах ущерба от него для страны,
- соображения о неизбежной потере страной доходов вследствие сокращения экспорта энергоресурсов,
- и представления о существенном вкладе лесов страны в сток парниковых газов из атмосферы планеты.

Кроме того, в России всегда была велика доля возобновляемой энергии. Вклад гидроэнергетики доходил порой до 20%.

Как показала встреча глав правительств на расширенной странами БРИКС, «Группе восьми», многие развивающиеся страны указывают на серьезнейшие финансовые затруднения и продолжающийся быстрый рост населения¹⁴⁴. Согласно уточненным прогнозам роста населения мира, к 2015 году оно возрастет на миллиард человек, и этот рост будет приходиться на развивающиеся страны, не обладающие современными источниками энергии. Сегодня уже 2 млрд. человек не имеют к ним доступа, в Африке половина

¹⁴¹ Лк. 12:48

¹⁴² Ну а как бы опровергающие возражения - не в лодке, а судне (и тут приводится пример «Титаника»), где у пассажиров первого класса есть шлюпки, означают лишь одно- ПРС пострадают гораздо меньше стран развивающихся.

¹⁴³ Новая Газета. 16.10.2009. С. 12

¹⁴⁴ Финансирование предполагалось и со стороны создаваемого (по предложению Мексики) международного «зеленого фонда», <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/259>

населения, проживающая в городах и 9/10 разбросанного (разреженного) сельского населения лишены этих важнейших ресурсов.¹⁴⁵ Примерно такова же ситуация и в Южной Америке. И для них необходима разработка местных возобновляемых энергетических ресурсов. Иначе трудно будет остановить выбросы парниковых газов, да и вырубку тропических лесов.

Развивающиеся страны с настороженностью воспринимают экологические инициативы индустриальных государств. Аргументы их просты:

- основное загрязнение тепличными газами осуществляют развитые страны;
- ужесточение контроля на руку индустриальным странам, так как это будет сдерживать экономическое развитие развивающихся стран.

Но если развивающиеся страны не примут надлежащих мер и не вложат средства на выполнение этих задач (а эти средства есть, и весь вопрос в эффективности их использования), то борьба с глобальным потеплением будет неэффективной, и при этом сильнейший ущерб от климатических нарушений придется именно на эти страны¹⁴⁶.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были собраны свидетельства быстрого изменения климата планеты. Это необычайно сложное явление, которое ассоциируется, в первую очередь, с глобальным потеплением. Были приведены многочисленные факты и соображения о том, что происходящая перестройка климатической системы и среды нашего обитания несёт в себе угрозы природе и человечеству, как части её. Среди физических причин, которые могли бы объяснить происходящее, есть как естественные, так и те, что вынуждены деятельностью человека, а именно, сжиганием углеводородного топлива и высвобождением в атмосферу большого количества парниковых газов. Дополнительные объёмы водяного пара, углекислого газа, метана и других парниковых газов, которые поступают в атмосферу Земли, не усваиваются ею и ощутимо усиливают её парниковые способности. Именно последние, по преобладающему мнению исследователей, привели к нарушению равновесия климатической системы. Однако споры о размере антропогенного вклада в изменение климата не прекращаются, и в этом вопросе остаётся неопределённость.

Поскольку неблагоприятные климатические изменения налицо, то человечеству нужно искать способы противодействия им независимо от их природы. В первую очередь, добиться снижения выбросов парниковых газов в воздух, а в дальнейшем, возможно, снижать содержание этих газов в воздухе. Однако неопределенность в данном вопросе порождает совершенно неразумный скепсис по поводу грозящей опасности, которая – следует повторить ещё раз – не перестанет быть опасностью при любом исходе прений о роли антропогенного воздействия на среду. А, существует неопределенность в оценке климатических сдвигов, неопределенность в отношении экономической политики отклика на глобальное потепление, неопределенность в отношении перспектив возобновляемых источников энергии, в отношении цен на углеводороды и т. д. Но она сопутствует всей нашей жизни. Скажем, нельзя предсказать будет ли применено ядерное оружие или как скоро уйдет из жизни больной, однако меры противодействия нежелательному исходу

¹⁴⁵Energy Bulletin. 2009. п.3. р.6

¹⁴⁶Ученые прогнозируют увеличение доли выбросов CO₂ к 2025-му году доли развивающимися странами до 44%./ При всей справедливости постановки вопроса и его мотива - ГП есть накопленный эффект индустриального развития промышленно развитых стран - им и отвечать, но и развивающиеся страны никуда не денутся, ибо основной удар ГП нанесет именно о ним.

обязательно применяются. Не так же ли следует поступать с принятием мер против возможного резкого ухудшения климата или в связи с ним? Проблема заключается в том, что когда гипотеза об антропогенном факторе глобального потепления окончательно подтвердится, уже поздно будет что-либо предпринимать.

Имея дело с рисками, не поддающимися количественной оценке, находясь в условиях, когда, несмотря на наличие информации о возможных воздействиях и последствиях, нет точных данных о связях между причинами возникновения рисков и наступлением негативных последствий, непременно следует исходить из принципа предосторожности. Таким образом, при наличии серьезной – на самом деле, небывало серьезной – угрозы, нехватка научных данных не должна служить причиной отсрочки принятия мер для борьбы с ущербами от неё. Для защиты будущих поколений следует применять декларируемый ООН принцип устойчивого развития, по которому обеспечение потребностей настоящего поколения не должно подрывать возможности будущих поколений обеспечивать их потребности.¹⁴⁷

Видимо повсеместное решение проблемы изменения климата на сегодняшний день нереально, что показывает выполнение условий Киотского протокола, ограниченность результатов провальной конференции в Копенгагене и перспективы грядущей конференции. Там ожидается отказ ведущих эмитентов парниковых газов, а именно Китая, США, России и ряда других стран, от принятия обязательных международных мер к сокращению выбросов в атмосферу парниковых газов.

Общий вывод таков. Международные механизмы общей обязательности мер для снижения выбросов парниковых газов сегодня конвертируется в систему национальных (а то и корпоративных) стратегий в этой сфере.

Воздействие на глобальный климат приведет к изменению климатических условий в разных странах, причем характер изменений в них будет разным. И поэтому необходима постановка вопроса о заключении международного соглашения, запрещающего осуществление несогласованных воздействий на климат.

Уже по завершении подготовки настоящей работы к публикации, в столице Катара Дохе состоялась 18-я Конференция ООН по вопросам изменения климата. На ней, в обстановке неразрешённых противоречий и несогласий, всё же был принят документ о продлении действия протокола с 2013 по 2020 год (Киото-2). После конференции в Дохе развивающиеся страны оказались разочарованы её итогами, и, в первую очередь отсутствием конкретных намёток и вообще сколько-нибудь значимых решений о выделении им «климатической» финансовой помощи до 2015 года. Важным на конференции в Дохе оказалось обсуждение вопроса о потерях, вызванных опасными последствиями изменения климата в развивающихся странах, и их компенсации. Последние заявляют, что из-за нерешительности и недостаточности мер борьбы с изменением климата им неминуемо придется столкнуться с ущербом, тогда как развитые страны опасаются, что именно им, в конечном итоге, может быть предъявлен ничем не ограниченный счёт за этот ущерб.

Россия также считает неудовлетворительным для себя итог конференции в Дохе. С ее точки зрения, там было принято неверное решение о правилах переноса во второй период Киото- 2 «сэкономленных» в 2009-2012 годах квот на выбросы парниковых газов и о механизме автоматического усиления киотских обязательств тех стран, выбросы которых в этом десятилетии будут расти. В результате Россия отказалась от участия в обязательных решениях посткиотских соглашений.

¹⁴⁷<http://www.modelun.ru/uploads/pdf/CLIMAT>

Участие нашей страны в Киото-2 с 2013 года будет формальным. Но, освободившись от обязательства ограничить эмиссии CO₂, Россия лишилась и возможных преимуществ в виде права торговать квотами на выбросы парниковых газов.

В новом киотском протоколе согласились участвовать все страны, кроме США и Канады, но это участие очень разное. Более ста развивающихся стран, включая Индию и Китай, участвует в протоколе через механизмы чистого развития. Обязательств по выбросам углекислого газа у них нет. У России, Новой Зеландии и Японии тоже нет таких обязательств, и они могут поддерживать проекты чистого развития в развивающихся странах, но участвовать в проектах совместного осуществления они не могут.

Итак, на оставшийся нерешённым вопрос: «Что делать?» следует, на наш взгляд, ответить, что обязательно нужно, по меньшей мере, принять Рамочную Конвенцию ООН по глобальному изменению климата и расширить функции Международной экологической комиссии при ООН, а также строго осуществлять надзор за выполнением решений Киото-2.

ПРИЛОЖЕНИЕ. КИОТСКОЕ СОГЛАШЕНИЕ

В 1992 года ООН была принята рамочная Конвенция об изменении климата (РКИК ООН), ставшая первым международным соглашением, направленным на борьбу с глобальным потеплением и его последствиями. Его цель заключалась в том, чтобы «добиться ... стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему»¹⁴⁸. Важный момент - такой уровень «должен быть достигнут в сроки, достаточные для естественной адаптации экосистем» к изменению климата.

На Третьей конференции РКИК ООН (Киото, 1997 года) был принят Киотский протокол (КП), вступивший в силу лишь через семь лет. Вступление его в силу обуславливалось необходимостью присоединения к КП (ратификацией его) не менее 55 государств и стран, на долю которых в совокупности (по состоянию на 1990 года) приходилось не менее 55% общей эмиссии парниковых газов. Последнее условие было выполнено с ратификацией Россией КП в 2004 году. Протокол предусматривает конкретные обязательства экономически развитых стран (они перечислены в Приложении 1 к КП) снизить выбросы ПГ или увеличить их стоки (изъятия из атмосферы). Эти обязательства заключаются в суммарном снижении выбросов на 5% с 2008 по 2012 годы по сравнению с уровнем выбросов в 1990 году.

В Киото впервые в мировой практике был создан платный рынок разрешений на загрязнение и в течение пяти лет страны, подписавшие КП, должны были снизить совокупный уровень выбросов газов на 5.5% по сравнению с показателями 1990 года. Причем квоты не унифицированы и потому, скажем, страны ЕС и Канада должны сократить выбросы ПГ на 8%, Япония - на 6%. Квота для России, Украины и Беларуси по выбросу газов была рассчитана, исходя из объемов производства в СССР, более высоких, чем нынешние. И пока эти страны не достигли определенного для них уровня выбросов, они могли не спешить с их сокращением и даже получать доход¹⁴⁹.

Киотский протокол ввел рыночные механизмы сдерживания выбросов ПГ, обращаясь к проектам совместного осуществления (ПСО), механизмам чистого развития (МЧР) и торговле квотами на эмиссию ПГ. Механизмами, принятыми в соответствии со статьями 6, 12 и 17 Киотского протокола. На их основе был сформирован «углеродный рынок», объем которого к 2011 году достигал более \$150 млрд. Его основу составляла Европейская система торговли квотами на выбросы ПГ, охватывающая чуть ли не половину эмиссии парниковых газов ЕС¹⁵⁰.

КП обязывал тридцать восемь присоединившихся к нему экономически развитых стран сократить свои выбросы ПГ не менее чем на 5% ниже уровней 1990 года в течение срока действия Протокола с 2008 по 2012 годы. Таким образом, КП теоретически требует немногого - сокращения выбросов ПГ на 5%, на практике же пока не дал ничего, кроме

¹⁴⁸unfccc.int/resource/docs/convkp/convru.pdf

¹⁴⁹После 90-х годов производство в России сократилось на 40%, и потому для нас продажа квот могла принести серьезный доход. Переход на «зеленые рельсы» на деле означал бы большую автономность регионов России, их независимость от Центра, от поставок его УВ- ресурсов.

¹⁵⁰Россия с ее большим потенциалом продажи прав на выбросы ПГ могла бы получить серьезные поступления от участия в ПСО, однако реальные действия в этой сфере начала принимать лишь к моменту окончания срока действия механизма ПСО.

увеличения их эмиссии. Но морально, политически, социально (разъяснение последствий и необходимость адаптации к ним) и институционально играет большую роль.

На сегодняшний день он является основным мировым соглашением о противодействии ГП. Согласован в 1997, вступил в силу в 2005 году и покрывает около 55% общемировых выбросов парниковых газов. Первый этап осуществления Протокола закончился в конце 2012 года, международные переговоры о конкретике нового соглашения были проведены в 2007 году на острове Бали (Индонезия). Предполагалось, что конкретика найдет свое обязывающее оформление на конференции в Дурбане (ЮАР) в конце 2011 года. Но так не случилось.

КП можно рассматривать как пилотную стадию глобального экологического соглашения о предотвращении катастрофического ИК. На сегодняшний день его отдача пока невелика, но важно было начать практическую деятельность и запустить новые международные рыночные механизмы совместных проектов деятельности и торговли квотами. Протокол создал экономические предпосылки для этого¹⁵¹, сделав некое подобие экономического принуждения к введению углеродных налогов.

В КП впервые был установлен предельный объем эмиссии парниковых газов для промышленно развитых стран (ПРС) на 2008-2012 годы. Однако крупнейшие эмитенты ПГ, страны с переходной экономикой (Китай, Индия, Бразилия), по старинке все еще обладающие статусом развивающихся стран (РС), были освобождены от контроля своих выбросов. Не ратифицировали КП и США. Мотивация - с одной стороны «образ жизни американцев не обсуждается» (со стороны), с другой - страны с переходной экономикой (прежде всего Китай), серьезно влияющие сегодня на загрязнение атмосферы, не взяли на себя обязательств.

Итак, Киотский протокол устанавливает обязательства развитых стран по ограничению эмиссии парниковых газов с 2008 по 2012 годы, и это первое природоохранное соглашение, включающее механизм рынка. При этом, в отличие от других соглашений, выбросы парниковых газов рассчитываются, а не измеряются. Данные о расходе топлива, производстве определенной продукции и т.п. умножаются на известные коэффициенты. При этом важен суммарный парниковый эффект от выбросов разных газов, который выражается в единицах CO₂-эквивалента.

Теперь позиция экологов такова, что уровень требований КП уже явно недостаточен для противодействия идущему нарастающему изменению климата- нужно его значительно повысить. Этот вывод натывается на несогласие ряда стран ввиду не полной определенности с оценкой будущих последствий ИК и прогнозов экономического и иного противостояния им. Причем это противостояние сегодня рядом стран (США, Китай и другие страны - эмитенты ПГ) переводится на национальные (неподотчетные международному сообществу) рельсы.

В целом обязательства снизить выбросы ПГ должны быть достаточно жесткими, что на первых порах является барьером на пути беспрепятственного развития экономики. Однако барьером все ж таки невысоким, задержка же с принятием мер противодействия ИК может оказаться опасной и привести уже к серьезным экономическим, политическим и социальным последствиям.

КП предусматривает, что за первым периодом обязательств (после 2012 года) последует второй. Разговоры о невыгодности для России участия в посткиотском

¹⁵¹Для вступления КП в силу была необходима его ратификация не менее чем 55 сторонами Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН), при условии, что в их число входят промышленно развитые страны, на долю которых приходится в совокупности как минимум 55% от интегральных выбросов CO₂ в базовом 1990 г. всеми промышленно развитыми государствами, указанными в Приложении I к РКИК.

соглашении довольно сомнительны с экономической и экологической точки зрения. Если Россия откажется от продления соглашения: страна потеряет ранее начатые в рамках киотского протокола проекты и вложенные в них инвестиции.

СОКРАЩЕНИЯ

БТ - биотопливо
ВИЭ- возобновляемые источники энергии
ГП - глобальное потепление
ИК - изменение климата
МГЭИК - международная группа экспертов ООН по изменению климата
МО - Мировой океан
МОЦАО - модель общей циркуляции океана и атмосферы
МЧР - механизм чистого развития
МЭА - Международное энергетическое агентство
ПГ - парниковый газ
ПСО - проект совместной деятельности
РКИК - Рамочная конвенция ООН об изменении климата
СЛО - Северный Ледовитый океан
УВ - углеводороды
УН - углеродный налог
CCS - Carbon Capture and Storage
NOAA - National Oceanic and Atmosphere Administration
ppm - доля частиц парникового газа на миллион частиц