

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КЛИМАТ ЗЕМЛИ

Беляев А. М., к.г.-м.н., доц. (СПбГУ, Санкт-Петербург)

Современные климатические изменения на планете – повышение среднегодовой температуры и таяние ледников, многие исследователи связывают с глобальными антропогенными атмогеохимическими изменениями, в частности, с так называемым, «парниковым эффектом», который определяется техногенными выбросами в атмосферу углекислого газа при сжигании углеводородного топлива. Однако глобальные климатические изменения на Земле, такие как оледенения, изменение температурного режима и уровня Мирового океана происходили неоднократно и определялись воздействием природных физико-химических и космогонических факторов. В последнее время накопилось много фактов и теоретических разработок, позволяющих оценить влияние геохимических и геофизических факторов на климат Земли.

Из геохимических факторов наибольшую озабоченность у мировой общественности вызывают антропогенные выбросы углекислого газа и их влияние на климат Земли, в частности, на увеличение среднегодовой температуры атмосферы. По мнению Межгосударственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) ООН средняя температура по Земле поднялась на 0,7 °С по сравнению со временем начала промышленной революции (со второй половины XVIII века), и что «большая доля потепления, наблюдавшегося в последние 50 лет, вызвана деятельностью человека», в первую очередь выбросом газов, вызывающих парниковый эффект, таких как углекислый газ (CO₂) и метан (CH₄).

В современной литературе под «парниковым эффектом» понимается повышение температуры нижних слоев атмосферы планеты по сравнению с эффективной температурой теплового излучения планеты, наблюдаемого из космоса. Суть его заключается в следующем: при попадании солнечных лучей на почву, горные породы и воду они нагреваются и выделяют инфракрасное излучение. Помимо азота и кислорода атмосфера насыщена газами (CO₂, CH₄, O₃, N₂O), которые понижают ее теплопроводность, и она частично задерживает отраженную поверхностью планеты энергию солнца, при этом преимущественно нагревается тропосфера. Естественно, чем больше в атмосфере содержится газов, понижающих ее теплопроводность, тем выше будет ее температура.

Однако название явления «парниковый эффект» является неточным. Настоящий парниковый эффект должен иметь место в парнике или теплице. Но в парнике из-за высокой скорости прироста биомассы углекислый газ быстро поглощается растениями и поэтому там его недостаток. В промышленных теплицах добавляют углекислый газ из баллонов. Тогда почему же в парнике температура воздуха выше, чем снаружи? Под воздействием солнечной радиации почва нагревается и из нее испаряется влага. За пределами парника эта влага рассеивается в атмосфере и поступает в круговорот воды. В парнике влага конденсируется на пленке или стекле и при этом выделяется дополнительное тепло. Кроме того, тепловые (инфракрасные) лучи; отражаются стеклом, так как оно прозрачно для видимого света и почти непрозрачно для теплового излучения. Все это ведет к росту

температуры, Таким образом, повышенная температура воздуха в парнике никак не определяется «парниковыми газами».

И все же антропогенные выбросы углекислого газа считают главным виновником глобального потепления. Особенно впечатляют цифры: так по разным оценкам вследствие промышленной деятельности человека выделяется ежегодно около 7–10 млрд тонн двуокиси углерода. Вместе с тем, при дыхании живых организмов выделяется CO_2 в десять раз больше, и примерно столько же поглощается растениями при фотосинтезе. Кроме того, по оценкам Д. Рейкоски [1], содержащийся в почве органический углерод составляет около 3/4 всего углерода экосистемы суши, и при обработке и удобрении почвы они теряют от 30 до 50% содержавшегося в них углерода. Похожие результаты, полученные недавно М. Мэк [2] показали, что регулярное удобрение тундры азотом и фосфором приводит к увеличению растительной биомассы, и одновременно к активизации гетеротрофных бактерий, разлагающих органическое вещество в почве и выделяющих при этом CO_2 .

По литературным данным доля антропогенного оксида углерода в балансе углеродного цикла Земли составляет первые проценты, однако оценки доли его вклада в парниковый эффект различными авторами неоднозначны и колеблются в пределах от 2 до 80% [1–4].

Один из важных фактов, который трактуется в пользу влияния выбросов антропогенного углекислого газа на парниковый эффект – результаты анализа проб фирна Антарктиды и Гренландии. По этим данным корреляция изменения температуры и содержания CO_2 устанавливается для интервала времени в 500 000 лет, задолго до появления техногенных выбросов углекислого газа [3]. Объяснить это можно тем, что в соответствии с законом Генри, существует динамическое равновесие между парциальным давлением газа в атмосфере и его содержанием в гидросфере. Сейчас в водах океанов растворено углекислого газа приблизительно в 60 раз больше, чем его содержится в атмосфере. При изменении температуры воды в Мировом океане часть углекислого газа переходит из океана в атмосферу, или наоборот. Растворимость CO_2 в воде заметно уменьшается с ростом температуры, поэтому всегда потеплениям климата будут соответствовать увеличения парциального давления этого газа в атмосфере, а похолоданиям – снижения давления.

В течение последних 500 млн лет истории Земли температура была значительно выше сегодняшней, а за последние 2,5 млн лет теплые межледниковые периоды занимали только десятую часть всего времени, остальное пришлось на оледенения. Нынешний период, который продолжается уже 10 тыс. лет является межледниковым, поэтому сокращение ледяного покрова естественно [4].

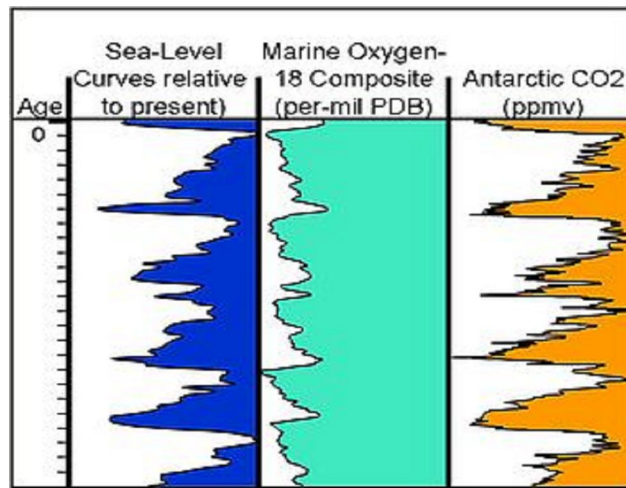


Рис. 1. Климатические индикаторы за последние 0,5 млн лет: изменение уровня океана (синий), концентрация ^{18}O в морской воде, концентрация CO_2 в антарктическом льду. Деление временной шкалы — 20 000 лет. Пики уровня моря, концентрации CO_2 и минимумы ^{18}O совпадают с межледниковыми температурными максимумами (3).

В целом складывается впечатление, что основные причины катастрофических прогнозов многих ученых и принятия серьезных экономических договоров на мировом уровне имеют геополитический характер.

В атмосфере есть еще один газ, который называют «парниковым» – это метан. И хотя концентрация метана в атмосфере в 200 раз ниже, чем CO_2 , радиационная активность его примерно в 21 раз выше. В середине прошлого века «парниковый эффект» от метана составлял 6% по отношению к эффекту, даваемому углекислым газом, сейчас он составляет уже 10%, а через полвека может достигнуть 14%. Анализ воздуха, захватываемого полярными льдами, показывает, что современный прирост концентрации метана в атмосфере беспрецедентен за последние 160 тыс. лет. Весьма возможно, что одним из источников служат наблюдаемые и скрытые выбросы метана при разложении природных газовых гидратов [3].

О существовании газовых гидратов узнали совсем недавно. Большинство природных газов, в том числе и метан, образуют гидраты или клатраты – кристаллические структуры, в которых газ находится в окружении молекул воды, удерживаемых вместе низкой температурой и высоким давлением. Молекулы газа связаны с каркасом воды вандер-ваальсовскими связями. При этом 1 м³ воды может связать до 220 м³ метана [5].

Гидрат метана напоминает лед, или спрессованный снег, который способен гореть, словно газовая горелка, если его поджечь. На континентах существуют условия для образования газогидратов. Достоверно известно о наличии газогидратов в Якутии в зоне вечной мерзлоты, где присутствуют минусовые температуры на глубинах 100 и более метров. Газогидраты образуются на границе мерзлых и талых пород, где достаточно воды и метана, а давление и температура соответствуют необходимому уровню. Залежи гидратов метана в районах вечной мерзлоты были обнаружены в Западной Сибири и на Аляске [6].

Ресурсы природного газа в гидратах континентальной и шельфовой части России оцениваются 100–1000 трлн куб. м. [5].

Давление и температура, необходимые для устойчивого существования в природе гидрата метана, встречаются не только в районах вечной мерзлоты, но и на дне океана. Условия континентального шельфа обеспечивают возможность для существования в природе гидратов метана в верхних слоях морских отложений (на глубине нескольких сотен метров) и практически на всех глубинах за исключением прибрежных. Таким образом, на морском дне сосредоточены огромные запасы твердых гидратов метана.

Метангидраты могут довольно долго существовать в условиях низких давлений и при более высокой температуре, но обязательно отрицательной – в этом случае они находятся в метастабильном состоянии, их существование обеспечивает эффект самоконсервации – при разложении метангидраты покрываются ледяной коркой, что мешает дальнейшему разложению.

Количество метана, которое таят в себе природные газовые гидраты, в 3 тыс. раз превосходит его количество в атмосфере. Освобождение этого парникового потенциала имело бы страшные последствия для человечества. Потепление может вызвать разложение гидратов, а освобождающийся при этом метан приведет к дальнейшему потеплению. Таким образом, может начаться самоускоряющийся процесс.

Газовые гидраты, расположенные на больших глубинах в пределах акватории Мирового океана, при глобальном потеплении с большой вероятностью останутся стабильными. Наибольшую опасность представляют гидраты, которые уже сейчас находятся в метастабильном состоянии (в зонах вечной мерзлоты). Особенно подвержены изменению климата газогидратные отложения континентальных арктических шельфов. Из-за поднимающегося уровня моря они заливаются водами Северного Ледовитого океана и испытывают повышение температуры. Для газовых гидратов критической является температура, выше которой перестает действовать эффект самоконсервации и начинается их обвальное разложение. Существуют гипотезы, согласно которым периодические потепления и оледенения на Земле вызваны разложением и образованием залежей газовых гидратов.

Однако, в целом, решение проблемы взаимосвязи климат – газовые гидраты находится сегодня в зачаточном состоянии.

Среди основных внешних воздействий на климат могут оказывать изменения орбиты Земли (циклы Миланковича) и солнечной активности. Однако влияние солнечной активности на климат зависит от величины и конфигурации магнитного поля Земли, которое искривляет поток «солнечного ветра» – заряженных частиц, прилетающих из космоса. В результате большинство из них огибает Землю по замкнутым траекториям и не наносит вреда. Резкие колебания поля привели бы к тому, что число высокоэнергетических частиц, проникающих сквозь атмосферу, возросло бы в десятки раз.

Известно, что в последнее время напряженность геомагнитного поля убывает, а магнитные полюса изменяют свое географическое положение. Кроме того, геомагнитное поле имеет переменную компоненту, зависящую от интенсивности корпускулярных потоков, идущих от Солнца. В конце концов, произойдет инверсия геомагнитного поля.

Магнитные полюса Земли меняются местами с интервалом примерно в миллион лет. Только за последние 160 млн лет это происходило около 100 раз, а со времен последнего прошло 720 тыс. лет.

Фундаментальные исследования палеомагнетизма, сопряженные с палинологическими исследованиями проведенные в последние годы показали определяющее влияние геомагнитного поля на климат нашей планеты [7].

Существенно влияние на климатический режим такого явления, как экскурс магнитного поля Земли. Экскурсы – это очень короткие в геологическом масштабе времени изменения магнитного поля Земли, длительностью от нескольких сотен до нескольких тысяч лет, которые происходили в периоды максимумов солнечной радиации. При этом происходило резкое изменение магнитного поля, вплоть до кратковременной перемены его полярности. Природа этого явления, вероятно, связана с процессами дифференциации вещества жидкого ядра Земли.

Связь вариаций геомагнитного поля и изменений климата подтверждается сопряженными палеомагнитными и палинологическими исследованиями геомагнитных экскурсов на неоплейстоценовых отложениях в разных регионах. Было установлено, например то, что экскурсы проходили во время жаркого засушливого климата, тогда как их начала и концы приурочены к похолоданию и увлажнению. Экскурсы происходили при аномальном магнитном поле на фоне минимумов его напряженности. Эти исследования были сопоставлены со многими другими, в результате чего была получена картина взаимосвязи между колебаниями геомагнитного поля и палеоклимата [7].

Наиболее сильные изменения геомагнитного поля – инверсии полюсов связаны, вероятно, с внутриземными процессами, происходящими главным образом на границе мантия–ядро. В работе А. Г. Пospelовой [8] разработана примерная цепочка событий, происходящих во время инверсий, составленная по палеомагнитным данным: 1) величина магнитного момента понижается, возникают многочисленные колебания направления типа коротких экскурсов, магнитные полюса опускаются в средние широты; 2) на фоне минимума магнитного момента (в 5–10 раз ниже современного) магнитные полюса переходят в другое полушарие; 3) восстановление повторяет в обратном порядке начало инверсии: хаос сменяется квазистационарным полем, магнитный момент начинает возрастать, магнитные полюса сдвигаются в приполюсную область другого полушария, колебания затухают, величина магнитного момента восстанавливается.

Трудно даже себе представить экологические и технические последствия смены полярности магнитных полюсов или даже экскурсов.

Таким образом, влияние природных геохимических и геофизических факторов на климат Земли, представляется определяющим.

Литература

1. *Reicosky D.* // *New Scientist*. 1998. V. 160. N 2161. P. 17.
2. *Mack M.* et al. // *Nature*. 2004. V. 431. P. 440–443.
3. *Глобальное потепление.* Википедия. <http://ru.wikipedia.org> .
4. *Adkins J. F.* et al. // *Nature*. 1997. V. 390. N 6656. P. 117, 119, 154–156.

5. *Соловьев В. А.* Газогидратоносность недр Мирового Океана // Газовая промышленность, 2001, № 12.
6. *Агалаков С. Е.* Газовые гидраты в Туронских отложениях на севере Западной Сибири // Геология нефти и газа, 1997, № 3.
7. *Поспелова Г. А.* Изменения главного геомагнитного поля и глобальных климатических осцилляций в неоплейстоцене. Объединенный институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, Москва. 2005 // <http://rfbr.uire.ru/pdf/2-19p.pdf>.
8. *Поспелова Г. А.* Геомагнитные экскурсы хрона Брюнес и глобальные климатические осцилляции // Физика Земли, 2000, № 8, с 3–14.