

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского
Российской академии наук

при поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований



МЕТАН В МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМАХ
тезисы и программа
Всероссийской научно-практической конференции,
посвящённой 25-летию обнаружения струйных метановых
газовыделений в Чёрном море

13–15 октября 2014 г.
Севастополь, Россия

МИКРОБНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЦИКЛА МЕТАНА В ДОННЫХ ОСАДКАХ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ (ГДАНЬСКИЙ БАССЕЙН)

Канапакский Т.А.¹, Ульянова М.О.², Брюханов А. Л.³, Пименов Н.В.¹

¹Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, Москва, Россия,
timkanap_inmi@mail.ru

²Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова,
РАН, Калининград

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
биологический факультет, Москва

Балтийское море представляет собой крупнейший в мире эстуарий нескольких полноводных рек, относящийся к типу мелководных мезотрофных морских бассейнов. При средней глубине 50 м море характеризуется сложным строением водной толщи. В результате контакта поверхностных вод речного стока, с более солеными глубинными водами, поступающими из Северного моря, формируется стратификация, мешающая циркуляции вод. Термоклин, формирующийся весной и разрушаемый осенними штормами, так же препятствует перемешиванию вод. Из-за наличия на дне порогов и впадин возникают застойные явления с появлением H_2S и других восстановленных соединений [1].

За последнее столетие за счет дополнительного стока соединений азота и фосфора среднегодовая величина первичной продукции в Балтийском море увеличилась почти в три раза и достигла величины $188 \text{ гС/м}^2 \text{ год}^1$, в российском секторе юго-восточной части Балтийского моря составила $231 \text{ гС/м}^2 \text{ год}^1$. Высокая продуктивность Балтийских вод в сочетании со значительным поступлением аллохтонного ОВ способствует протеканию в осадочных отложениях интенсивных микробных процессов трансформации ОВ.

Первые масштабные исследования скоростей сульфатредукции (СР), метаногенеза (МГ) и метаноокисления (МО) в осадках открытого моря, в Рижском заливе, в илах Готландской и Арконской впадин были выполнены в 70-80-ые года прошлого столетия. Было показано, что максимальные скорости СР (до $150\text{--}200 \text{ мкмоль S/дм}^3 \text{ сут}$) наблюдались в верхних 20 см осадочной толщи, а в более глубоких горизонтах интенсивность этого процесса, как правило, снижалась на 1-2 порядка. Образование метана в исследованных илах происходило преимущественно за

счет восстановления углекислоты. Интенсивность МГ была в 20 раз меньше интенсивности бактериального восстановления сульфата [2].

Геофизические и геологические исследования, проведенные в начале семидесятых годов прошлого столетия сотрудниками Института океанологии им. П.П. Ширшова, показали, что повышенное содержание метана в придонных слоях водной толщи определяется разгрузкой газосодержащих флюидов, локализация которых приурочена к специфическим геоморфологическим структурам дна (углубления, кратеры и т.д.) [3]. Позднее подобные метановые кратеры или покмарки с характерными газонасыщенными осадками были выявлены в различных районах Балтийского моря в пределах Гданьской, Арконской и Готландской впадин [4]. В настоящее время по данным сотрудников Атлантического отделения Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН площадь ГНО в этом регионе составляет $\sim 300 \text{ км}^2$ и ПМ $\sim 1,7 \text{ км}^2$.

Куршский и Вислинский заливы являются своеобразными промежуточными проточными бассейнами-отстойниками взаимодействующие с открытым морем через узкие проливы. Куршский залив относят к гипертрофному, а Вислинский к эвтрофному водоемам. Куршский залив в большей степени, чем Вислинский подвержен влиянию речного стока, поскольку 87% терригенного материала поступает с речным стоком и лишь 16% с морской водой. В Вислинском заливе на речной сток приходится не более 58%, тогда как со стороны моря поступает 25% терригенного материала. Это естественным образом сказывается и на солёности: южная часть Куршского залива является практически пресноводной, а в Вислинском составляет в среднем 3,8‰ [5].

Исследования донных осадков российского сектора Гданьской впадины Балтийского моря в ходе наших исследований проводились с 2007 по 2010 гг., мелководных заливов в 2011 г. Пробы отбирались в глубоководной части Гданьской впадины, а также в мелководных осадках заливов.

В Гданьской впадине Балтийского моря наибольшие интегральные величины содержания CH_4 в горизонте 0-30 см (до 594 ммоль/м^2) обнаружены в илах покмарков; в газонасыщенных илах и типовых осадках эти величины составили 207 и 18 ммоль/м^2 соответственно. В осадках заливов так же отмечено высокое содержание метана. В Вислинском заливе оно варьировало от 5,4 до 108 ммоль/м^2 , а в Куршском – от 84 до 116 ммоль/м^2 .

Высокие величины содержания метана в исследуемых илах не подтверждаются значительными скоростями процесса метаногенеза в верхних горизонтах осадков. Однако, скорость процесса окисления метана в исследованных илах была значительно выше скорости МГ. Заметное превышение скорости МО над МГ возможно за счет дополнительного поступления метана из нижележащих осадочных горизонтов.

В илах Гданьской впадины и в осадках исследованных заливов Балтийского моря процессы микробного окисления метана доминировали над его образованием.

Полученные величины изотопного состава метана как в осадках Гданьского бассейна, так и в заливах свидетельствуют о его микробном происхождении ($\delta^{13}\text{C}$ от -63,3‰ до -97,5‰).

В ходе нашего исследования было подтверждено доминирование процесса СР на терминальной стадии разложения ОВ в исследованных илах Балтийского моря. Во всех илах, даже при минимальном содержании сульфатов (Куршский залив), основной расход органического вещества приходился на процесс сульфатредукции.

Максимальные скорости процесса СР были отмечены в газонасыщенных осадках покмарков Гданьской впадины, где наблюдалось поступление метана из нижележащих горизонтов. Было выявлено, что в подповерхностных илах покмарка в зоне «methane sulfate transition zone» значительный вклад в сульфидогенез вносит процесс АОМ, осуществляемый консорциумом метаноокисляющих архей и сульфатредуцирующих бактерий. В газонасыщенных осадках и покмарках вклад анаэробного окисления метана в суммарный процесс сульфатредукции в среднем составлял 50%, достигая на некоторых станциях 72–82%. В остальных осадках эта величина не превышала 6%, т. е. восстановление сульфатов происходило, главным образом, за счет продуктов разложения органического вещества, поступающего из водной толщи.

В ходе молекулярно-биологического изучения микробного сообщества осадков покмарка Гданьской впадины были обнаружены последовательности представителей двух групп метанотрофных архей ANME 1 и ANME 2, в отличие от осадков залива Экернфьорде, где было выявлено присутствие только представителей фило типа ANME 2.

1. Экосистемы Балтики в мае – июне 1984 года / Отв. Ред. О.И. Кобленц-Мишке. М.: ИО АН СССР, 1987. – 438 с.

2. *Lein A.Yu., Namsaraev B.B., Trotsyuk V.Ya., Ivanov M.V.* Bacterial metanogenesis in holocen sediments of the Baltic Sea // *Geomicrobiol. J.*, 1981. – **2**, № 4. – P. 299 – 317.
3. *Геодекян А.А., Троцюк В.Я., Авилов В.И., Берлин Ю.М., Большаков А.М., Житинец Р.П.* Углеводородные газы в водах Балтийского моря // *Океанология*. 1979. Т. 19. № 4. С. 638-643.
4. *Геохимия вод и донных осадков Балтийского моря в районах развития газовых кратеров и геоакустических аномалий / Под ред. Геодекяна А.А., Романкевича Е.А., Троцюка В.Я. М.: ИО РАН 1997. – 150 с.*
5. *Пустельников О.С.* Условия современной седиментации в Куршском заливе // В сб.: *Биогеохимия Куршского залива / Под ред. Гудялиса В.К. и Пустельникова О.С. Вильнюс, 1983. - С. 18 – 65.*