



УДК 546. 49: 551.464 (262.5)

С. К. Костова, канд. биол. наук, ст. н. с., **В. Н. Поповичев**, н. с., **В. Н. Егоров**, чл.-корр. НАНУ, докт. биол. наук, зав. отделом, **О. В. Плотичина**, вед. инж., **Ю. Г. Артёмов**, м.н.с.

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины, Севастополь, Украина

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В МЕСТАХ ЛОКАЛИЗАЦИИ СТРУЙНЫХ МЕТАНОВЫХ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЙ СО ДНА ЧЕРНОГО МОРЯ

Представлены современные данные о распределении ртути в районах струйных метановых газовыделений со дна Черного моря. Приведены профили вертикального распределения растворенной, взвешенной и общей ртути в воде и донных отложениях окислительной и восстановительной зон моря. Проведено сравнение распределения ртути в толще воды и донных отложениях на разных глубинах в зависимости от акустической регистрации газовых потоков. Приведены результаты содержания ртути в образцах карбонатных построек из мест струйных выходов газа. Показано, что в Черном море существует новый источник ртутного загрязнения вод.

Ключевые слова: струйные метановые газовыделения, сипы, факелы, грязевые вулканы, ртуть, формы ртути, распределение, концентрация, вода, донные отложения, Черное море

Ещё в 1946 г. А. А. Сауков выдвинул гипотезу о наличии над ртутьсодержащими месторождениями “особой ртутной атмосферы”, обусловленной специфическими свойствами ртути, в частности высокой упругостью её паров и химической инертностью. Эта гипотеза послужила началом широкого изучения лито-, атмосферно- и гидрохимических ореолов ртути с поисковыми целями во всем мире [12]. Известно, что к глобальным источникам поступления ртути относятся мантия и кора Земли, а также Мировой океан. Если процессы парообразования ртути в земной коре изучаются и моделируются уже довольно давно [4, 7], то условия миграции ртути в гидросфере и донных отложениях пока не изучены. Современные геохимические исследования свидетельствуют о наличии в воде над грязевыми вулканами повышенных концентраций ртути, поступающей по разломам морского дна с больших глубин [15]. Полученные нами ранее

данные показали, что повышенное содержание ртути сопутствовало как районам грязевых вулканов, так и местам струйных метановых газовыделений [2, 6]. Знание биогеохимических характеристик распределения ртути представляет большой интерес из-за специфики Черного моря, имеющего сероводородное заражение водной толщи, восстановительные и окислительные условия в воде и осадках больших и малых глубин. В связи с открытием значительных источников выделения метана со дна моря, перед хемозекологами стоят задачи изучения средообразующей и экологической роли струйных метановых газовыделений в Черном море [2, 3].

Ещё до открытия струйных газовыделений со дна Черного моря многолетние исследования, выполненные нами в его различных участках, позволили представить пространственное распределение концентрации различных физико-химических форм ртути в воде и донных отложениях [1, 13]. Так, напри-

мер, верхний предел диапазона концентрации общей ртути в поверхностной черноморской воде достигал значения $580 \text{ нг} \cdot \text{л}^{-1}$, а в поверхностном слое донных отложений (0 – 5 см) – $290 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$ сырой массы [13], причём максимальные концентрации приурочены к акваториям, где преобладал антропогенный фактор. Вместе с тем, накапливались данные, свидетельствующие о неожиданно повышенных концентрациях растворённой формы ртути в придонных горизонтах водной толщи, объясняемые некоторыми исследователями её ремобилизацией из донных отложений в ходе их диагенеза [5].

С открытием и изучением газовой выделений как объекта молисмологии [9] наши исследования ртутного загрязнения морских акваторий приобрели новую целевую направленность. Использование акустических методов регистрации газовых сипов (“факелов”) позволило проводить сравнительное изучение распределения форм ртути в водной среде, приуроченной к полю газовой выделений и вне его, и обнаружить их различие.

Изучение закономерностей распределения различных физико-химических форм ртути в местах газовой разгрузки недр Черного моря являлось целью наших исследований.

Материал и методы. Исследования проводили по материалам 12 рейсов НИС “Профессор Водяницкий”, осуществлённых в 1990 – 2004 гг. и приуроченных к различным морфологическим зонам Черного моря: шельф, материковый склон и дно котловины. Рейсы выполнялись по проектам, которые финансировались из бюджета Украины, Правительством Грузии, Научным фондом “Фольксваген”, Советом по Научным Исследованиям Германии, МАГАТЭ и другими организациями.

Для поиска и регистрации подводных источников газа использовали бортовые высокочастотные гидроакустические комплексы “Simrad EK-400” и “Simrad EK-500” со спутниковой системой позиционирования (GPS), а также управляемую подводную телевизион-

ную установку “MiniRover МК-II” с привлечением водолазных работ. Визуализация струйных метановых газовойделений поддерживалась специализированной вычислительной программой для эхолота “Simrad EK-500”. На площадках струйных газовойделений и в смежных районах (так называемых – фоновых) пробы воды отбирали кассетой 10-литровых батометров погружного зондирующего комплекса “MARK-III”, а донные отложения – геохимическими и геологическими трубками. Точность попадания пробоотборников в струю пузырьков газа контролировали гидроакустическим методом.

Сразу после отбора пробы воды (1 – 2 л) с различных горизонтов фильтровали через нуклеопоровые фильтры с диаметром пор 0.45 мкм, а фильтрат фиксировали концентрированной азотной кислотой (из расчёта 10 мл HNO_3 на 1 литр). Обработку проб проводили на берегу в камеральных условиях: в фильтрате определяли концентрацию растворённой, а на фильтре – взвешенной формы ртути. Сумма взвешенной и растворённой форм составляла общую ртуть в пробе воды. После подъёма донных отложений на борт судна проводили послойное разрезание их столба, извлечённого из геохимической трубки, и упаковку проб в полиэтиленовые пакеты, которые хранили в закрытом виде в холодильнике. Первичную обработку фильтров с осажждённой взвесью и донных отложений проводили по методам мониторинга фонового загрязнения природной среды [14]. В основе измерения ртути лежал метод непламенной атомно-абсорбционной спектроскопии [11].

Измерение концентрации ртути проводили на анализаторе “Юлия-2”, с нижним пределом определения – 1 нг на пробу. Для калибровки прибора и контроля качества анализа использовали аттестованные стандартные образцы. Относительные ошибки измерения ртути составляли 6.4 % в пробах воды и 13.6 % во взвешенном веществе и донных отложениях.

Результаты и обсуждение. Первые специальные исследования содержания ртути в районах струйных газовыделений со дна Черного моря были выполнены нами в 31 рейсе НИС “Профессор Водяницкий” (2.07 – 12.08 1990 г.). В этом рейсе на шельфе северо-западной части Черного моря на станции № 4492 (44° 48.9 с.ш. – 31° 36.8 в.д.) на глубине 67 м во время якорной стоянки судна был зарегистрирован поток газовых струй, выходящих на поверхность моря [8]. Анализы проб выделяемого газа, выполненные Ю. М. Миллером

(Москва, Институт микробиологии АН СССР), показали, что объёмная доля метана составила 80 % [9]. Наши измерения показали, что концентрация общей ртути во всей водной толще в данном месте в 2.5 раза превышала таковую на фоновой станции (№ 4493: 44° 56.6 с.ш. – 32° 00.4 в.д., глубина 61 м). Было установлено, что вклад растворённой формы составил 64 % против 40 % на фоновой, с 8-кратным преобладанием этой формы в придонном слое (рис. 1).

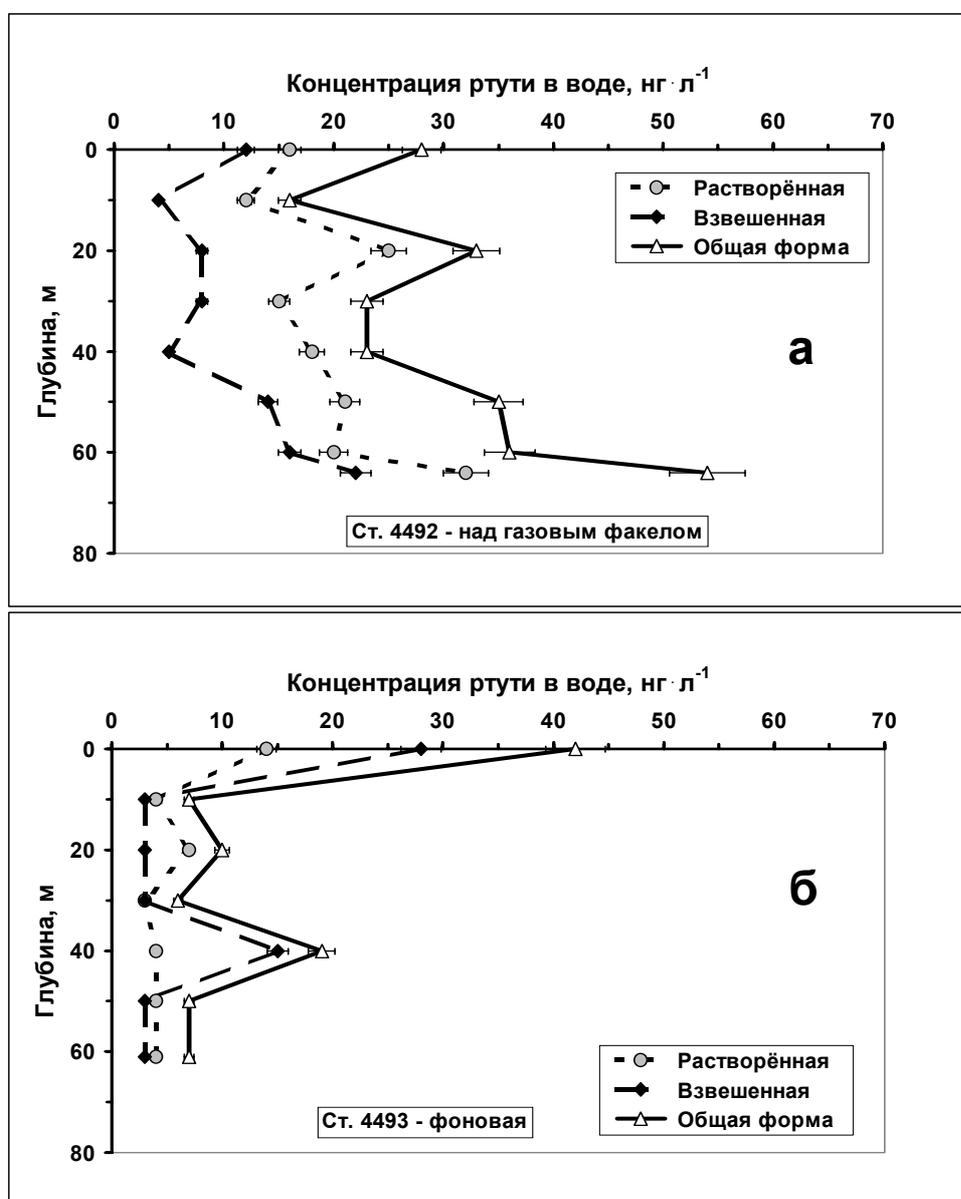


Рис. 1 Вертикальное распределение различных форм ртути (нг·л⁻¹) в воде шельфовой зоны северо-западной части Черного моря: (а) место выхода газов и (б) фоновая станция

Fig. 1 Vertical distribution of mercury different forms (ng·l⁻¹) in the shelf zone water from the north-western area of the Black Sea: (a) the gas seeps location and (b) the background station

Дальнейшие исследования распределения ртути, выполненные в районах материкового склона и глубоководья, также показали её повышенные концентрации в местах газовых выходов со значительным преобладанием растворённой формы в придонных горизонтах.

Целевые международные экспедиции на НИС “Профессор Водяницкий” [58 рейс (13.05 – 1.07 2003 г.)] и 60 рейс [24.05 – 25.06 2004 г.)] в рамках проекта ЕС “CRIMEA” “Исследование интенсивности струйных метановых газовыделений в Черном море” дали материал для более детального изучения процесса газовой разгрузки морского дна и сопутствующего поступления ртути в водную толщу. На рис. 2 показаны эхограммы газовыделений и вертикальные профили распределения концентрации общей ртути в водной среде различных морфологических зон Черного моря: шельфовой (рис. 2а), материкового склона (рис. 2б) и дна котловины (рис. 2в), приуроченных к местам выхода газов и вне этих мест (фоновые станции). Согласно представленным данным (в рамках на рисунках указаны номера и шифры операций пробоотбора, установленные в этих рейсах), вертикальные профили концентрации общей ртути в местах газовыделений и в смежных, фоновых районах явно различались.

В шельфовой зоне аномально высокие уровни содержания ртути в воде наблюдались вплоть до приповерхностных горизонтов. На эхограмме, приведенной на рис. 2а, представлена относительно компактная группа факелов, локализованных на шельфе северо-западной части моря в районе Палео-Днепра на глубине около 100 м. Как видно из этого рисунка, эхосигналы отражали вертикальную направленность струй, “интенсивность” которых уменьшалась от дна моря к поверхности как за счёт растворения газовых пузырьков, так и их выхода из луча эхолота. Максимальные значения концентрации общей ртути отмечены в проекции этих сипов. Содержание ртути в месте газовыделений в слое воды 30 – 70 м более чем в 2 раза превышало её предельно-допустимую концентрацию (ПДК – $100 \text{ нг}\cdot\text{л}^{-1}$ [10]) и почти на порядок её концентрацию на фоновой станции, удалённой на 850 м.

По данным акустических наблюдений, на эхограмме, представленной на рис. 2б, по-

казано поле рассеянных газовых факелов на континентальном склоне на глубине 650 м. Отчетливо виден след от пробоотборника (кассета батометров), находящегося непосредственно в центре газового вулканического поля. Вертикальное распределение концентрации общей ртути в толще воды характеризуется значительным максимумом в проекции расположения газового поля (концентрация в 2 с лишним раза выше, чем на поверхности) и более высокими её значениями в сравнении с фоновой станцией, находящейся на удалении около 400 м.

В июле 2001 г. в 56 рейсе НИС “Профессор Водяницкий” впервые удалось определить содержание ртути в местах газовых выходов на больших глубинах. Наблюдения показали, что в месте расположения грязевого вулкана ($43^\circ 37.5 \text{ с.ш.} - 31^\circ 42.1 \text{ в.д.}$) на глубине 1868 м концентрация ртути в придонном слое воды была более чем на порядок выше предельно-допустимого уровня и составляла $2676 \text{ нг}\cdot\text{л}^{-1}$. На расположенной поблизости фоновой станции содержание ртути в поверхностной и придонной воде было значительно ниже и составляло 14 и $19 \text{ нг}\cdot\text{л}^{-1}$ соответственно.

На эхограмме, иллюстрируемой рис. 2в, видно газовое поле, расположенное в районе подводного вулкана “Двуреченский” ($44^\circ 17.600 \text{ с.ш.} - 35^\circ 02.056 \text{ в.д.}$) на глубине 2000 м. Профиль распределения концентрации ртути в газовом поле имел неоднозначную структуру, указывающую на динамическую изменчивость и сложность изучаемого явления. В целом, выделяются два пика, приуроченных к 600 м и придонному слою воды, с максимальным содержанием ртути у дна морской котловины. След от пробоотборника свидетельствует о его попадании в газовое поле. Содержание ртути в придонных слоях воды в месте локализации газовыделений было почти в 7 раз выше, чем в воде поверхностного горизонта и сопредельного фонового района, находящегося на удалении около 1 км.

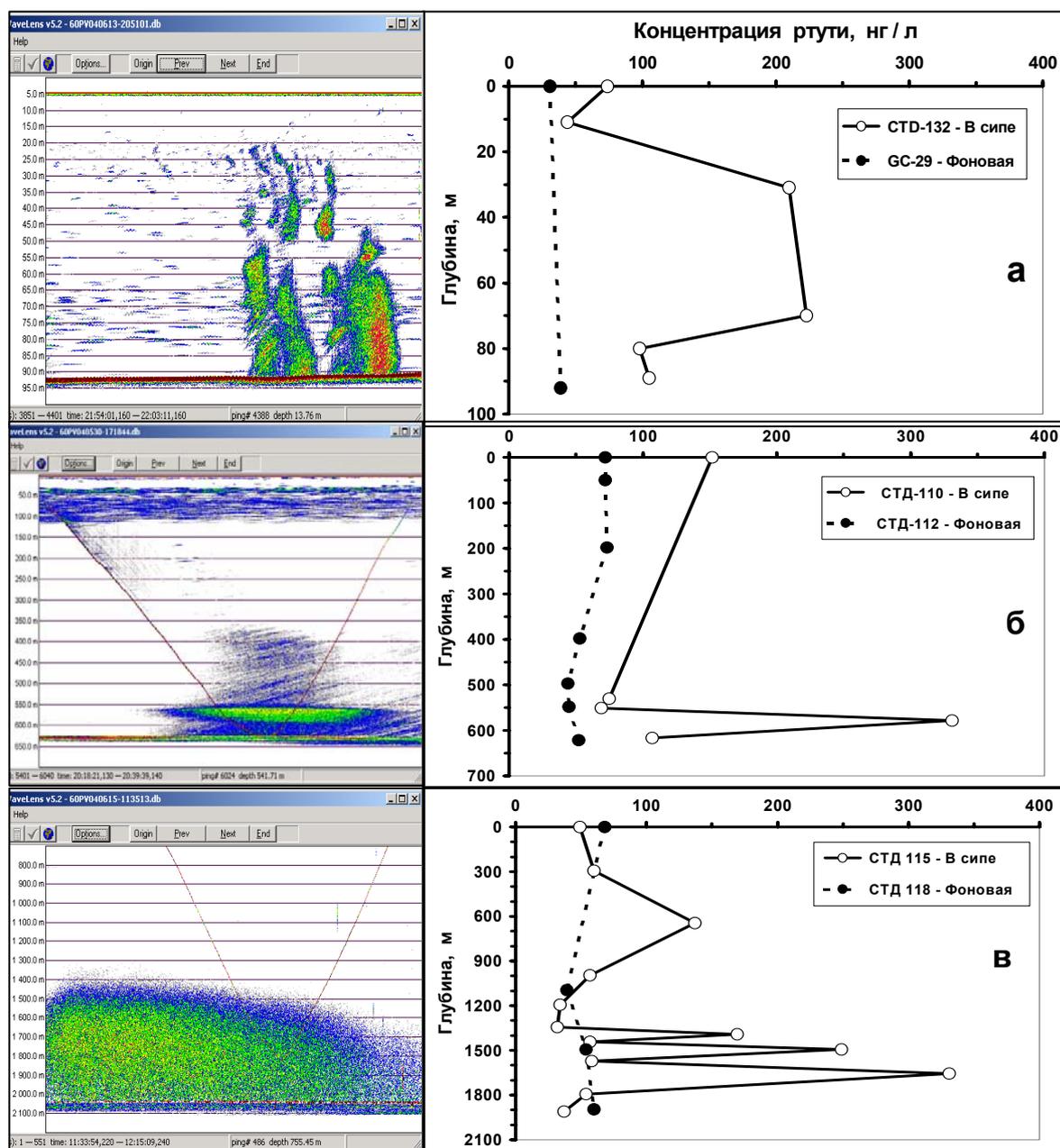


Рис. 2 Эхограммы струйных газовыделений (слева) и вертикальное распределение концентрации общей ртути ($\text{нг}\cdot\text{л}^{-1}$) в водной толще Черного моря в местах газовыделений и на фоновых станциях, на глубинах – около 100 (а), 650 (б) и 2000 м (в)

Fig. 2 Echograms of gas seeps (left) and the total mercury concentration vertical distribution ($\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$) in the water column of the Black Sea. The depths of the gas seeps locations and the background stations were 100 (a), 650 (б) and 2000 m (в)

Анализируя приведенные профили и данные о распределении концентрации общей ртути в толще воды из мест струйных газовыделений, можно сделать вывод о том, что повышенные уровни ртути в сипах располагались

как бы слоисто и, как правило, с максимальными значениями у дна и вблизи источника поступления газа. В целом, водные толщи в местах проявления газовыделений характеризуются широким диапазоном концентрации

общей ртути: от 30 до 2676 нг·л⁻¹. Эти оценки зависели как от временной активности и “мощности” газового факела, так и от точности попадания пробоотборника в зону его проявления – в его центр или периферию.

По материалам 60-го рейса НИС “Профессор Водяницкий”, получены соотношения растворённой и взвешенной форм к общей ртути для всей водной толщи в местах струйных газовыделений и вне этих мест, представ-

ленные на рис. 3 в виде гистограммы процентного вклада растворённой формы в общую ртуть. Наблюдается преобладание и практическая “стационарность” данного вклада (~ 90 %) для водной толщи над газовыми сипами и прослеживается динамика его роста с увеличением глубины на фоновых станциях, связанная с естественным уменьшением терригенной составляющей взвешенного вещества с удалением от зоны влияния речных стоков.

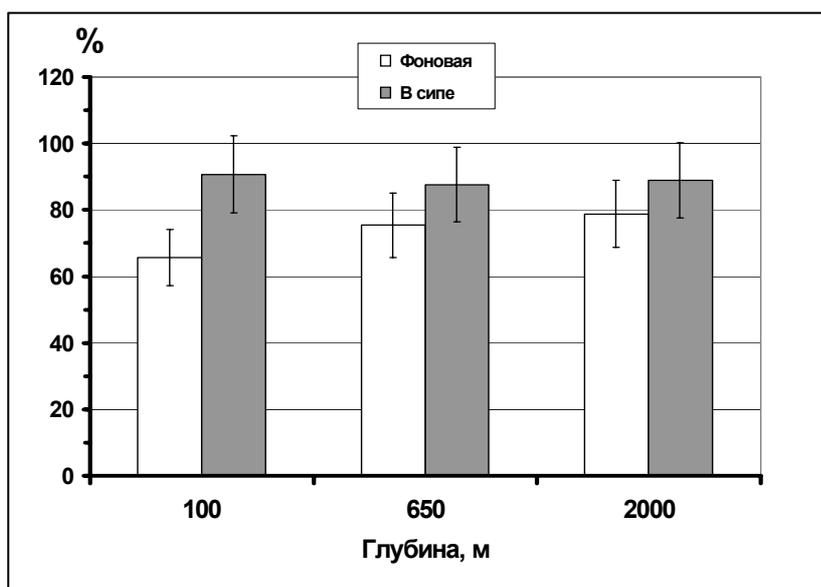


Рис. 3 Гистограмма среднего по водной толще процентного вклада концентрации растворенной формы ртути в общую ртуть в воде на глубинах 100, 650 и 2000 м: газовый сип (темные колонки), фоновая станция (светлые колонки)
Fig. 3 The histogram of average in the water column percentage contribution of concentration mercury soluble form to the total mercury in water on the depths 100, 650 and 2000 m: the gas seeps locations (dark columns), the background stations (light columns)

Из представленных соотношений видно, что доля взвешенной формы ртути на шельфе была соответственно несколько выше, чем на материковом склоне и в глубоководной части моря. В шельфовых районах, подверженных большому антропогенному влиянию, именно взвешенному веществу принадлежит значительная роль в формировании полей ртутного загрязнения. Прохождение химических веществ через стадию взвеси является не только условием формирования донных отложений, но и формой их взаимодействия с водными массами. Благодаря большой удельной поверхности взвешенные вещества могут извлекать элементы, переносить их на значительные расстояния, что приобретает чрезвычай-

ное значение для решения экологических проблем.

Изучение распределения ртути в донных отложениях из мест газовой разгрузки недр и фоновых участков также показало их различие по содержанию ртути. Так, например, на рис. 4 показаны эхограмма и профиль распределения ртути в толще донных отложений шельфовой зоны (глубина 183 м) из районов газового сипа (ГС-31: 44° 46.697 с.ш. – 31° 59.088 в.д.) и фоновой (МС-3: 44° 46.842 с.ш. – 31° 58.981 в.д.), удалённых друг от друга примерно на 300 м. Наблюдения показали, что концентрация ртути в поверхностном слое донных отложений в поле газовых сипов составляла 54 нг·г⁻¹ и была почти в 7 раз выше,

чем на смежной фоновой станции. Максимальный пул ртути в толще отложений из обоих районов находился в слое 0 – 10 см. Концентрация ртути в более глубоких слоях дон-

ных отложений на фоновой станции была ниже предела обнаружения, в то время как в отложениях из поля газовых сипов содержание ртути было измерено по всему столбу пробы.

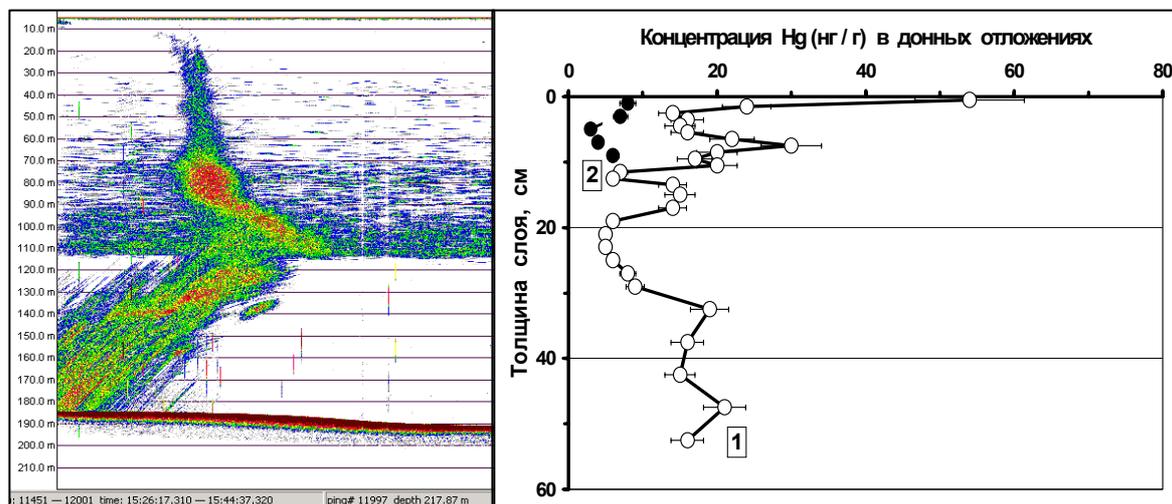


Рис. 4 Распределение концентрации ртути ($\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ сырой массы) в донных отложениях, отобранных на глубине 183 м: (1) сип (эхограмма слева) и (2) фоновая станция на расстоянии 300 м от него
 Fig. 4 Distribution of the mercury concentration ($\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ wet weight) in bottom sediments collected on the depth 183 m: (1) the gas seep (left echogram) and (2) the background station located on the distance 300 m from it

Анализ эхограммы струйных газовыделений, зарегистрированных в 60 рейсе НИС “Профессор Водяницкий” (ГС-45: 44° 42.774 с.ш. – 32° 05.088 в.д.) на глубине 630 м (материковый склон), показал, что отбор донных отложений был проведен в момент, когда пробоотборник находился непосредственно в газовом поле.

Эту эхограмму и профиль вертикального распределения концентрации ртути в толще донных отложений демонстрирует рис 5. Максимальное содержание ртути приходится на верхний слой 0 – 50 см. Для данного района примечательным явилось то, что из донных отложений, поднятых на борт судна, в течение трех часов в геохимической колонке наблюдалось выделение газа, что свидетельствовало о разгрузке газонасыщенных слоев донных отложений, содержащих газ, по-видимому, в газогидратной форме.

Содержание ртути в донных отложениях из глубоководной зоны Черного моря в районе вулкана “Двуреченский” на глубине 2065 м было максимальным в слое 0 – 20 см и изменялось от 12 до 83 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$, а на фоновой станции, удаленной примерно на 1 км, оно составляло 15-35 $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$. Концентрация ртути в осадочных слоях ниже 20 см на фоновой станции была за пределами чувствительности прибора, в то время как в районе грязевого вулкана ртуть определялась во всех слоях отобранной колонки (до 1 м).

В целом, независимо от морфологических зон Черного моря, содержание ртути в донных отложениях из районов газовых сипов было выше, чем на фоновых станциях и зависело также от точности попадания пробоотборника в газовыделяющий участок. Вместе с тем, известно, что источники газовыделений приурочены, как правило, к вершинам и скло-

нам поднятий дна. Это позволяет предположить, что поступление ртути в придонную водную толщу имеет литосферный генезис и

не связано непосредственно с деструкцией органического вещества, накапливающегося в складках рельефа.

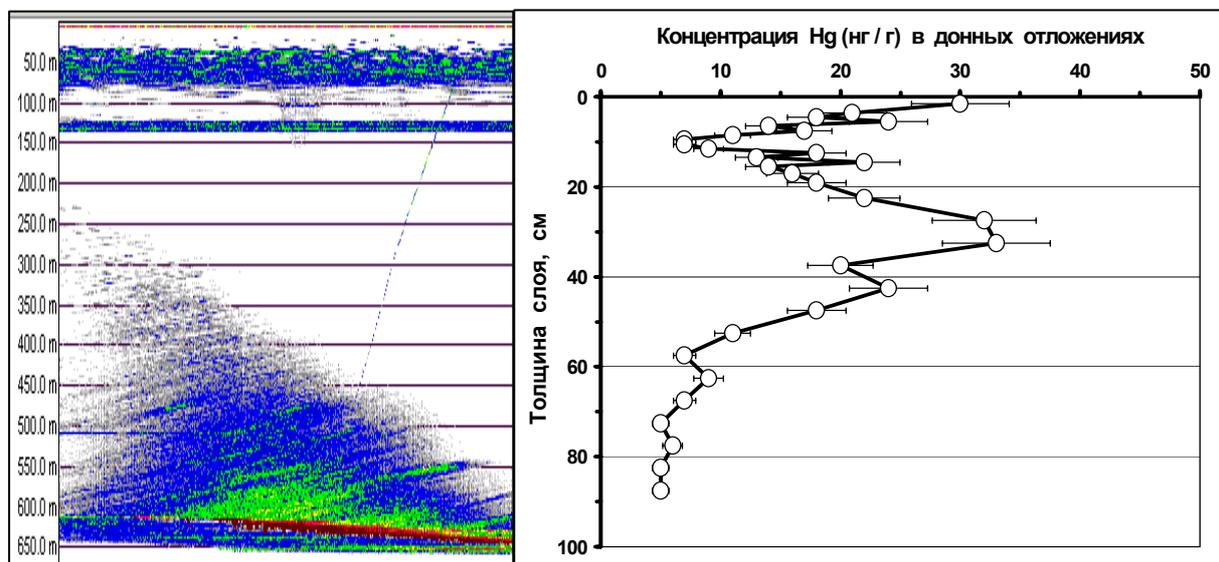


Рис. 5 Распределение концентрации ртути ($\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ сырой массы) в толще донных отложений, отобранных в месте локализации газового сипа на глубине 630 м (эхограмма слева)

Fig. 5 Distribution of the mercury concentration ($\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ of wet weight) in the bottom sediments collected in gas seep location on the depth 630 m (left echogram)

Интересен также и тот факт, что газо-выделяющие участки, как в окислительной, так и восстановительной зонах Черного моря, покрыты бактериальными обрастаниями. В районах струйных выходов метана, расположенных на кромке северо-западного шельфа и верхней части материкового склона Черного моря, были обнаружены массивные карбонатные образования в виде коралловых построек высотой до 3 м, верхняя часть которых имела кратеры для выхода газа, покрытые бактериальными обрастаниями [9].

В 56 рейсе НИС “Профессор Водяницкий” (июль 2001 г.) с глубины 1555 м удалось поднять образцы карбонатной постройки высотой более 1 м, верхняя часть которой также была покрыта бактериальными матами толщиной до 2 см. Содержание ртути в бактериальных постройках составляло $161 - 186 \text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$, а в

донных отложениях из того же района – $236 \text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$ сырой массы [2].

Закключение. Изучение закономерностей распределения различных физико-химических форм ртути в Черном море показали приуроченность потоков ртути в водную среду к местам газовой разгрузки недр. В отличие от ранее известных данных, повышенные концентрации ртути зарегистрированы не только в районах проявления грязевого вулканизма, но и практически сопутствуют всем площадкам локализации струйных газовыделений в пределах глубин от 100 до 2000 м. Наши наблюдения приводят к выводу, что в Черном море имеется источник природного поступления ртути, который ранее не учитывался в балансовых расчетах при изучении биогеохимических закономерностей миграции ртути в водной среде. Активное и масштабное

поступление метана в водную толщу может оказывать существенное влияние на распреде-

ление и поведение различных форм ртути в воде и донных отложениях Черного моря.

1. *Егоров В. Н., Кулебакина Л. Г., Светашева С. К., Поповичев В. Н.* Определение времени круговорота ртути в фотическом слое Черного и Средиземного морей // Охрана природной среды морей и устьев рек (Владивосток, 22-27 сентября 1986 г.): Тез. докл. – 2. – Владивосток. – 1986. – С. 93 - 94. – ДСП.
2. *Егоров В. Н., Поликарпов Г. Г., Гулин С. Б.* и др. Современные представления о средообразующей и экологической роли струйных метановых газовыделений со дна черного моря // Морск. экол. журн. – 2003. – 2, № 3. – С. 5 - 26.
3. *Зайцев Ю. П., Поликарпов Г. Г.* Экологические процессы в критических зонах Черного моря: синтез результатов двух направлений исследований с середины XX до начала XXI веков // Морск. экол. журн. – 2002. – 1, №1. – С. 33 - 55.
4. *Карасик М. А., Герасимова Л. И.* Об условиях образования паров ртути над киноварью // Докл. АН СССР. – 1967. – 173, № 4. – С. 919 - 922.
5. *Козлова С. К.* Трансформация форм ртути и процессы её миграции в экосистемах Килийской дельты р. Дунай и устьевого взморья // Автореф. дис. ...канд. географ. наук: 11. 00. 07. – Ростов-на-Дону, 1990. – 22 с.
6. *Костова С. К., Егоров В. Н., Поповичев В. Н.* Экологические аспекты изучения загрязнения Черного моря ртутью // Чтения памяти Н. В. Тимофеева-Ресовского: 100-летию со дня рожд. Н. В. Тимофеева-Ресовского посвящается. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2000. – Гл. 8. – С. 250 - 257.
7. *Морозов В. И.* Ртуть в кайнозойских отложениях Керченского полуострова // Докл. АН СССР. – 1965. – 163, №1. – С. 209 – 211.
8. *Отчёт* о проделанной работе в 31-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» за период со 2 июля по 12 августа 1990 года. – Севастополь, 1990. – 280 с.
9. *Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н., Гулин С. Б., Гулин М. Б., Стокозов Н. А.* Газовыделения со дна Черного моря – новый объект молисмологии / Молисмология Черного моря. – К.: Наук. думка, 1992. – С. 5 – 10.
10. *Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и воде.* – Л.: Химия, 1972. – 375 с.
11. *Прокофьев А. К., Степанченко Т. В.* Методы определения токсичных загрязняющих веществ в морской воде и донных осадках. – М.: Гидрометеиздат, – 1981. – С. 34 – 42.
12. *Сауков А. А.* Геохимия ртути // Тр. Ин – та геол. наук АН СССР. - 1946. – 78, № 17. – С. 406 - 415.
13. *Светашева С. К., Егоров В. Н., Гулин М. Б., Жерко Н. В.* Трансформация физико-химических форм ртути и её распределение в аэробной и анаэробной зонах Черного моря // Молисмология Черного моря. – К.: Наук. думка, 1992. – С. 108-122.
14. *Унифицированные методы мониторинга фоновое загрязнения природной среды.* – М.: Гидрометеиздат, 1986. – 180 с.
15. *Шнюков Е. Ф., Гнатенко Г. И., Нестеровский В. А., Гнатенко О. В.* Грязевой вулканизм Керченско-Таманского региона. – К.: Наук. думка., 1992. – 200 с.

Поступила 30 сентября 2005 г.

Розподіл ртуті у воді і донних відкладах в місцях локалізації струменевих метанових газовиділень із дна Чорного моря. С. К. Костова, В. М. Поповичев, В. М. Єгоров, О. В. Плотіцина, Ю. Г. Артемов. Представлені сучасні дані з досліджень розподілу ртуті в районах струменевих метанових газовиділень з дна Чорного моря. Приведені профілі вертикального розподілу розчиненої, завислої та загальної ртуті у воді і донних відкладах окислювальної і відновної зон Чорного моря. Проведено порівняння розподілу ртуті в товщі води і донних відкладах на різних глибинах залежно від акустичної реєстрації газових потоків. Наводяться результати вмісту ртуті в зразках карбонатних споруд з місць струменевих виходів газу. Дослідження показали, що в Чорному морі існує нове джерело ртутного забруднення води.

Ключові слова: струменеві метанові газовиділення, сипи, факели, грязьові вулкани, ртуть, розподіл, концентрація, вода, донні відклади, Чорне море

Mercury distribution in water and bottom sediments in localization of jet methane gas seeps from the Black Sea bottom. S. K. Kostova, V. N. Popovichev, V. N. Egorov, O. V. Plotitsyna, Yu. G. Artemov. The present-day data of the mercury distribution investigation at the areas of the Black Sea methane gas seeps are shown. The profiles of vertical allocations of soluble, suspended and total mercury in the water column and bottom sediments at oxidizing and reducing zones are given as well. The comparison of mercury distribution in the water column and bottom sediments at different sea depths according to the acoustical registration of the gas bubble streams is taken. The results of mercury content in the pattern of carbonate constructions from the places of gas seeps are making. The findings of investigation have shown that there is a new source of mercury contamination in the Black Sea.

Key words: gas bubble streams, seep, flares, mud volcanoes, mercury, forms, distribution, concentration, water, bottom sediments, Black Sea

ВЫШЕЛ В СВЕТ:

УДК 577.4

71-Й ВЫПУСК СБОРНИКА НАУЧНЫХ ТРУДОВ «ЭКОЛОГИЯ МОРЯ»

В сборник помещены материалы отдела физиологии животных и биохимии Института биологии южных морей НАН Украины, посвященные памяти основателя отдела, выдающегося отечественного ученого В. С. Ивлева; статья «Элементы физиологической гидробиологии», перепечатанная из сборника «Физиология морских животных» (М.: Наука, 1966), а также статьи, посвященные биологии гидробионтов Черного и Азовского морей.

Для экологов, гидробиологов, физиологов, ихтиологов.

Заказать и приобрести сборник можно в библиотеке ИнБЮМ по адресу:

Институт биологии южных морей НАН Украины,
просп. Нахимова, 2

99011 Севастополь Украина,