

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

МЕТАН И РТУТЬ В ВОДЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЁРНОГО МОРЯ

Федоров Ю.А.¹, Хорошевская В.О.^{2,3}, Доценко И.В.¹

¹Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия, fedorov@sfedu.ru

²ФГБУ «Гидрохимический институт» Росгидромета, Ростов-на-Дону, Россия,
vv.z2@yandex.ru

³Институт водных проблем РАН, Москва, Россия

Черное море представляет собой уникальный водоем с сероводородным заражением водной толщи. Верхняя граница сероводородной зоны непостоянна и подвержена пространственным и сезонным флюктуациям. В халистатических областях она обычно поднимается до глубины 125-150 м (в редких случаях до 80-90 м), а при приближении к берегу понижается до глубины 300 м. В открытой части моря по разным оценкам суммарное содержание сернистых соединений обнаруживается на глубине 150 м (0,02 мг/л) и нарастает (до 6,0-6.5 мг/л) на глубине 1500 м и (до 7.0 мг/л) на глубине 2000 м [1,2]. Детальные гидрохимические и изотопные исследования [3] подтвердили ранее существовавшие представления, что подавляющая масса сероводорода в море имеет бактериальный генезис. В зоне сероводородного заражения толщина воды и донные осадки должны содержать в обстановке низких значений Eh, наряду с другими рассеянными элементами, повышенные концентрации такого токсичного тяжелого металла как ртуть в виде сульфидов. При штормах и апвеллинге, а также в результате разгрузки флюидов в районах грязевых вулканов, по разломам и оперяющих их трещинам [4, 5], метан, сероводород и ртуть могут подниматься к поверхности, создавая очаги повышенных концентраций в прибрежных районах моря. Связь между биохимическими циклами метана и ртути, проявляется также посредством участия бактерий-метаногенов в метилировании ртути [6].

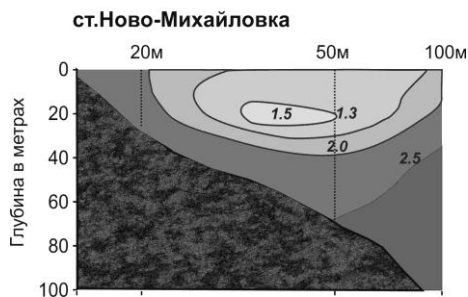
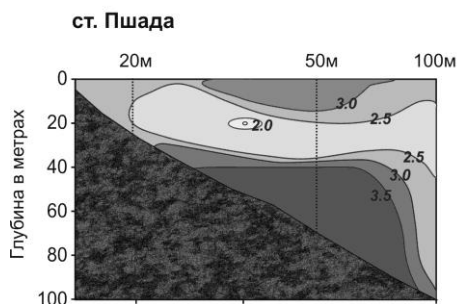
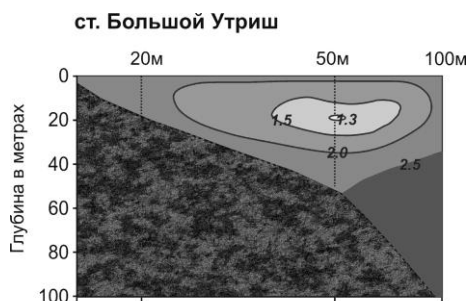
Одни из первых исследований, выполненных Дж. Хантом в 1974 г. [7], показали, что содержание метана в глубоководной части Черного моря возросло с 0,2 мкл/л в поверхностном слое воды до 100 мкл/л у верхней границы зоны сероводородного заражения и далее до 200 мкл/л на глубине 1740 м. При этом концентрация метана наиболее резко увеличивалась до глубины 300 м. Г.Г. Поликарповым [8] и др. впервые описаны многочисленные струйные выделения метана в северо-западной части моря. Биогеохимический цикл метана в Черном море был детально изучен

А.Ю. Леин и М.В. Ивановым [9]. По данным [4] содержание метана в поверхностном слое воды открытой части моря по профилю г. Новороссийск – г. Стамбул варьировало в пределах 0,1-3,0 мкл/л. Впервые была установлена тенденция возрастания концентрации метана в поверхностном слое моря в направлении побережья и отмечен её рост в поверхностном слое воды во времени. Особенно значительны были содержания метана в районах с повышенной антропогенной нагрузкой, например, в воде бухты Золотой Рог. Как правило, к этим районам приурочены и повышенные содержания ртути. В связи с прогрессирующим загрязнением окружающей среды возникли серьезные опасения формирования новых и расширения существующих анаэробных зон в прибрежных районах морей и океанов. Это обстоятельство, а также актуальность обоснования новых критериев для выявления очагов разгрузки нефтегазовых флюидов послужили основанием для представления настоящего сообщения. Было проведено изучение северо-восточного побережья Черного моря. Пробы воды для определения содержания валовой ртути и метана отбирались с борта судна. Экспедиция проводилась в прибрежной части акватории вдоль побережья Черного моря от станции «п. Мацеста» до станции «Керченское предпроливье» [5]. Минимальное содержание метана наблюдалось в районе п. Большой Утриш (1,3 мкл/л), максимальное на ст. «Керченское предпроливье» (5,0 мкл/л). Оба эти значения приурочены к глубине 20 м, среднее значение 2,7 мкл/л. Содержание метана в поверхностном слое колеблется от 1,4 (ст. «Железный Рог») до 4,5 мкл/л (ст. «п. Пшада»), среднее значение 2,5 мкл/л. Содержание метана в придонном слое изменяется от 1,6 (п. Южная Озереевка) до 4,9 мкл/л (ст. «Железный Рог»), среднее значение 3,0 мкл/л. Концентрация метана на глубине 40 м варьируется в пределах 1,9-3,3, среднее значение 2,8 мкл/л. Анализ всего массива значений указывает на то, что наибольшее количество максимальных значений приурочено к придонному слою воды. Установлено, что в исследуемом районе в зоне контакта морских и речных вод наблюдается стратификация, смешение морских и речных вод происходит постепенно и имеет струйный характер. Затем при удалении от берега речные струи разбиваются на линзы и блюдца. Наиболее показательным для выявления зоны распространения речной воды является горизонт 20 м от поверхности, при изобатах 50 м. Для этого горизонта характерны наименьшие значения CH_4 (1,3-2,1 мкл/л) на участке побережья от г. Адлер до г. Анапа (рисунок), поскольку воды рек сами характеризуются низким содержанием в них газа (в среднем от 0,5 до 3,5 мкл/л). Реки здесь берут

свое начало на Большом Кавказском хребте и имеют быстрые течения. В них содержится мало растворённого и взвешенного органического вещества и соответственно метана. Повышенные концентрации метана обнаруживаются в устьях рек, как местах свала и аккумуляции природного и антропогенного органического вещества. Начиная от района г. Анапа и до ст. Железный Рог, берега становятся равнинными, течения рек замедляются, в них появляются условия для непрерывного накопления илистых донных осадков, образования метана и сероводорода. Содержание CH_4 в речной воде увеличивается и, как следствие, это проявляется в районах их впадения в море на горизонте 20 м от поверхности, при изобатах 50 м – от

4,5 мкл/л до 5,0 мкл/л. Так, на фоне относительно монотонного распределения содержания метана в толще воды, можно обнаружить некоторую стратификацию, обусловленную смешением морских и речных вод.

По каждому району отбора проб подсчитаны средние содержания метана, суммирующие его значения по всем горизонтам. Наибольшими концентрациями метана характеризуются пробы воды на ст. «г. Анапа» и «ст. Керченское предпроливье». На более низкие концентрации метана отмечены в пробах воды, отобранных на ст. «п. Южная Озереевка» и «п. Большой Утриш». Это можно объяснить как природными условиями, так и особенностями антропогенного воздействия. В целом, значения концентраций CH_4 по профилю побережья относительно не



высоки, в сравнении с теми районами Черного моря, которые испытывают массивную и хроническую антропогенную нагрузку. Так, например, в бухте Золотой Рог, значения концентраций CH_4 в воде в те же годы варьировали от 25,6 мкл/л до 102,5 мкл/л, причем максимальные значения возникали при наличии нефтяной пленки и отсутствии волнения [4]. Содержание валовой ртути в поверхностном слое воды северо-восточной части побережья моря изменялось от 0,005 до 0,21 мкг/л (в среднем 0,05 мкг/л). Наибольшие концентрации валовой ртути тяготели к участкам прибрежной зоны гг. Анапа, Новороссийск, Геленджик и Туапсе, что указывало на её преимущественно техногенное происхождение. Изменение содержания ртути по глубине на побережье моря в основном не было ярко выражено, за исключением станций наблюдений, расположенных в районах Большого Утриша, Пшада и Ново-Михайловки. Здесь наблюдалось возрастание, как концентрации валовой ртути, так и метана в направлении поверхностный \rightarrow придонный слой воды. При часто возникающем на этих участках моря апвеллинге [4] нельзя исключить возможность подъема обогащенных метаном, сероводородом и ртутью глубинных вод и, как следствие, повышения содержания этих ингредиентов в прибрежных водах. Вполне вероятен также подток восстановленных газов и ртути из метановых источников.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-05-00420, НШ-5548.2014.5., проекта № 5.1848.2014/К.

1. *Richards F. A.* Anoxic Basins and Fiords // *Chemical Oceanography*, Academic Press London, 1965. – Vol. 13, Chap. 1, – P. 611-645.
2. *Скопinceв Б. А.* Формирование современного химического состава вод Черного моря. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 336 с.
3. *Волков И. И.* Геохимия серы в осадках океана. – М.: «Наука», 1984. – 272 с.
4. *Федоров Ю.А.* Стабильные изотопы и эволюция гидросферы. – М.: МО РФ Центр «Истина», 1999. – 370 с.
5. *Федоров Ю. А., Хорошевская В. О.* Метан, ртуть и сероводород в воде и донных отложениях северо-восточного побережья Черного моря // *Изв. ВУЗов. Северо-Кавказский регион, сер. Естественные науки*, 2009. – № 5. – С.132- 135.
6. *Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С., Гарькуша Д. Н., Хорошевская В. О.* Теоретические аспекты связи метаногенеза с загрязнением воды и донных отложений веществами неорганической и органической природы // *Изв. ВУЗов. Северо-Кавказский регион, сер. Естественные науки*, 2000. – № 4. – С. 68-73.
7. *Хант Дж.* Геохимия и геология нефти и газа. – М.: Мир. 1982. – 704 с.

8. *Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н., Нежданов А. И., Гулин М. Б., Гулин С. Б.* Явления активного газовыделения из поднятий на свале глубин западной части Черного моря // Докл. АН УССР. Сер. Б., 1989. – №12. – С.13-15.
9. *Леин А. Ю., Иванов М. В.* Биогеохимический цикл метана в океане. – М.: Наука, 2009. – 576 с.