

ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО КЛИМАТА МИРОВОГО ОКЕАНА В АСПЕКТЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

**В.И. Михайлов, Б.Б. Капочкин,
Н.В. Кучеренко**

Одесский государственный экологический университет
г. Одесса, ул. Львовская, 15
E-mail: tsb1@mail.ru

В статье рассматривается проблемный вопрос сценариев изменения уровня Мирового океана, как результата изменения геоморфологии его дна при изменении растворения карбонатного материала и органического вещества. Рассматриваются сценарии изменения морфологии дна при увеличении кислотности вод Мирового океана в аэробных и анаэробных условиях.

Введение. Изменения гидрохимического режима Мирового океана обычно рассматриваются в аспекте изменения объема и границ сформировавшихся водных масс за исторический период. В то же время установлены изменения качества океанской среды как результат регионального или глобального изменения концентраций отдельных ее компонентов, не связанные с водными массами Мирового океана. Этот процесс получил название «гидрохимический климат Мирового океана» [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Международная океанографическая комиссия ЮНЕСКО опубликовала данные об опасных тенденциях увеличения кислотности вод Мирового океана. Опубликован прогноз увеличения кислотности вод Мирового океана, при котором может произойти массовая гибель гидробионтов. Кислые воды могут полностью остановить процесс образования кораллов, раковин моллюсков и зоопланктона, панцирей фитопланктона, которые являются ключевыми звеньями в планетарной пищевой цепочке.

65 миллионов лет назад в Мировом океане произошли изменения, подобные прогнозируемым. 55 миллионов лет назад кислотность океана так же заметно увеличилась – тогда был отмечен резкий рост (на 5 °C) температуры земной поверхности, в атмосферу попали примерно 4,5 триллиона тонн метана и углекисло-

ты. Этот выброс продолжался на протяжении 10 тысяч лет.

По оценкам Управления океаническими и атмосферными исследованиями США, за последние два столетия кислотность Мирового океана возросла на 0,1 ед. pH. В настоящее время кислотность океанских вод снизилась до отметок, соответствующих историческому периоду, существовавшему 25 млн. лет назад.

Постановка задачи и ее решение. Процесс абсорбции оксида углерода океаном рассматривается как положительное явление, сглаживающее эффект глобального потепления. Группа специалистов из Японии и Германии предложила использовать для захоронения углекислого газа воды Мирового океана. Изучив различные варианты использования ассимиляционной емкости Мирового океана по утилизации углекислого газа промышленных производств, исследователи пришли к выводу, что наименее вредным способом окажется заливание углекислого газа в глубокие слои океанской толщи. Однако, важно понимать, что углекислый газ растворяясь в воде, повышает ее кислотность, а кислые воды растворяют карбонаты, содержащиеся в донных отложениях, что сопровождается выделением углекислого газа из океанских вод назад в атмосферу. Процесс будет длиться до полного растворения карбонатного материала донных отложений. Растворение карбонатов в конечном итоге может привести к увеличению глубины Мирового океана и снижению его уровня. В Мировом океане глубже уровня карбонатной компенсации (на глубинах более 4 км) процесс растворения карбонатов завершился, и донные отложения представлены силикатными илами.

Углекислый газ выделяется из литосферы и может быть продуктом растворения карбонатов донных осадков, в случае длительного направленного увеличения кислотности океанских вод. Именно этот процесс и фиксируется в настоящее время. В условиях продолжающихся поступлений углекислого газа из литосферы и донных отложений в придонные слои Мирового океана будет происходить поднятие к поверхности уровня карбонатной компенсации и растворение карбонатов сначала на глубинах 3 км, а затем и выше.

За счет углекислого газа атмосферы будет происходить и растворение карбонатных от-

ложений прибрежной зоны (коралловые рифы, мидиево-устричные банки, ...).

Оба эти процесса ведут к увеличению концентраций в атмосфере углекислого газа и к повышению среднеглобальной температуры.

Постановка задачи и ее решение. Для Черного моря увеличение кислотности вод грозит растворением карбонатов донных от-

ложений и увеличением его глубины. Это может сопровождаться перекрытием Босфора и заполнением Черноморской впадины речными водами. На рисунке 1 штриховкой № 4 показаны районы прогнозируемого изменения рельефа морского дна за счет растворения карбонатного материала.

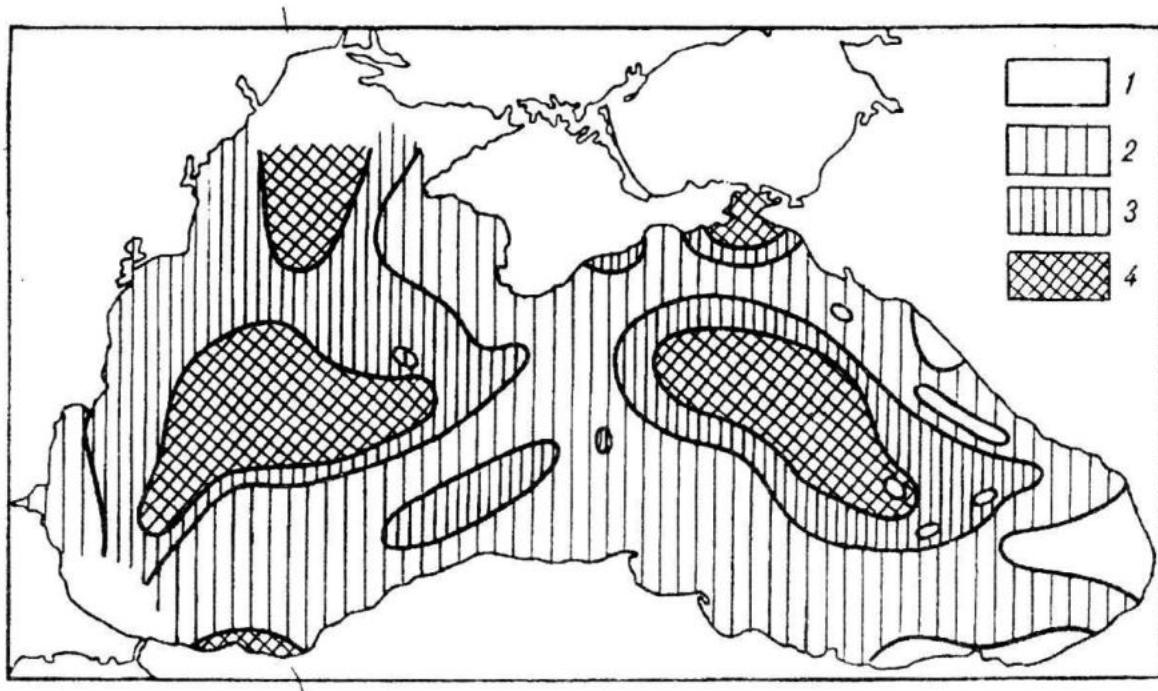


Рисунок 1 – Содержание CaCO₃ в процентах на натуральный осадок Черного моря
1) < 10 %, 2) 10 – 30 %, 3) 30 – 50 %, 4) > 50 %

Кроме этого, для Черноморского региона, увеличение кислотности вод приведет к снижению популяций фильтраторов (мидий) и дополнительно повысит уровень загрязнения прибрежных вод моря, что нанесет непоправимый ущерб экономике рекреационной сферы.

Нами были изучены сценарии изменения гидрохимического климата Мирового океана в условиях снижения pH по данным о кислотности вод внутренних морей. Установлено, что в Балтийском море pH < 8, а у дна в некоторых районах pH < 7. Воды моря находятся в условиях резкого недонасыщения карбонатом кальция. Донные отложения практически не содержат CaCO₃. Этот бассейн можно рас-

сматривать в качестве эталона возможного состояния Мирового океана в случае дальнейшего снижения pH. Отсутствие в донных отложениях CaCO₃ свидетельствует о том, что в нормальных условиях море было бы менее глубоким.

Важно отметить, что вопреки прогнозам центра демографии и экологии человека Института народнохозяйственного прогнозирования РАН о том, что увеличение кислотности вод Мирового океана обернется потерей морепродуктовой базы морей и океанов и во многих странах приведет к голоду, Балтийское море со значениями pH < 7 характеризуется достаточно большой биопродуктивностью.

Что касается перспектив искусственного захоронения углекислого газа в водах Мирового океана, можно привести известные данные о направлении смещения карбонатного равновесия разных регионах Мирового океана. В Черном, Балтийском, Каспийском, Красном, Средиземном морях карбонатное равновесие сдвинуто в сторону растворения CaCO_3 (парциальное давление углекислого газа превышает парциальное давление в атмосфере). В этих бассейнах нет перспектив захоронения углекислого газа искусственным путем.

Таким образом, искусственное захоронение углекислого газа может рассматриваться только в таких бассейнах, как Персидский залив, где значения рН высокие, воды пересыщены карбонатом кальция, а в летний сезон идет процесс массового выпадения карбоната кальция из раствора. Однако буферная карбонатная система устроена таким образом, что даже при высоких значениях рН и больших объемах карбонатных отложений, увеличение концентраций углекислого газа может сопровождаться формированием направленных потоков углекислого газа из океана в атмосферу, что характерно для Средиземного моря.

Исходя из изложенного, можно описать возможный сценарий изменений, сопровождающих увеличение кислотности вод Мирового океана. При сохранении аэробных условий Мирового океана его донные отложения потеряют углерод, захороненный в карбонатных отложениях, но сохранят органический углерод дегрита. Увеличения объема океанских впадин в этом случае не приведет к увеличению уровня Мирового океана за счет растаявшего льда Арктики и Антарктики.

В случае возникновения анаэробных условий, процесс таяния льдов будет происходить более интенсивно за счет повышенных концентраций углекислого газа в атмосфере. Последнее связано с потерей океаном, в этих условиях, ресурса захороненного углерода в донных отложениях, как в виде карбонатов, так и в виде дегрита. При этом сценарии глубина океанических впадин

Заключение. В условиях существующих тенденций увеличения кислотности вод Мирового океана как в результате роста концентраций углекислого газа в атмосфере, так и при увеличении кислотности придонных и глубин-

ных вод, можно ожидать растворение карбонатного материала абиссальных равнин и шельфовой зоны, что неизбежно приведет к увеличению объема океанских котловин и снижению уровня вод Мирового океана.

Падение уровня мирового океана может быть нивелировано таянием льдов Арктики и Антарктики.

В случае формирования анаэробных условий увеличение глубин океанских котловин будет более ощутимым, а процесс таяния ледников более интенсивным.

Увеличение кислотности вод Мирового океана – явление объективное, имеющее, как антропогенную, так и природную составляющую. Восстановление низкой кислотности вод Мирового океана под влиянием природных факторов происходит одновременно с наступлением ледникового периода и обычно за очень короткий временной промежуток. Современный геологический этап развития Земли позволяет предположить в будущем сравнительно долгую тенденцию потепления, увеличения кислотности вод Мирового океана и увеличение его глубины.

Существующие прогнозные оценки негативного влияния снижения рН Мирового океана на биопродуктивность – дискуссионные и требуют более детального обоснования.

Проекты искусственного захоронения углекислого газа антропогенного происхождения в водах Мирового океана также требуют серьезного научного обоснования.

В заключение следует отметить, что причины современного глобального увеличения кислотности вод Мирового океана не определены и для их выяснения необходимы серьезные инвестиции. В таких условиях прогнозирование сценариев дальнейшего развития связано с серьезными проблемами методического характера.

Л и т е р а т у р а

1. В.И. Михайлов, А.Б. Капочкина. Исследование причин вариации Гидрохимического климата Мирового океана на примере Черноморского региона. – Міжнародна науково-практична конференція Екологічні проблеми Чорного моря. – Одеса, 2007. – С. 244–249.