**Угрожающее потепление**

Доктор физико-математических наук В. Лысцов.

Климат Земли становится с каждым годом мягче, а в Арктике теплеет в два-три раза быстрее, чем на всей остальной планете: за последнюю сотню лет температура там выросла на 4-5оС. Границы сплошных морских льдов смещаются все дальше и дальше на север. Особенно заметно потепление в материковой части Арктики - на Аляске, северо-западе Канады и азиатском побережье Северного Ледовитого океана. В результате уникальный животный и растительный мир Арктики и образ жизни ее коренных жителей оказались на грани исчезновения. Автор статьи Виталий Николаевич Лысцов работает в Российском научном центре "Курчатовский институт". Многие годы он занимался вопросами радиационно-экологической безопасности полярного региона, участвовал в работе Международной группы по защите арктической морской среды.

История климатических исследований в полярных широтах начинается с морского похода сэра Хью Виллоуби в 1553 году. Он пытался разыскать северо-восточный морской путь из Англии в Индию и Китай. Однако его корабли зажало льдами вблизи нынешнего Мурманска, и сам сэр Хью и многие моряки погибли во время зимовки от холода. Только один из кораблей экспедиции Виллоуби под командованием Ричарда Ченслера, отколовшийся ранее от основной флотилии вблизи Лофотенских островов, сумел пробиться на восток и добраться до устья Северной Двины в Белом море. Сейчас вблизи места первой высадки Ченслера располагается главная колыбель подводного флота России - город Северодвинск. Затем Ченслер через Холмогоры отправился в Москву и получил аудиенцию у Ивана Грозного. Их встреча открыла эпоху прямой торговли между Россией и Англией. Позднее, в конце XVI века, в полярных широтах совершал свои открытия великий мореплаватель Виллем Баренц. За ним последовала целая череда европейских полярных исследователей и китобоев.

Во всех корабельных журналах, наряду с навигационными сведениями и изложением ярких, часто трагических событий на борту, почетное место отводилось описанию ледовых условий. Этими климатическими исследованиями мореплавателей прошедших веков и воспользовались норвежские ученые. Изучив архивные фолианты и современные спутниковые данные, они построили более 6000 карт, дающих сведения о распространении морских льдов в Арктике с 1553 по 2002 год. Тщательный анализ карт подтвердил существовавшее и ранее у климатологов представление о "малом ледниковом периоде" - примерно с 1300 по 1900 год. По самым разным научным свидетельствам арктический климат в тот период был намного суровее нынешнего. Линия льдов с XVI по XIX век хотя и менялась, но тем не менее оставалась близкой к линии, "запротоколированной" на картах мореплавателей эпохи сэра Хью.

Кардинальное изменение ситуации случилось в ХХ веке. Спутниковые фотографии со всей неопровержимостью показывают, что покров арктических льдов с 1970 по 2002 год сократился примерно на 25%. На ледовых картах мореплавателей XIX века показано, что в 1890 году сплошные арктические льды закрывали все Баренцево море и, перекрывая пролив Фрама, тянулись до побережья Исландии. На спутниковой фотографии того же района, сделанной в 2003 году, видно, что открытые воды достигают архипелага Шпицберген, а в Баренцевом море простираются вплоть до побережья Новой Земли. Это означает, что за 113 лет, прошедших после 1890 года, ледовое покрытие в этой части Арктики уменьшилось почти на треть.

Три последних десятилетия льды всей Арктики сжимались, словно шагреневая кожа (в особенности летом - с июля по сентябрь), теряя чуть менее 1% общей поверхности летнего ледового покрова. Каждый год исчезало чуть ли не по 100 тысяч квадратных километров льда - площадь всей Исландии. Уменьшается не только площадь ледовой поверхности - истончается и сам лед. За последние 30 лет толщина морских льдов уменьшилась на 1,3 м, почти вдвое. А чем тоньше лед, тем короче ледовый сезон. Теперь льды начинают таять весной раньше и покрывают поверхность воды осенью позже, чем обычно.

Понятно, что такие резкие изменения арктического климата сказываются на судьбе полярных жителей. Арктические льды - среда обитания для многих морских млекопитающих. Кольчатые нерпы, например, устраивают на прочном льду свои лежбища и выкармливают там щенков. На льдах или на твердой земле строят берлоги белые медведи. Для медведицы и медвежат весной наступает критический период. Когда самка с выводком поднимается после 5-7-месячного голодания, то достаточное количество добычи (прежде всего крупной, такой, как нерпы) для нее вопрос жизни и смерти. Но если весенние льды рано тают и ломаются, то дальние переходы к местам охоты невозможны. Недостаток питания приводит к тому, что в последние годы, по данным канадских исследователей, состояние здоровья белых медведей, особенно беременных самок и детенышей, заметно ухудшилось. Упала рождаемость, снизились число медвежат в возрасте до одного года и их средний вес, примерно на 15%.

Для другого крупного вида морских млекопитающих - моржей сдвиг кромки льдов от берега опасен по другой причине. Дело в том, что основной корм моржей - донные моллюски, а по мере удаления льдин от берегов моржам приходится нырять за ними все глубже и глубже.

Чем меньше численность полярных животных, тем труднее жизнь эскимосских охотников. Призыв о помощи первым жертвам глобального потепления раздался из Италии, из Милана, где недавно проходила 9-я Всемирная конференция Рамочной конвенции ООН по изменению климата, собравшая представителей 180 стран. На одном из заседаний выступила Шейла Ватт-Клотье, председатель Полярной конференции инуитов. Инуиты - принятое сейчас название эскимосов - народа, живущего в Гренландии, полярных областях Канады, на Аляске, а также у нас на Чукотке, где произошла частичная ассимиляция немногочисленных инуитов с чукчами. Ватт-Клотье заявила, что глобальное потепление уже сейчас ставит под угрозу выживание коренных народов Арктики (а их более 150 тысяч человек), особенно тех, чей традиционный образ жизни связан с охотой на крупного морского зверя (белых медведей, моржей, нерп и других обитателей Ледовитого океана). Аборигены Арктики говорят: "Для вас - городских жителей - то, что происходит, лишь картинки на телеэкране, взглянув на которые вы можете отправиться в супермаркет. Для нас - это повседневная жизнь, и, чтобы поддерживать ее дальше, мы каждый день должны выходить на лед и возвращаться с добычей".

Физические причины глобальных изменений климата изучаются давно. Сегодня его основной движущей силой принято считать так называемый парниковый эффект, который создают парниковые газы. По крайней мере, такой позиции придерживается большинство ученых в рабочих группах Рамочной конвенции ООН по изменению климата. Однако существует и другая точка зрения: некоторые исследователи считают, что нынешнее потепление - лишь один из этапов естественной смены климатических циклов.

Парниковые газы - водяной пар, углекислый газ, метан, фтор- и хлорсодержащие углеводороды, закись азота - прозрачны для солнечного света, как стеклянная крыша парника, но задерживают тепловое инфракрасное излучение нагретой солнцем земной поверхности. Парниковое "одеяло" из газов делает нашу планету пригодной для жизни. Если бы парниковых газов в атмосфере не было, то средняя температура земной поверхности упала бы на 33оС, с плюс 14оС до минус 19оС, и наша Земля превратилась бы в ледяной шар. Кстати, адская жара на Венере, атмосфера которой на 97% состоит из углекислого газа, непосредственно связана с парниковым эффектом, который обеспечивает прирост температуры на 523оС. На холодной планете Марс парниковый эффект повышает среднюю температуру лишь на 10оС.

Количество парниковых газов в воздухе стало заметно расти после начала промышленной революции в Европе, около 1750 года. Измерения концентрации углекислого газа в атмосфере проводятся с 1850 года. За это время она выросла с 0,028% до 0,037% (2000 год), или в 1,3 раза.

С начала 1990-х годов решение проблемы снижения выбросов парниковых газов стало одной из приоритетных задач мирового сообщества. Первым практическим шагом к ее решению считается Киотский протокол, подписанный в декабре 1997 года. Его основной целью объявлено сокращение развитыми странами к 2008-2012 годам суммарных выбросов в атмосферу углекислого газа на 5,2% по сравнению с выбросами 1990 года. На развивающиеся страны Протокол вообще не возлагает никаких обязательств, кроме пожеланий перейти по возможности на использование энергосберегающих технологий. По договоренности Протокол вступает в действие после ратификации его странами, вместе выбрасывающими в атмосферу не менее 55% углекислого газа. Его ратифицировали 120 стран (включая Европейский союз, Японию, Китай и Индию), производящих примерно 44% углекислоты. Три года назад Соединенные Штаты, ответственные за 36% выбросов углекислого газа, вышли из Протокола. На долю России приходится 17% мировых выбросов, и поэтому для судьбы Киотского протокола ее позиция оказалась решающей. После нескольких лет колебаний Россия высказалась в пользу его ратификации. С 16 февраля 2005 года Киотский протокол вступает в действие.

Однако крупнейший загрязнитель атмосферы - США - по-прежнему не собирается ратифицировать протокол. Именно поэтому представители Полярной конференции инуитов заявили в Милане, что обратятся с жалобой на США в Межамериканскую комиссию по правам человека с тем, "чтобы провести оценку и объявить, что человеческая деятельность, приводящая к выбросам парниковых газов, действительно нарушает права инуитов всего мира". Ватт-Клотье заявила, что если не будут приняты долгосрочные обязательства по уменьшению выбросов парниковых газов, то традиционный образ жизни и традиционная культура инуитов исчезнут с лица Земли.

Действительно, опасность вполне реальна, и только научный анализ даcт ответ на вопрос, можно с ней справиться или нет. Недаром Владимир Иванович Вернадский говорил о неизбежности и необходимости перехода к ноосфере, сфере разума, чтобы обеспечить сохранение и развитие цивилизации. Очевидно, для того чтобы регулировать состояние климата Арктики, нужно разобраться в общих механизмах потепления климата, а затем оценить имеющиеся в руках человека средства воздействия и, не в последнюю очередь, экономические затраты, связанные с необходимыми действиями для стабилизации климата. Только тогда можно ответить на вопрос: сохранится ли традиционная культура инуитов?

Международная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) Рамочной конвенции ООН рассмотрела в 2000 году примерно 40 основных сценариев развития цивилизации до 2100 года, главным образом с точки зрения потребления ископаемого топлива и соответствующего ему роста содержания в атмосфере СО2 и других парниковых газов, а также прироста средней глобальной температуры и повышения уровня моря. Рассматривались сценарии как связанные с самым интенсивным использованием ископаемого топлива, так и учитывающие возможный переход на новые альтернативные (солнечная, термоядерная, ветровая и др.) источники энергии. Один из сценариев - "работаем как обычно" (BAU - business as usual) - сохранял основные экономические и демографические закономерности развития цивилизации неизменными. Удивительно, но, согласно сценарию BAU, прогнозируемые изменения к 2100 году оказались не такими значительными, как можно было бы предполагать: рост среднегодовой температуры от 2 до 4,5оС; подъем уровня моря от 0, 3 до 0,5 м. Однако и эти, на первый взгляд не столь радикальные , перемены ведут к неисчислимым экологическим, экономическим, социальным и политическим последствиям.

Прогноз изменения климата в Арктике был сделан в Вычислительном центре Российской академии наук еще в 90-е годы. Расчеты показали, что климатические изменения в Арктике будут выражены особенно ярко, а экологические системы полярных районов окажутся наиболее уязвимыми. В соответствии с моделями российских математиков особенно сильно потеплеет в материковой части Арктики - в Азии и на Аляске. Здесь уменьшатся снежно-ледяной покров и зона вечной мерзлоты, в среднем возрастет количество осадков, что объясняется более интенсивным испарением с поверхности океана. Однако в некоторых районах осадков станет даже меньше. Примерно на 100-200 км к северу сдвинется зона тайги. В целом климат Арктики станет более теплым и влажным, резко усилятся штормовые ветры, а в океане уменьшится площадь льдов.

Основные выводы российских ученых нашли подтверждение в выводах Международной группы по оценке воздействия на климат Арктики. Они стали достоянием научной общественности на международном научном симпозиуме, прошедшем с 9 по 12 ноября 2004 года в Рейкьявике, в Исландии. Оценки показали, что среднегодовая температура в Арктике растет быстрее, чем думали раньше. Арктический климат теплеет примерно в два-три раза быстрее, чем глобальный климат.

Действительно, темпы роста среднегодовой температуры над некоторыми районами Арктики могут достигнуть 0,2оС за год. Потепление будет неравномерным. Оно захватит арктическую Евразию и западные части США и Канады, но - поразительным образом! - в северо-восточной Канаде и Гренландии будет некоторое время наблюдаться похолодание со снижением температуры до 0,2оС в год. Еще более странно выглядит прогноз снижения теплового потенциала Гольфстрима - течения, приносящего на север Атлантики дыхание тропиков. Так что климатические изменения в Северной Европе могут пойти в направлении, противоположном потеплению. Однако обоснование этих прогнозов требует дальнейшей серьезной работы. По современным прогнозам, к 2100 году в Арктике потеплеет на 4-7оС по сравнению с началом века, ледовое покрытие Арктического бассейна в летнее время уменьшится вдвое и начнется заметное таяние Гренландского ледяного щита. В результате уровень Мирового океана к 2100 году поднимется почти на один метр.

Сейчас есть смысл попытаться, хотя бы бегло, взглянуть на ожидаемые последствия потепления в Арктике и приступить к их предварительной оценке. Для нашей страны на первое место, пожалуй, выйдут последствия, связанные с отступлением вечной мерзлоты. Вечная мерзлота в высоких широтах - своего рода строительный материал, на котором воздвигнуты несущие части домов и сооружений. Из нее фактически "сложены" стенки подземных хранилищ, в которых покоятся отходы промышленной деятельности. Зона вечной мерзлоты охватывает огромную часть территории России. Отступление мерзлоты будет сопровождаться разрушением домов и промышленных сооружений. Значительные изменения прочности зданий уже произошли в Якутске, столице республики Саха- Якутия, а к 2030 году масштабы разрушений могут стать катастрофическими, если не принять срочных защитных мер. Поэтому специалистам необходимо оценить сроки и масштабы ожидаемых изменений для всех городов и поселков в зоне вечной мерзлоты и немедленно приступить к необходимым работам. В опасности окажутся и многие технические сооружения: нефтяные вышки, тысячекилометровые нефте- и газопроводы. Новые же крупномасштабные сооружения, например нефтепровод к мурманским морским терминалам, уже придется проектировать с учетом условий меняющейся климатической ситуации.

Не меньшими, а возможно и более значительными, неприятностями грозит разрушение стенок подземных хранилищ. Десятки лет на северных территориях шла добыча полезных ископаемых - нефти, газа, металлов. Огромные количества сырой нефти "потерялись" при авариях и протечках на нефтепроводах, но не распределились в почве, а остались в земле, скованные вечной мерзлотой. При таянии мерзлоты новые биоценозы могут быть отравлены нефтью. Образно такие ситуации принято называть "химическими временны, ми бомбами", имея в виду отсроченный характер вредного воздействия. Временные бомбы могут иметь и "металлическую" природу: в отходах и отвалах горнодобывающих производств на вечной мерзлоте содержатся огромные количества вредных для всего живого тяжелых металлов. На Севере уже пришлось столкнуться с проблемой, когда в поверхностные воды стали попадать размываемые в оттепель сельскохозяйственные удобрения и ядохимикаты.

Живой мир Арктики чутко реагирует на потепление климата. Проникновение южных видов растительности на север заметно уже сейчас. В дальнейшем "новоприбывшие" могут полностью вытеснить некоторых "старожилов" Арктики. Граница лесов продвигается на север и приближается к побережью Северного Ледовитого океана. Леса сменят тундру, а на территории, занятые сейчас полярными пустынями, придет тундровая растительность. Выше уже говорилось о крупных морских млекопитающих, чья жизнь тесно связана с полярными льдами. Но и на суше изменения характера ландшафта могут иметь критическое значение. Например, у гусей в Арктике проходит брачный период и вскармливание потомства. Даже умеренное потепление приведет, по различным оценкам, к потере 20-70% территорий, пригодных для гнездования. А при значительном потеплении потери могут возрасти до 90% и более. Тогда о сохранении популяций многих видов гусей придется забыть. Список опасностей для перелетных птиц, связанных с потеплением климата, можно было бы продолжить. Все это заставляет со всей серьезностью отнестись к тревоге инуитских охотников: потепление в Арктике действительно проблема глобальная. Что же можно сделать для того, чтобы отвести надвигающуюся угрозу?

Единственный механизм борьбы с глобальным потеплением, предложенный к настоящему времени, - это Киотский протокол. Приведет ли выполнение его положений к исчезновению или хотя бы к отсрочке угрозы? Предположим, что снижение выбросов СО2 пойдет в полном соответствии с протокольным графиком. В 2005-2010 годах мировая экономика будет продолжать развиваться и требовать новых затрат энергии, в том числе и в виде ископаемого топлива. Рост энергозатрат, скорее всего, будет отставать от роста экономики в целом, в связи с уменьшением энергоемкости производств. Выброс СО2 на единицу произведенной энергии также будет снижаться. Тем не менее оценки показывают, что страны Западной Европы для выполнения Киотского протокола к 2010 году должны уменьшить выбросы СО2 по сравнению с ожидаемыми на 28%. Помните, как Алисе из сказки Льюиса Кэрролла приходилось бежать все быстрее и быстрее, чтобы оставаться на месте? Так и развитым странам придется вкладывать все больше и больше средств, чтобы сохранить неизменным уровень промышленных выбросов. Экономисты подсчитали, что необходимые затраты на осуществление мероприятий по Киотскому протоколу в 2010 году будут варьировать от 100 до 400 миллиардов долларов, в зависимости от сценария.

Нашей стране выполнять условия Протокола поначалу будет сравнительно просто. Так как в России из-за экономического спада 1990-х годов в 2003 году выбросы углекислого газа были почти на 30% ниже уровня 1990 года, то по крайней мере на ближайший период затрат на сокращение выбросов удастся вообще избежать. Больше того, можно рассчитывать на продажу другим странам за миллиарды долларов квот на выбросы СО2, которыми располагает Россия. Однако неизбежный и желанный экономический рост в нашей стране рано или поздно заставит Россию "бежать все быстрее, чтобы оставаться на месте".

В том же положении окажется и весь остальной мир. Сохранение уровня выбросов СО2 на 5,2% ниже уровня 1990 года потребует к 2050 году снижения выбросов по сравнению с ожидаемыми на 50%, что обойдется экономике примерно в триллион долларов в год и составит примерно 2% ВВП, а к 2100 году - 4% ВВП ежегодно.

Какую отсрочку по сравнению со сценарием "работаем как обычно" мы получим после выполнения требований Киотского протокола? Ответ парадоксальный: рост температуры по сравнению с ожидаемым повышением на 2-5оС в мировом масштабе и на 4-7оС в Арктике к 2100 году снизится на 0,15оС, то есть потепление будет отсрочено всего лишь на шесть лет. Кроме того, к расходам на выполнение мероприятий Киотского протокола добавятся еще и затраты на те самые последствия потепления, которые все равно наступят, пусть и на шесть лет позже. Тогда для чего нужен и нужен ли вообще Киотский протокол?

Киотский протокол необходим, как первое совместное усилие государств Земли по регулированию климата. Обязывающий характер Протокола заставляет со всей серьезностью отнестись к развитию альтернативных источников энергии, таких, как солнечная, термоядерная и прочие ее виды. Киотский протокол обязывает переходить на энергосберегающие технологии и требует от развитых стран передачи этих технологий развивающимся странам. Но совершенно очевидно, что в будущем потребуется регулярный пересмотр Протокола, и его задачи могут стать настолько амбициозными, насколько это позволит общий потенциал цивилизации.

Таким образом, за сроки, соизмеримые с продолжительностью человеческой жизни, глобальное потепление вряд ли удастся предотвратить, если только не появятся новые кардинальные подходы. Для инуитов Аляски и обитателей нашей Чукотки это может звучать приговором их традиционному образу жизни, но инуиты Гренландии и востока Канады смогут сохранить свою самобытность еще в течение длительного времени.

Вообще говоря, современный человек уже пережил глобальное потепление гораздо более грандиозных масштабов. Последний межледниковый период нашей истории (голоцен) начался всего лишь около 10 000 лет назад. Таяние льда при этом привело к повышению уровня моря на 120 м (сравните с предсказываемыми к 2100 году 0,5 м), и тем не менее именно в этот период расцвела наша цивилизация. Конечно, ни в коем случае не хотелось бы потерять уникальный мир Арктики. Для тех, кто обеспокоен этим, любит арктическую природу и культуру населяющих Арктику народов, быть может, прозвучит утешением предсказание некоторых ученых: через 23 тысячи лет наступит новый ледниковый период!

**Список литературы**

Александровский Г. Вода и суша. Схватка двух стихий. - 2000, № 3.

Бабенко В. Верх по лестнице, ведущей вниз. - 2001, № 1.

Бардин А., Новиков Ю., Рейхерт А., Фролов Д. Астроклимат Камышина . - 2004, № 3.

Борисенков Е., докт. физ.-мат. наук, Пасецкий В., докт. истор. наук. Рокот забытых бурь. - 1987, №№ 8, 9, 10; 1995, №№ 3, 4.

Губарев В. Академик Ю. А. Израэль: какую погоду ждать на Земле? - 2002, № 1.

Киотский протокол вступает в силу.. - 2004, № 12.

Николаев Г. Климат на переломе. - 1995, № 6.

Николаев Г. Союз океана и атмосферы правит климатом. - 1998, № 1.

Сугой О. Экономическая экология. - 2004, № 5.