

культура дрожжей *Y. lipolytica* удобна для выявления даже единичных клеток в отбираемых образцах. Культура не патогенна и не может представлять опасность для исследуемой экосистемы, поскольку весьма требовательна к присутствию, и к уровню ростовых факторов.

Список литературы:

1. Nicaud, J. M. (2012). *Yarrowia lipolytica*. *Yeast*, 29(10), 409-418.
2. Gonçalves F. A. G., Colen G., Takahashi J. A. *Yarrowia lipolytica* and its multiple applications in the biotechnological industry. *The Sci. World J.*, 2014.
3. Groenewald C., Marizeth H. *Yarrowia lipolytica*: Safety assessment of an oleaginous yeast with a great industrial potential. *Critical reviews in microbiology*, 2013, 40(3), 187-206.
4. Scioli C., Vollaro L. The use of *Yarrowia lipolytica* to reduce pollution in olive mill wastewaters. *Water Research.*, 1997, 31(10), 2520-24.
5. Zinjarde S., Apte M., Mohite P., Kumar A.R. *Yarrowia lipolytica* and pollutants: Interactions and applications. *Biotechnol. Adv.*, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.04.008>
6. Yuzbasheva E.Y., Yuzbashev T.V., Laptev I.A., Konstantinova T.K., Sineoky S.P. Efficient cell surface display of Lip2 lipase using C-domains of glycosylphosphatidylinositol-anchored cell wall proteins of *Yarrowia lipolytica*. *Appl.Microbiol.Biotechnol.*, 2011, 91(3), 645-54.

#### АНТРОПОСОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ

Комлева Е.В.

Технический университет, Дортмунд, Германия

[komleva\\_ap@mail.ru](mailto:komleva_ap@mail.ru)

Рассмотрены некоторые антропосоциальные аспекты феномена ядерной энергии. Они сопряжены с первой попыткой создания международного подземного могильника ядерных материалов вблизи Красноярска. Отмечены проблемы, которые идентифицированы таким сопряжением.

Ключевые слова: культура безопасности, ядерная энергия, нефть, международный ядерный могильник, Красноярск, Печенга, Краснокаменск, горно-химический комбинат, Россия.

#### ЛЕДЯНОЙ ПОКРОВ ПОЛЯРНЫХ МОРЕЙ– ВЕДУЩИЙ ФАКТОР ГАЗООБМЕНА ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

Голубев В.Н., Фролов Д.М.

МГУ им. М.В.Ломоносова

[golubev@geol.msu.ru](mailto:golubev@geol.msu.ru), [denisfrolovm@mail.ru](mailto:denisfrolovm@mail.ru)

В начале текущего столетия среднее содержание CO<sub>2</sub> в атмосфере вплотную приблизилось к 400 ppm, что рассматривается как причина многих неблагоприятных природных явлений и стало предметом серьезной обеспокоенности ученых и политиков, (например «Климатическая доктрина Российской Федерации»).

Поступление диоксида углерода в атмосферу и в другие его резервуары, между которыми происходит непрерывный обмен, связано, в основном, с процессами на континентах (эндогенными, биогенными, антропогенными, геохимическими и др.).

Флюктуации его концентрации в атмосфере во времени и в пространстве, обусловлены интенсивностью переноса газа из атмосферы Земли, которая служит зоной транзита, в океан, являющийся основным его стоком. При одинаковом среднегодовом приросте в Северном и Южном полушариях в атмосфере каждого из них наблюдаются внутригодовые изменения: содержание  $\text{CO}_2$ : в холодный зимний период оно возрастает, а в теплый летний – понижается, однако масштабы изменений существенно различаются. Полушарные вариации содержания  $\text{CO}_2$  в 90-е годы XX-го века и в 2000-2010 гг. показывают одинаковую закономерность, но вместе с тем имеют определенные различия. Такая цикличность в изменении содержания газа противоположна цикличности, установленной при изучении ледниковых кернов (понижение содержания газа в атмосфере в периоды длительного похолодания и оледенения Земли и рост в периоды потепления), и не согласуется с температурной зависимостью растворимости газов, что требует более детального исследования факторов, определяющих баланс углерода на планете. Амплитуду и направленность годовых колебаний содержания диоксида углерода в атмосфере определяют четыре основных фактора, из которых три (интенсивность фотосинтеза/разложения, антропогенный выброс и доля покрытой льдом акватории океана,) предполагают направленность, совпадающую с регистрируемыми изменениями, а один (растворимость газа в морской воде) – противоположную. Противоположные закону Генри-Дальтона изменения содержания углекислого газа в атмосфере, происходящих в каждом из полушарий в течение года (повышение зимой и понижение летом), свидетельствует о наличии иных факторов, суммарная роль которых в сезонных изменениях содержания  $\text{CO}_2$  оказывается не только сравнимой, но даже превышает масштабы сезонных колебаний поглощения газа океаническим слоем перемешивания в каждом из полушарий.

Регулятором содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере может служить интенсивность поглощения газа в слое перемешивания Мирового океана, которая возрастает при понижении солености и температуры воды. Еще одним фактором являются морские льды, роль которых в глобальных изменениях содержания  $\text{CO}_2$  порой сводится к мало существенным аспектам. Но максимальные годовые амплитуды содержания  $\text{CO}_2$  приурочены именно к высоким широтам Северного полушария, где значительная часть акватории Северного Ледовитого океана периодически перекрывается ледяным покровом. В летний период поглощение  $\text{CO}_2$  открытой частью акватории арктических морей достигает 2,5 ГтС, что составляет 25% от суммарного накопления углекислого газа в атмосфере всего Северного полушария.

Распределение  $\text{CO}_2$  между поверхностными геосферами регулируется, в основном, процессом газообмена океана и атмосферы, динамическое равновесие в котором достигается при определенном соотношении парциального давления газа с температурой и соленостью воды. Установлена высокая корреляция сезонных вариаций содержания  $\text{CO}_2$  и внутригодовых изменений площади морских льдов: в зимний период содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере полушария возрастает, а в летний – опускается ниже среднегодового значения. Периоды, когда происходит смена направленности процесса (от роста концентрации содержания  $\text{CO}_2$  к снижению и обратно) согласуются со временем перехода приземной температуры через точку замерзания морской воды (таяния льда). Амплитуда таких колебаний зависит от широты, изменяясь от 0-5 *ppm* на 10°ю.ш.- 10°с.ш до 20 *ppm* на 60°-80°с.ш. В результате сезонной изменчивости содержания  $\text{CO}_2$  парниковый эффект в зимний сезон возрастает по сравнению с летним периодом. В зоне выше 60° с.ш., где изменения содержания  $\text{CO}_2$  достигают 20 *ppm*, парниковый эффект в зимнее время оказывается выше на 6% по сравнению с летним, что может частично компенсировать потери радиационного баланса вследствие

сезонного уменьшения прихода солнечной радиации, повышения среднего альбедо поверхности и уменьшения содержания водяного пара в атмосфере.

Большая часть побережья РФ (акватории Северного Ледовитого океана, северных морей Тихого океана, Балтийского моря) приурочена к той части Мирового океана, где наблюдается сезонное становление и вскрытие ледяного покрова. На значительной части акватории арктических морей при сезонном становлении ледяного покрова условия газообмена с атмосферой изменяются, поскольку в этот период сток парниковых газов в океан определяется в большей степени газопроницаемостью ледяного покрова, а не растворимостью газов в воде. Модели глобального климата и климата полярных регионов рассматривают ледяной покров морских и пресных водоемов, главным образом, с позиций изменения альбедо акватории, занятой ледяным покровом, а также в связи с энергетическими аспектами процесса формирования и разрушения ледяного покрова. Влияние ледяного покрова на газообмен атмосферы и океана практически не исследовано, отсутствуют также систематические сведения об изменениях содержания  $\text{CO}_2$  в морской воде в период существования сезонного ледяного покрова.

Высокая корреляция между сезонными вариациями содержания  $\text{CO}_2$  и внутригодовыми изменениями площади морских льдов: возрастание содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере в зимний период, а в летний снижение относительно среднегодового значения с приуроченностью смены направленности процесса (от роста концентрации содержания  $\text{CO}_2$  к снижению и обратное изменение) ко времени перехода приземной температуры через точку замерзания морской воды (таяния льда). Амплитуда таких колебаний закономерно изменяется с широтой от 0-5 ppm на  $0^\circ$ - $10^\circ$  ю.ш. до 20 ppm на  $60^\circ$ - $80^\circ$  с.ш. Формирование значительного дефицита углерода в водах Северного Ледовитого океана в зимний период ведет к интенсивному поглощению арктическими морями в весенне-летний период по крайней мере  $3 \cdot 10^{14}$  молей  $\text{CO}_2$ . Кроме того исследования газообмена океана и атмосферы, проведенные в акватории Северного Ледовитого океана, показали интенсивное поглощение  $\text{CO}_2$  поверхностным слоем морской воды в случае хотя бы частичного сохранения ледяного покрова и разнонаправленные потоки газа на глубинах 200–4000 м. Показано также, что снижение растворимости  $\text{CO}_2$ , вызванное потеплением климата и повышением температуры поверхностного слоя океана, ответственно за какую-то часть современного возрастания концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере (около 10%) и в силу обратных связей за определенную часть происходящего глобального потепления.