О том, как влияет растущий уровень CO_2 в атмосфере на организм человека

В статье описывается токсическое влияние концентрации уровня углекислого газа значительно выше ПДК для рабочей зоны на человека и млекопитающих. Детально исследуется предполагаемый физиологический эффект рассчитанных концентраций атмосферного уровня CO_2 в ближайшие 50 лет.

Автор Д.С. РОБЕРТСОН, ученый (Великобритания),
журнал Current Science, Vol. 90, No. 12, 25 June 2006.

В последнее время много усилий прикладывается к тому, чтобы идентифицировать и уменьшить количество загрязняющих атмосферу веществ. Углекислый газ нельзя считать газом, который отвечает только за то, чтобы пропускать тепло в нашу атмосферу и из нее, сам по себе он является серьезным загрязняющим веществом.

Рассмотрим физиологическое влияние увеличения CO_2 в атмосфере. Концентрация этого газа не поднималась выше 320 ppm за последние 40 тыс. лет. Геологические исследования показывают, что концентрация CO_2 выше 320 ppm последний раз наблюдалась 27 млн лет назад. Исследования показывают, что увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере связано исключительно с деятельностью человека, такой например, как сжигание топлива. При теперешней концентрации CO_2 в атмосфере, равной 373 ppm, люди и другие млекопитающие уже находятся на неизвестной территории, принимая во внимание то, как может атмосфера с гораздо более высоким содержанием углекислого газа влиять на них.

Физиологическое влияние углекислого газа

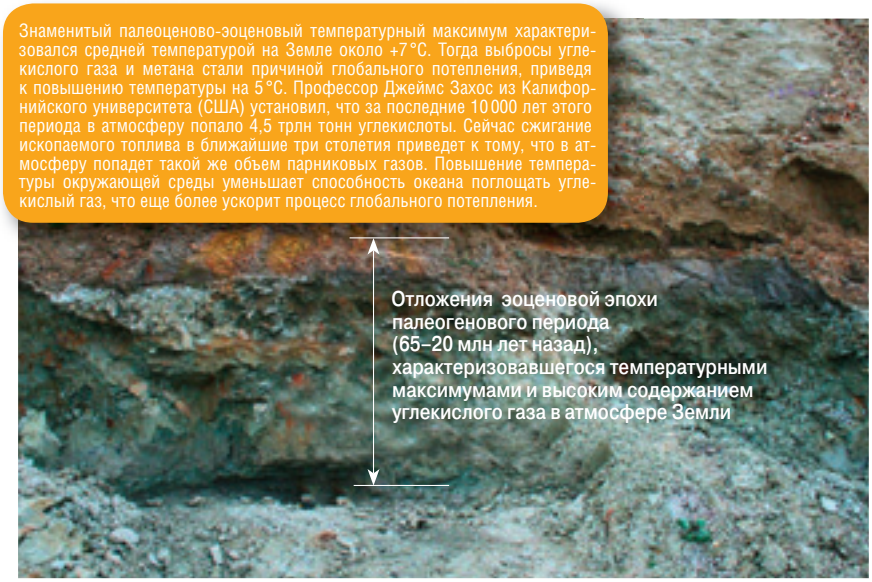
Несмотря на то, что предельно допустимая норма для промышленных производств считается 5000 ppm для 8 рабочих часов при 40-часовой рабочей неделе, ни один человек не сможет выдержать такой уровень CO_2 в атмосфере 24 часа в сутки 365 дней в году на протяжении всей своей жизни, а также ни один человек не сможет произвести на свет потомство в таких условиях. Этот уровень относится к рабочим, которые заняты на пивоварнях и в теплицах, где уровень CO_2 специально устанавливается в пределах 900 ppm. Таким образом, влияние уровня CO_2, которому они подвергаются, является смешанным.

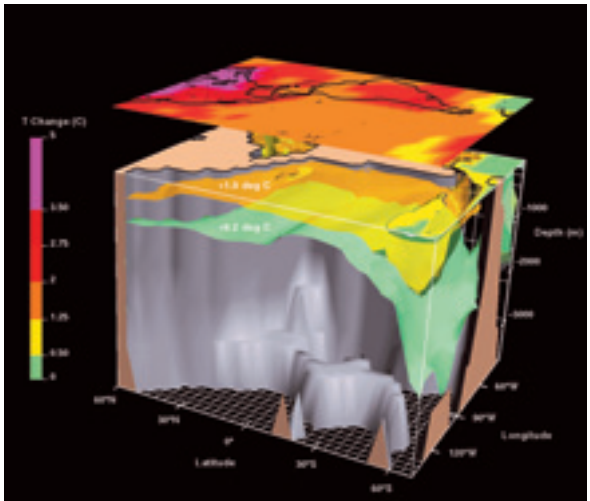
Безопасный уровень CO_2 для жилых и рабочих помещений не имеет отношения к дискуссии по поводу долговременного влияния повышенного уровня CO_2 в атмосфере, которое может быть выше настоящего уровня, но ниже токсичного уровня.

Последние исследования влияния CO_2 на метаболизм человека показывают, что безопасный уровень углекислого газа требует пересмотра, особенно принимая во внимание тот факт, что угольная кислота участвует в виде свободной кислоты в сыворотке крови, которая является щелочной жидкостью [1–4]. Эта работа имеет своей целью показать, что уровень углекислого газа в атмосфере, при котором человечество может выжить, значительно ниже, чем предполагалось. Рассчитанный токсичный уровень углекислого газа в атмосфере, при котором человек может жить всю жизнь — 426 ppm (рис. 1) [4]. При текущем увеличении уровня CO_2 в атмосфере токсичный уровень будет достигнут при AD 2050, основываясь на экстраполяции результатов измерения с Mauna Loa5.

Под влиянием углекислого газа происходит снижение величины *pH* в сыворотке крови, что ведет к ацидозу. Минимальным эффектом последствием ацидоза является состояние перевозбуждения и умеренная гипертензия. По мере возрастания степени ацидоза появляется сонливость и состояние беспокойства.

Знаменитый палеоценово-эоценовый температурный максимум характеризовался средней температурой на Земле около +7 °С. Тогда выбросы углекислого газа и метана стали причиной глобального потепления, приведя к повышению температуры на 5 °С. Профессор Джеймс Захос из Калифорнийского университета (США) установил, что за последние 10 000 лет этого периода в атмосферу попало 4,5 трлн тонн углекислоты. Сейчас сжигание ископаемого топлива в ближайшие три столетия приведет к тому, что в атмосферу попадет такой же объем парниковых газов. Повышение температуры окружающей среды уменьшает способность океана поглощать углекислый газ, что еще более ускорит процесс глобального потепления.





Изменение температуры в атмосфере и мировом океане Земли. Данные за 2007 г.

Одним из следствий этих изменений является уменьшение желания проявлять физическую активность и получать от этого удовольствия. Другие последствия влияния на метаболизм описаны в литературе [6]. Эмбриональные ненормальности становятся также возможными, т.к. увеличение содержания углекислого газа в атмосфере влияет на метаболизм матери и ее потомства.

Токсичный атмосферный уровень

Соотношение между высоким уровнем углекислого газа в помещении и его влиянием на здоровье человека были описаны в литературе [7]. Эти исследования проводились для уровней CO_2 от 300 до 700 ppm выше атмосферного уровня. При концентрации CO_2 600 ppm в помещении люди начинают чувствовать признаки ухудшения качества воздуха. Когда концентрация CO_2 становится выше этого уровня, некоторые люди начинают испытывать один из классических симптомов отравления углекислотой, таких как проблемы с дыханием, учащенный пульс, головная боль, снижение слуха, гипервентиляция, потливость, усталость. При уровне 1000 ppm почти все из находящихся в помещении испытывают те или иные симптомы, описанные выше. Предполагается, что человек подвергается влиянию высокого уровня CO_2 некоторое время, а не всю свою жизнь. В настоящее время можно избавиться от всех этих симптомов, просто выйдя на свежий воздух.

В случае, если уровень CO_2 в атмосфере достигнет 600 ppm, вся планета будет иметь атмосферу, похожую на душную комнату. А условия в помещениях существующих ныне зданий станут еще более неприятными, т.к. уровень CO_2 легко достигнет 1000 ppm и выше.

В офисных зданиях, которые сейчас характеризуются как «больные» из-за отравления в них сотрудников углекислым газом [8], уровень углекислого газа сейчас достигает от 800 до 1200 ppm, а в будущем сможет достигнуть 2000 ppm. Эти уровни CO_2 могут быть даже выше, если уровень CO_2 в атмосфере достигнет 600 ppm.

В странах, где широко используется биомасса для отопления, уровень углекислого газа в помещении не опускается ниже 500 ppm. Этот уровень CO_2 вызовет изменения в метаболизме, как предполагается, такие как

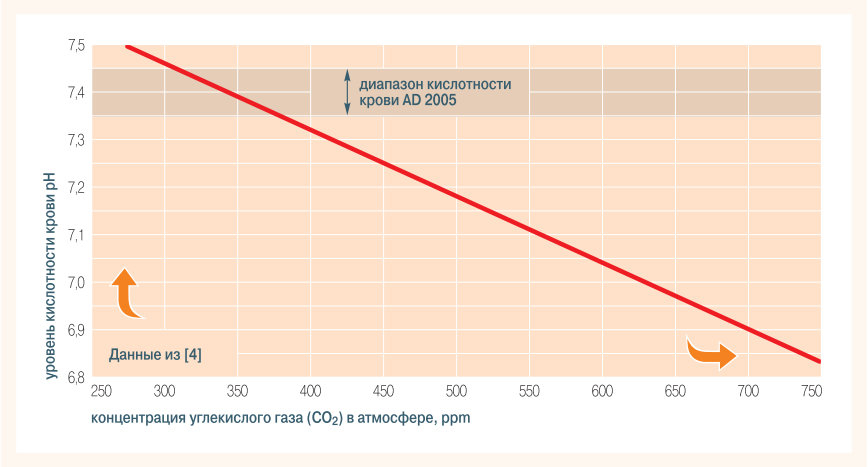


Рис. 1. Изменения в pH крови с увеличением концентрации углекислого газа в атмосфере

снижение *pH* сыворотки крови, что приведет к широкому распространению ацидоза. Это, в свою очередь, увеличит чувствительность к другим негативным факторам [9].

Приматы очень восприимчивы к высокому уровню углекислого газа в атмосфере, это подтверждается геологически-палеонтологическими исследованиями. Во время эпохи эоцена температура на земле была значительно выше, чем сейчас, в то время как уровень CO_2 в атмосфере был приблизительно такой же, как сейчас. Окаменелости показывают, что приматы обильно населяли евразийский континент в *Bartonian* и *Lutetian* годы эпохи эоцена.

Геологические раскопки показывают, что в *Priabonian* годы эпохи эоцена (27 млн лет назад) содержание углекислого газа в атмосфере увеличилось в три раза по сравнению с теперешним уровнем [4].

Окаменелости показывают, что практически все приматы с Евразийского континента исчезли [10].

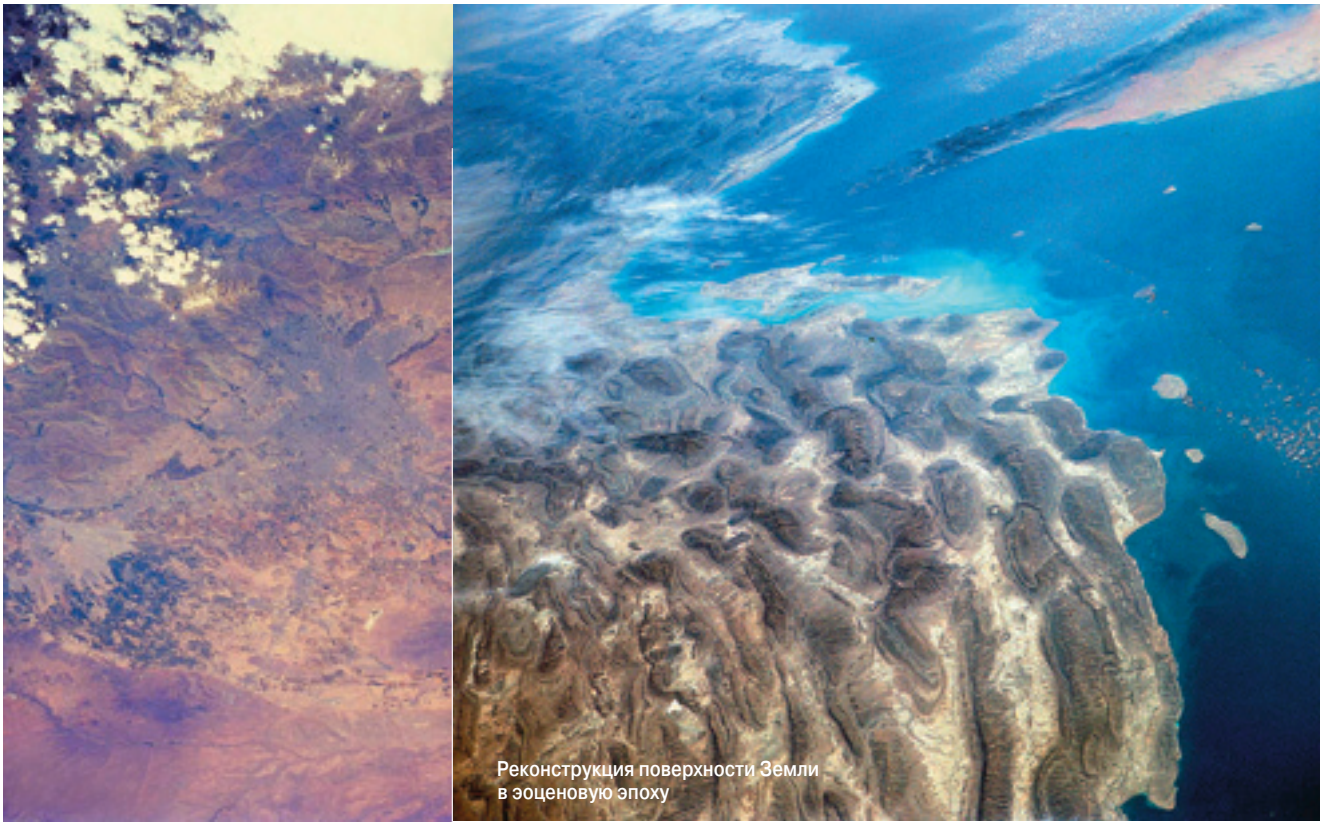
Из этого можно сделать вывод, что приматы могут жить в жарком климате, но не могут выносить высокого уровня углекислого газа в атмосфере.

Физическая адаптация в повысившемуся уровню углекислого газа в атмосфере

Ни люди, ни млекопитающие не смогут приспособиться к высокому уровню углекислого газа в атмосфере. Было установлено в течение многих десятилетий, что люди и млекопитающие вообще не могут адаптироваться к длительному вдыханию токсичных веществ.

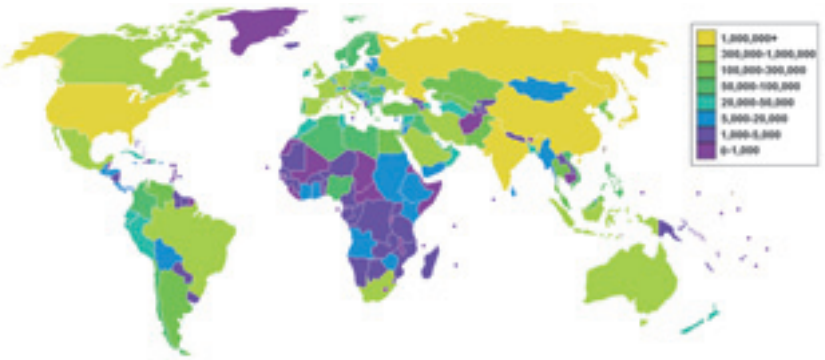
Выводы

Самое нижнее значение, на котором концентрация CO_2 в атмосфере может стабилизироваться при уменьшении активности людей (сжигания биотоплива и т.д.), представляется в исследовании [16] как 550 ppm. Для достижения этого уровня должен быть предпринят ряд ограничений. Скорее всего, если учитывать существующие квоты, уровень CO_2 может достигнуть 750 ppm. Этот уровень никаким образом не соответствует рассчитанному безопасному уровню в 426 ppm. Эта величина также выше, чем 600 ppm, при котором появляется ощущение «душной комнаты». Как только уровень углекислого газа в атмосфере достигнет 600 ppm, нахождение на воздухе станет неприятным и не будет никакой возможности уменьшить симптомы, которые будут сопутствовать данному уровню.



Реконструкция поверхности Земли в эоценовую эпоху

Озеро Натрон в Танзании (Африка), в котором со времен эоценовой эпохи располагаются рекордные мировые запасы карбоната натрия — связанного атмосферного углекислого газа



Эмиссия углекислого газа [тыс. метрических тонн] по странам мира

Эта ситуация вряд ли сможет быть терпимой для человечества (а также для всех млекопитающих, за исключением, может быть, китов) без серьезных изменений со стороны здоровья. Влияние легкого отравления углекислым газом начинает наблюдаться уже сейчас во время атлетических соревнований, т.к. атлетам становится все сложнее улучшить результаты. Также возможно, что смерти во Франции в 2003 г.* были связаны с одновременным воздействием высокой температуры и повышенного содержания углекислого газа в зданиях.

Существует вероятность того, что когда концентрация углекислого газа в атмосфере достигнет 426 ppm (а это может случиться раньше, чем через два поколения от настоящего времени), здоровье, по крайней мере некоторой части населения земли, ухудшится, включая развитые страны.

Также очевидно, что, если наступят те экстремальные условия, которые были описаны выше, биосфере и человечеству угрожает серьезная опасность. ❑

* Во Франции в августе 2003 г. от жары умерли почти 45 тыс. человек (жара была невиданная, под 40 °С): 15 тыс. в Париже и еще не менее 30 тыс. человек в других городах. Возможно, такая же беспрецедентная катастрофа постигла и Испанию, и Италию — точные данные тщательно скрываются. Диагноз умерших определялся как сердечная недостаточность и обострение других болезней (в документах не указывалось, что причина смерти — жара, «перегрев» или вызванные ими инфекционные заболевания). Не лучше дела и в других странах Европы. В Нидерландах в температурный пик лета 2003 г. «нетипичная» смертность достигала 25 человек в день. Министерство здравоохранения Португалии назвало общую цифру (куда включены погибшие от лесных пожаров) в 1316 человек. СМИ пишут о 2000 жертв жары в Италии и примерно таком же количестве в Испании (только в Мадриде от перегрева умерло якобы 370 человек). Статистика в основном неофициальная, т.к. органы здравоохранения отказываются проводить соответствующие расследования, ссылаясь на невозможность в данных случаях отделить «неестественные» причины смертей от «естественных». Получается, что от перегрева за один месяц (или, максимум, полтора) в Старом Свете умерло больше, чем от атипичной пневмонии во всем мире за полгода!

1. Neftal A., Oeschger H., Schwander J., Steuffer B. and Zumbrunn R., Ice core sample measurement gives atmospheric CO_2 content over the past 40,000 yr. Nature, 1982.
2. Petit J.R. et al., Climate and atmospheric history of the past 420,00 years from the Vostok ice core. Antarctic. Nature, 1999.
3. Berner R.A., Lasaga C. and Garrels R.M., The carbonate-silicate geochemical cycle and its effect on atmospheric carbon dioxide over the past 100 million years. Am. J. Sci., 1983.
4. Robertson D.S. The rise in the atmospheric concentration of carbon dioxide and the effects on human health. Med. Hypotheses, 2001.
5. Keeling C.D. and Whorf T.P., Atmospheric carbon dioxide record from Mauna Loa. Period of record 1958–2003. Carbon Dioxide Research Group, Scripps Institution of Oceanography, University of California, Internet source.
6. Wiederkehr M. and Krapf R., Metabolic and endocrine effects of metabolic acidosis in humans. Swiss Med. Wkly, 2001.
7. Seppanen O.A., Fisk W.J. and Mendell M.J., Association of ventilation rates and CO_2 concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. Indoor Air, 1999.
8. Erdmann C.A., Steiner K.C. and Apte M.G., Indoor carbon dioxide concentrations and sick building syndrome symptoms in the BASE study revisited: Analyses of the 100 building dataset. Proceedings Indoor Air, 2002, III.
9. Smith K.R., National burden of disease in India from indoor air pollution — 400–550 thousand premature deaths can be attributed annually to use of biomass fuels in India. School of Public Health, University of California, Berkeley, 2000.
10. Radiative forcing of climate change. Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC. Summary for policymakers (issued by the Meteorological Office, Bracknell, UK), 1994.
11. Raman M.M., Chowdhury U.K., Mukherjee S.C., Mondal B.K., Paul K. and Lodh D. Chronic arsenic toxicity in Bangladesh and West Bengal, India — a review and commentary. J. Clin. Toxicol, 2001.
12. Hernberg S., Lead poisoning in a historical perspective. Am. J. Ind. Med.
13. Seyferth D., The rise and fall of tetraethyl lead. 1. Discovery and slow development in European universities, 1853–1920. Organometallics, 2003.
14. Carson R., Silent Spring Houghton Mifflin, Boston, 1962.
15. Hirano A., Malmud N. and Kurland L., Parkinsonism-dementia, an endemic disease on the island of Guam. II. Pathological features. Brain, 1961.
16. Conroy G.C., Primate Evolution W.W. Norton Publishers, New York, 1984.

Received 13 July 2005; revised accepted 15 January 2006.