

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

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТАНА В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА BONUS "BALTIC GAS" И ПЕРСПЕКТИВЫ РАБОТ

Ульянова М.О.¹, Сивков В.В.^{1,3}, Пименов Н.В.²

¹ Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова
РАН, Калининград, Россия, marioches@rambler.ru

² Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, Москва, Россия,
nvpimenov@mail.ru

³ Балтийский Федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Рос-
сия, sivkov@kaliningrad.ru

В 2009-2011 гг. в рамках европейской программы BONUS (The Baltic Organisations Network for funding Science) при участии 6 европейских стран был выполнен проект "Baltic Gas" («Балтийский газ»), объектом исследования в котором являлся метан и его взаимосвязь с изменением климата и эвтрофикацией. Данный проект стал продолжением реализованного в 2002-2005 гг. международного европейского проекта "Metrol" (Изучение высачиваний метана в океанических осадках), целью которого было исследование механизмов образования и окисления метана в морских осадках юго-западной части Балтийского моря (Борнхольмский и Арконский бассейны, Мекленбургская бухта). В ходе проекта "Metrol" впервые была определена роль мощности богатых органическим веществом голоценовых илов как основного фактора, определяющего масштабы процесса образования метана в осадках. Другим немаловажным фактором является режим течений, контролирующий как отложение и размыв осадков, так и переотложение и перенос первичных осадков. Современные газонасыщенные голоценовые илы не всегда служат местом первичного накопления метана, а могут формироваться в результате переотложения или перемещения осадков. Так же было выявлено, что чем глубже залегает газовый фронт в осадке, тем ниже величина потока метана и сульфата.

В качестве основных результатов проекта "BalticGas" были выделены следующие:

1. Для лучшего понимания и качественной оценки динамики и бюджета метана в Балтийском море с использованием сейсмоакустических и геохимических методов закартированы проявления газа в донных осадках и воде, проанализированы образование, потребление и потоки

метана, а также накопление газа. Одним из наиболее закартированных районов является Гданьский бассейн (рис. 1).

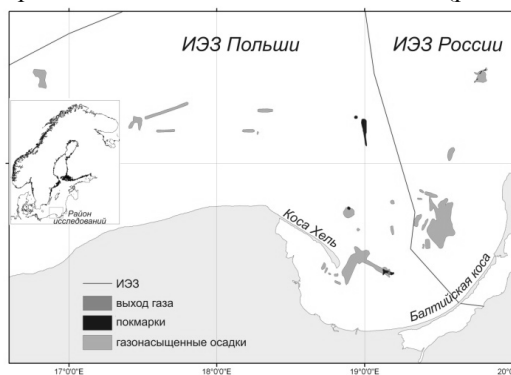


Рис.1 – Распространение различных видов газонасыщенных осадков в польской и российской исключительных экономических зонах Балтийского моря [1].

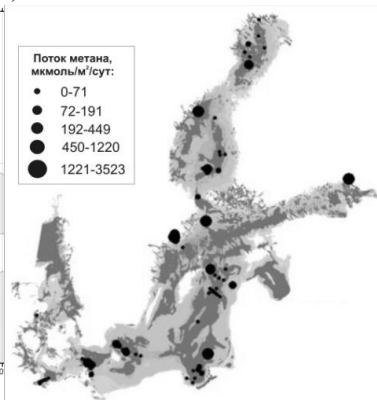


Рис. 2 – Сводная карта величин диффузионного потока метана в Балтийском море [1]. Темным цветом показаны выходы голоценовых илов на поверхность дна.

2. Разработан новый подход к картированию проявления газа в донных осадках. Данные низкочастотного многолучевого эхолота позволили выполнить уникальное картирование распространения и глубины залегания свободного газа в некоторых районах Балтийского моря.

3. Выполнена количественная оценка газа в осадках по данным эхолота Parasound с использованием трех различных длин волны. Использование этого нового подхода позволяет также оценить размер пузырей и вертикальное распространение газа в осадке. Эти данные впоследствии были использованы для проверки результатов модели аккумуляции и цикла метана.

4. Детальный сейсмический и геохимический разрезы в сочетании с моделированием, выполненные в зоне негасонасыщенных и газонасыщенных осадков в бухте Орхус, позволили предположить, что пузырьки свободного газа в осадках Балтийского моря медленно мигрируют вверх. Вблизи границы перехода от метановых к сульфатным илам («sul-

fate methane transition zone (SMTZ)») происходит растворение метана и активные процессы его анаэробного окисления.

5. «Горячие точки» выхода метана из осадков, часто сопровождающиеся покмарками на морском дне, наиболее детально были закартированы для Гданьского бассейна (исключительные экономические зоны России и Польши) (Рис. 1).

6. Наиболее высокие величины диффузионного потока метана на границе осадок-вода выявлены во фьорде Himmerfjorden, центральной части Готландского бассейна, на севере Гданьской впадины и Арконском бассейне (Рис. 2). Распространение свободного метана в Балтике в основном ограничивается районами морских голоценовых осадков. Однако мощность этих осадков чаще всего меньше, чем необходимо для образования пузырьков газа, поэтому данные районы со свободным метаном могут рассматриваться как геологические осадочные ловушки.

7. Длительный мониторинг содержания метана в поверхностных водах, проведенный в центральной Балтике (разрез от Германии до Финляндии, общая продолжительность измерений более 300 суток) на борту паромавыявил сезонную изменчивость: самые значительные потоки на границе вода-воздух наблюдались осенью и зимой.

8. На основе полученных и фоновых данных была создана обширная база данных по метану и соответствующим параметрам, которая доступна на домашней интернет-странице проекта и в базе данных PANGAEA.

9. Детальный анализ цикла метана на архипелаге Швеции показал, что 30-84% общего потока метана в осадках приходится на пузырьковый. Около 98% этого метана окисляется в насыщен ой кислородом водной среде, предотвращая поступление в атмосферу.

10. Созданная на базе геофизических и геохимических данных геохимическая модель позволила понять цикл метана и накопление газа в осадках Балтики в прошлом и прогнозировать на будущее. Для Арконской впадины было выявлено, что диффузия сульфата и сульфатредукция контролировали процессы, связанные с органическим веществом первые три тысячи лет Литориновой стадии. Позже деструкция органического углерода при участии сульфатредукторов привела к исчерпанию сульфата, что способствовало активизации процесса метаногенеза. Практически в это же время сульфат зависимое анаэробное окисление метана привело к дополнительному потреблению сульфата, диффундирующего из вышележащей зоны метаногенеза вниз. В результате SMTZ перемести-

лась ближе к поверхности дна. Последующие 3 тысячи лет потребовались, чтобы растворенный метан достиг уровня растворимости *in situ* и образовался свободный газ – метан. В течение последних 2 тысяч лет содержание газа достигло постоянной величины и составило около 5% от объема осадка.

11. Моделирование цикла метана в будущем показало, что при увеличении температуры на 1-2°C и снижении солёности Балтики, принимая во внимание, что уровень эвтрофикации не изменится, значительного увеличения выхода пузырькового метана из осадка в этом веке не произойдет.

Одной из перспектив исследования метана в Балтийском море (российский сектор) представляется измерение концентраций метана датчиком HydroC. Первые измерения данным датчиком 28 августа 2014 г. в Гданьской впадине выявили четкие различия в концентрациях метана в придонной воде (3-5 м от дна) над газонасыщенными и негасонасыщенными илами.

Не конца понятным остается также вопрос о генезисе метана глубоководных впадин. Изотопный состав метана не оставляет сомнения о его биогенной природе. Однако соотношение в газонасыщенных осадках и покровных метана микробного и термогенного генезиса до сих пор остается предметом дискуссий разных научных групп. Мало информации и о сезонной изменчивости интенсивностей микробных процессов, что может оказывать воздействие на сезонное положение границы SMTZ и масштабов диффузионного потока метана из осадков в водную толщу.

Baltic Gas: Final scientific report. Edited by Jørgensen B. B. and Fossing H. 2011. – 67 p.