

Экспериментальные и экспедиционные исследования

УДК 551.35

К.И. Гуров, Е.И. Овсяный, Е.А. Котельянец, С.К. Коновалов

Геохимические характеристики донных отложений акватории Каламитского залива Черного моря

Рассмотрены основные геохимические характеристики (влажность, гранулометрический состав, содержание органического углерода, карбонатность, а также содержание Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, As, Sr, Ti, Fe, Mn) донных отложений акватории Каламитского залива. Отложения в прибрежных районах отличаются большим разнообразием характеристик, чем в мористой части залива, что связано с различными источниками материала и микрокомпонентов донных отложений, а также с более активными гидродинамическими процессами. По сравнению с фоновыми районами донные отложения залива являются слабозагрязненными. Особенности пространственных изменений содержания органического углерода определяются сменой литологических типов отложений. Показаны связи между фракционным составом отложений, с одной стороны, и содержанием в них органического и неорганического углерода и тяжелых металлов, с другой. Наибольшая положительная корреляция содержания тяжелых металлов с распределением илистой фракции наблюдается для меди.

Ключевые слова: Черное море, донные отложения, гранулометрический состав, органический углерод, неорганический углерод, тяжелые металлы, илстая фракция.

Введение. Прибрежные районы Черного моря характеризуются высокой скоростью осадконакопления. Они также подвержены постоянному влиянию со стороны человека [1]. При этом важно отметить, что в отличие от мониторинга океанологических параметров вод, который выполняется регулярно, исследования донных отложений, как правило, проводятся эпизодически, и по этой причине отложения изучены фрагментарно. Кроме того, значительная антропогенная нагрузка на прибрежные морские системы приводит к высокой скорости изменения геохимических характеристик и уровня загрязнения донных отложений [2]. В связи с этим исследование донных отложений является актуальной задачей, решение которой позволяет оценить экологическое состояние прибрежной морской среды [2 – 7].

Основные геохимические характеристики донных отложений – их гранулометрический состав и влажность, а также содержание органического ($C_{орг}$) и неорганического ($CaCO_3$) углерода и тяжелых металлов. Именно эти характеристики влияют на способность донных отложений поглощать и удерживать различные загрязняющие вещества.

Гранулометрический состав (относительное содержание частиц различных размеров) в значительной степени определяет абсорбционные характеристики донных отложений.

© К.И. Гуров, Е.И. Овсяный, Е.А. Котельянец, С.К. Коновалов, 2014

Карбонат кальция содержится в таких биогенных составляющих донных отложений, как ракушки, ракушечный детрит и карбонатные образования, и способствует накоплению щелочноземельных и переходных элементов. А концентрация органического углерода в донных отложениях является одним из главных геохимических параметров, характеризующих состояние морских экосистем, и в особенности акваторий, подверженных антропогенному влиянию. При этом многие тяжелые металлы образуют устойчивые комплексы с органическим веществом и по этой причине накапливаются в донных отложениях с повышенным содержанием органического углерода.

Состав донных отложений зависит от поступающего на дно водоема осадочного материала. Процесс осадконакопления связан с рядом факторов. К важным факторам формирования донных отложений относят глубину района моря, его удаленность от берега и форму рельефа дна [8], поскольку они в значительной степени влияют на интенсивность гидродинамического воздействия на донные отложения, их перераспределение и фракционирование.

Помимо изучения геохимических характеристик донных отложений, важной частью исследовательских работ является анализ пространственных изменений этих характеристик, который помогает выявить источники поступления загрязняющих веществ, накапливающихся в донных отложениях, и оценить пути и условия дальнейшего распространения загрязняющих веществ. Последнее связано с особенностью донных отложений при определенных условиях становиться источником вторичного загрязнения.

Мониторинг содержания в донных отложениях загрязняющих веществ и тяжелых металлов очень актуален для прибрежных районов Черного моря, и особенно районов Крымского п-ова, известных своей курортной привлекательностью. Важным является изучение корреляционных связей между отдельными фракциями донных отложений и повышенными концентрациями тяжелых металлов.

Цель данной работы заключается в изучении основных геохимических характеристик и особенностей их распределения в донных отложениях прибрежных районов Черного моря на примере Каламитского залива. Ранее аналогичные работы были выполнены для других прибрежных районов Крыма [2 – 7].

Материалы и методы исследования. Анализ геохимических характеристик выполнялся в соответствии с рекомендациями действующих нормативных документов [9 – 18].

Отбор проб донных отложений на мелководных станциях проводили с использованием пробоотборников Петерсона или ДЧ-0,025 согласно ГОСТ 17.1.5.01-80 и ДСТУ ISO 5667-19:2007 [9, 10].

Гранулометрический состав донных отложений определяли по массовому содержанию частиц различной крупности, выраженному в процентах, по

отношению к массе сухой пробы грунта, взятой для анализа. При этом применялся комбинированный метод просеивания и седиментации [11]. Но, учитывая общие особенности структуры отложений и наличие имеющегося в распоряжении оборудования, в нашем случае для определения гранулометрического состава использовался комбинированный ситовой анализ (метод декантации и рассеивания) [12].

Условно исследования по данному методу можно разделить на три этапа: промывание пробы донных отложений с ее последующим разделением на группы фракций ($> 0,1$ мм; $0,1 - 0,05$ мм; $< 0,05$ мм) и высушиванием их в отдельной посуде; просеивание с помощью набора сит с отверстиями 10; 7; 5; 2,5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1; 0,05 мм [13] крупных фракций ($> 0,1$ мм) и их взвешивание; обработка результатов измерений и расчет процентного содержания фракций.

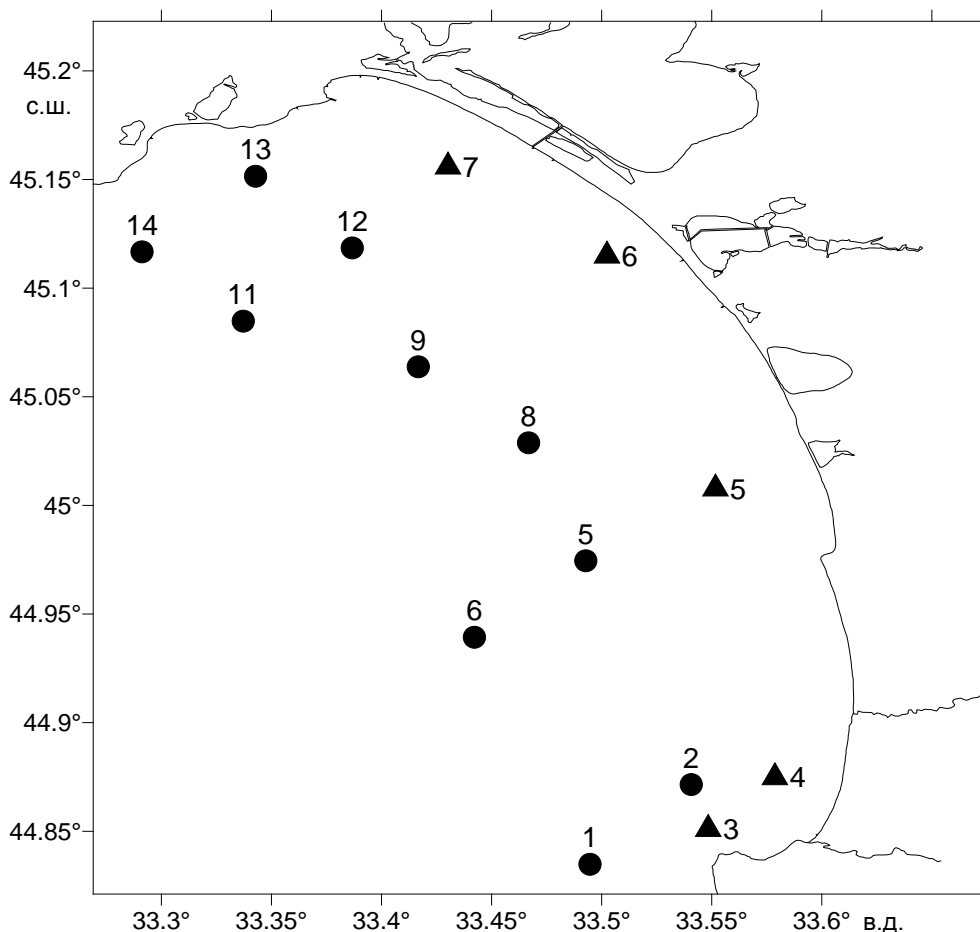
Естественную влажность определяли весовым методом по стандартной методике (ДСТУ ISO 11465-2001) [14].

Содержание неорганического углерода (карбонатность) в пробе находили весообъемным методом после разложения карбонатов соляной кислотой (ДСТУ ISO 10693-2001) [15] с учетом методических рекомендаций руководства UNEP [16].

Концентрацию органического углерода в пробе определяли спектрофотометрическим методом после окисления органического вещества сульфохромной смесью (ДСТУ ISO 14235-2005; ДСТУ 4289:2004) [17, 18]. Для этого применялась усовершенствованная модификация методики химического анализа.

Определение содержания тяжелых металлов в донных отложениях исследуемых районов проводилось методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии – методом анализа, используемым для определения концентраций элементов от бериллия до урана в диапазоне от 0,0001 до 100% в различных по происхождению веществах. В наших исследованиях концентрации тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, As, Sr, Ti, Fe, Mn) в донных отложениях измеряли также рентгенофлуоресцентным методом с использованием прибора «Спектроскан МАКС-G» фирмы «Спектрон» [19].

В нашей работе анализировались данные, полученные в ходе экспедиционных исследований в акватории Каламитского залива в августе 2011 г. на НИС «Профессор Водяницкий» [20] (мористая часть) и в сентябре 2012 г. на НИС «Риони» (прибрежная часть). Расположение станций отбора проб представлено на рис. 1.



Р и с. 1. Станции отбора проб донных отложений (● – 69-й рейс НИС «Профессор Водяницкий», август 2011 г.; ▲ – НИС «Риони», сентябрь 2012 г.)

Результаты и обсуждение. Каламитский залив врзается в западное побережье Крымского п-ова на 13 км. Дно залива относительно ровное и отмелое, а средняя глубина акватории около 30 м. С севера его граница входит в административные границы г. Евпатории, а южная – в административные границы г. Севастополя [21].

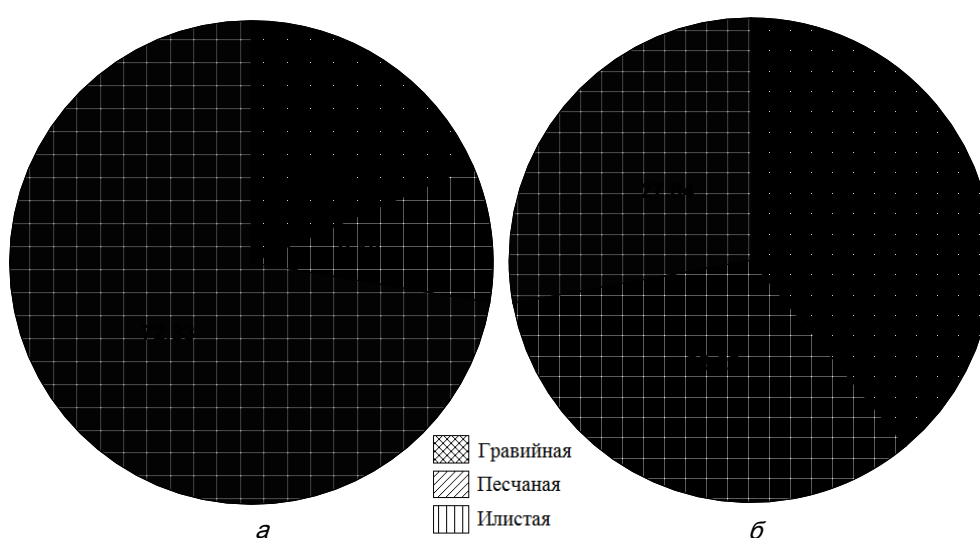
Циркуляция вод Каламитского залива формируется под непосредственным влиянием геострофических потоков и ветровых течений и, в свою очередь, влияет как на гидрологический и гидрохимический режимы акватории, так и на литодинамический режим наносов в прибрежной зоне [22].

Берег северной части залива в районе Евпатории характеризуется выходами неогеновых известняков [23]. Северные берега залива – низменные и песчаные, а южные – высокие и глинистые. Существуют разные мнения относительно того, что именно играет ведущую роль в питании акватории материялом. Одни авторы выделяют влияние крупных крымских рек (Альмы,

Качи, Бельбека и в меньшей степени р. Черной) [24] на состав отложений береговой части залива, в особенности ориентированной на восток. Другие [25] выделяют абразионные процессы и их роль в питании донных отложений залива материалом, а также считают поставку ракушечного материала в акваторию важным источником формирования донных отложений.

Согласно данным работы [24], общую пространственную структуру донных отложений Каламитского залива можно разделить на два типа: с преобладанием песчаной и гравийной фракций (вдоль береговой зоны до глубины 30 – 50 м и в палеорусле рек, впадающих в залив); с преобладанием илистой фракции по мере увеличения глубины.

Отбор проб в рейсе НИС «Профессор Водяницкий» в августе 2011 г. проводился в основном в мористой части залива, и этим обусловлено повышенное содержание мелкодисперсных фракций. А пробы, полученные в сентябре 2012 г., отбирались вблизи берега, что также сказалось на их гранулометрическом составе (рис. 2).



Р и с. 2. Круговая диаграмма среднего распределения фракций донных отложений акватории Каламитского залива в мористой (а) и прибрежной (б) частях

Результаты исследования показали, что на глубоководных станциях доля алевроито-пелитовой фракции в среднем превышала 60%, а на отдельных станциях достигала 98%. По материалу, который содержался в донных отложениях, пробы можно разделить на три группы с преобладанием: ракушечного гравия с детритовым песком, пелито-алевритового и алевроито-пелитового ила (таблица). К алевроито-пелитовым илам отнесены донные отложения с содержанием крупноалевритовой фракции $\geq 50\%$, к пелито-алевритовым – с содержанием мелкоалевритовой и пелитовой фракций $\geq 50\%$.

**Гранулометрический состав донных отложений в Каламитском заливе
(69-й рейс НИС «Профессор Водяницкий», август 2011 г.)**

№ станции	Содержание фракций донных отложений, %				Название отложений
	Гравийная, 10 – 1 мм	Песчаная, < 1 – 0,1 мм	Крупно- алевритовая, < 0,1 – 0,05 мм	Мелко- алевритовая и пелитовая, < 0,05 – 0,001 мм	
14	62,22	35,83	2,24	0	Ракушечный гравий с детритовым песком
13	1,48	2,61	64,93	30,96	Ил алеврито-пелитовый
12	0,21	0,94	83,71	15,15	Ил алеврито-пелитовый
11	3,36	9,97	37,33	49,34	Ил пелито-алевритовый
9	0,59	2,9	42,33	54,15	Ил пелито-алевритовый
8	3,36	4,6	41,44	50,56	Ил пелито-алевритовый
5	7,68	7,63	25,14	59,50	Ил пелито-алевритовый
2	83,84	12,59	2,14	1,28	Ракушечный гравий с детритовым песком
1	3,64	5,55	43,13	47,64	Ил пелито-алевритовый

Донные отложения в прибрежной части более разнообразны и представлены тремя примерно равными группами: ракушечный гравий с детритовым песком; песок пелитовый с детритом; ил алеврито-пелитовый с детритовым песком (рис. 2).

Повышенное содержание мелкодисперсных илов наблюдалось в кутовой части возле Сакских соленых озер (ст. № 6), а максимальное содержание крупнодисперсного ракушечного детрита отмечено в южной части залива (ст. № 3, 4).

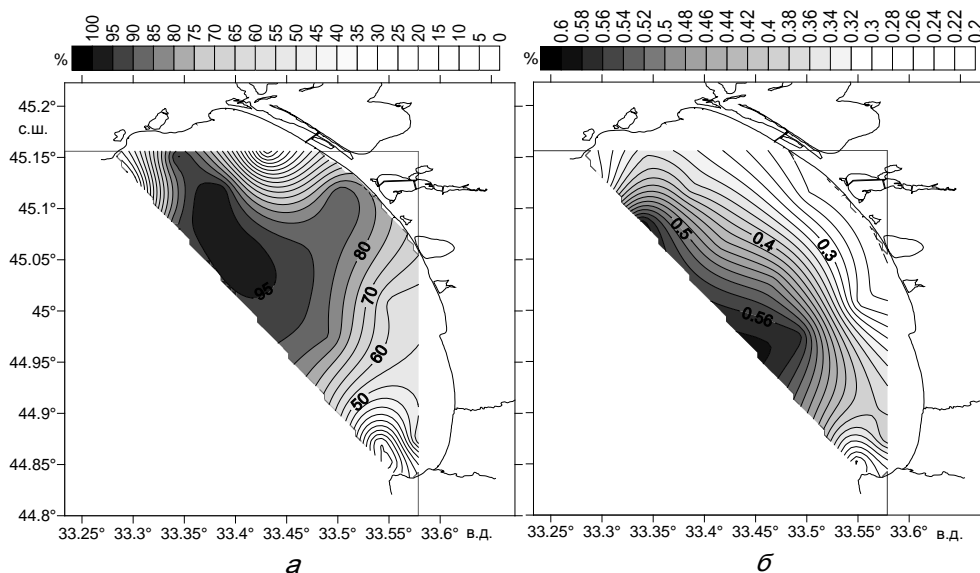
Песчаная фракция распространена повсеместно, а ее максимальное содержание наблюдалось у побережья Евпатории.

Средняя влажность донных отложений, отобранных в мористой части, в среднем составила 46% при максимальном значении 62% и минимальном 29%. На прибрежных станциях влажность проб изменялась в широких пределах от 8 до 60%, а среднее значение составило 33,3%.

Анализ литературных источников показал, что систематических исследований содержания органического углерода в донных отложениях прибрежных районов шельфа Западного Крыма не проводилось. Отдельные данные измерений представлены в работе [26], с учетом которых средняя концентрация $S_{орг}$ для ила песчанистого составляла 0,43%. В статье [27] показано, что в

прибрежной зоне содержание $S_{орг}$ в донных отложениях залива колеблется в пределах 0,07 – 0,11%.

Исследования, выполненные в нашей работе по результатам съемок в 2011 и 2012 гг., показали, что пределы концентрации $S_{орг}$ в поверхностном слое (0 – 5 см) донных отложений прибрежной части залива составляют 0,23 – 0,40% при среднем значении $0,29 \pm 0,05\%$ ($n = 11$), а для мористой части — 0,24 – 0,60% при среднем значении $0,44 \pm 0,11\%$ ($n = 9$). Максимальные значения относились к отложениям пелито-алевритовых илов (рис. 3).



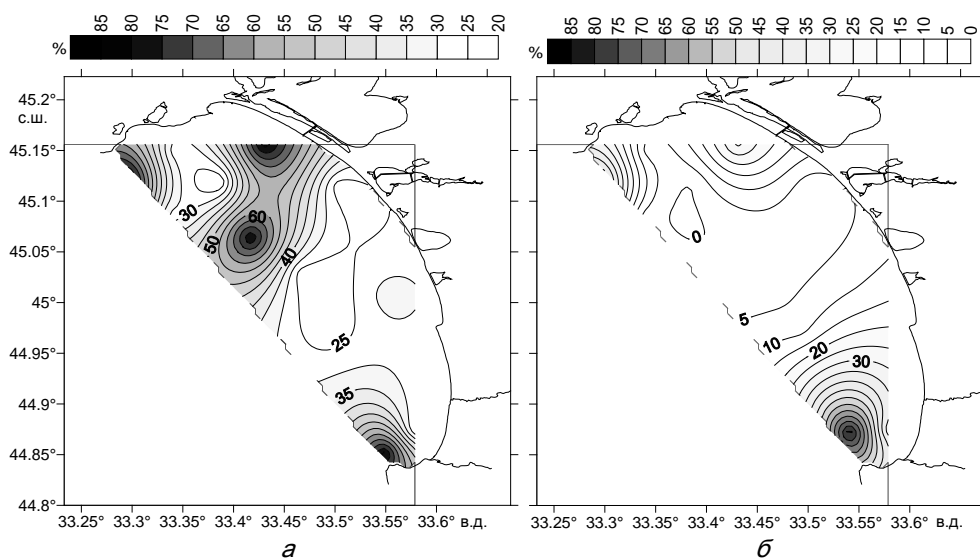
Р и с. 3. Пространственное распределение илистой фракции (а) и $S_{орг}$ (б) в поверхностном слое (0 – 5 см) донных осадков Каламитского залива в августе 2011 г. – сентябре 2012 г.

Сравнительный анализ показывает, что концентрация $S_{орг}$ в прибрежной части залива превышает значения, полученные в предшествующих исследованиях [27]. Такое изменение может быть следствием повышенного антропогенного влияния за прошедшие 20 лет. Это предположение подтверждается как увеличением концентрации биогенных элементов в водах залива, так и ростом первичной продукции и увеличением количества бентоса [28].

Содержание $CaCO_3$ в пробах из мористой части залива изменялось от 19,6 до 96%, а среднее значение составило 35,3%. Для проб из прибрежной части максимальное значение карбонатности также составляло 96%, но минимальное увеличилось до 22% при существенно более высоком среднем, равном 53,12%. Минимальные значения были связаны с наличием илстых фракций, а максимальные – с отложениями песков с ракушечным детритом (рис. 4).

Коэффициент линейной корреляции между концентрациями в пробах $S_{орг}$ и $CaCO_3$ для отложений мористой части составил $-0,6$, а для вдольбереговых проб $-0,43$. Это закономерно, поскольку источники $S_{орг}$ и $CaCO_3$ в значительной степени различны, и накапливаются эти формы углерода в раз-

личных гранулометрических фракциях: CaCO_3 – в крупнозернистых преимущественно прибрежных отложениях, а $\text{C}_{\text{орг}}$ – в мелкодисперсных преимущественно мористых отложениях.



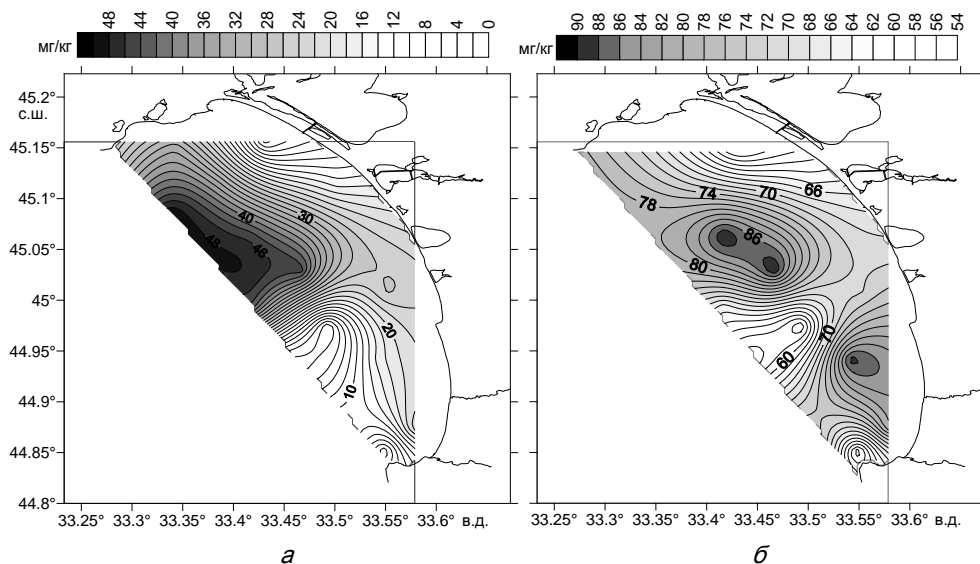
Р и с. 4. Пространственное распределение CaCO_3 (*а*) и гравийной фракции (*б*) в поверхностном слое (0 – 5 см) донных осадков Каламитского залива в августе 2011 г. – сентябре 2012 г.

Переходя к анализу значений содержания металлов в донных отложениях, необходимо отметить, что сравнение полученных величин концентрации с характерными фоновыми значениями проводилось для определенного вещественного состава отложений [29, 30].

Содержание меди в донных отложениях мористой части изменялось от 16,6 до 45 мг/кг, а для прибрежной части – от 1,2 (ст. № 6) до 26,3 мг/кг (ст. № 4). Концентрации цинка в пробах из мористой части варьировали в диапазоне от 4,4 до 48 мг/кг. Для содержания хрома был характерен диапазон 54 – 90 мг/кг. Для прибрежных станций концентрации многих элементов оказались ниже предела обнаружения использованного метода определения.

Анализ показывает, что превышение геохимического фона характерно только для хрома и меди. Содержание меди в донных отложениях больше фоновых значений только в мористой части залива. Концентрация хрома превышает фоновые значения в пробах большинства станций мористой части, а для прибрежных проб – она больше фоновых значений в центре залива и меньше фонового уровня в кутовых частях (рис. 5).

Величины концентраций металлов положительно коррелируют с содержанием илистой фракции. Исключение составляют распределения никеля (–0,27) и мышьяка (–0,46). Максимальная положительная корреляция наблюдается для меди (0,63), а минимальная – для цинка (0,25). Таким образом, для большинства исследованных металлов образование их комплексов с органическим веществом способствует накоплению и удержанию этих загрязняющих элементов в донных отложениях изученного района.



Р и с. 5. Пространственное распределение Cu (а) и Cr (б) в поверхностном слое (0 – 5 см) донных осадков Каламитского залива в августе 2011 г. – сентябре 2012 г.

Выводы. Результаты выполненного исследования показали, что вещественный состав донных отложений, отобранных в мористой и прибрежной частях Каламитского залива, имеет ряд различий.

Донные отложения мористой части представлены в основном ракушечным гравием с детритовым песком и илом как алевроито-пелитовым, так и пелито-алевритовым.

Донные отложения прибрежных районов отличаются бóльшим разнообразием, что, скорее всего, связано как с источниками их питания, так и с гидродинамической активностью.

Распределение $C_{\text{орг}}$ в поверхностном слое (0 – 5 см) донных отложений Каламитского залива определяется сменой литологических типов отложений: при смене пелито-алевритовых илов в мористой части на песчаные и ракушечно-галечные отложения в прибрежной зоне содержание органического вещества уменьшается. Повышенная концентрация органического углерода в пробах, отобранных в прибрежной части залива, может быть связана с антропогенной нагрузкой.

В целом донные отложения Каламитского залива являются слабозагрязненными. Превышение фонового уровня наблюдалось только для хрома и меди, причем в тех пробах, для которых характерно повышенное содержание мелкодисперсной фракции и органического углерода.

Величины концентраций исследованных металлов, за исключением никеля и мышьяка, положительно коррелируют с содержанием илистой фракции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Егоров В.Н., Поликарпов Г.Г., Освас И. и др.* Радиологический отклик Черного моря на Чернобыльскую ядерную аварию в отношении долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Ce // Морской экологический журнал. – 2002. – Вып. 1. – С. 5 – 15.
2. *Котельянец Е.А., Коновалов С.К.* Тяжелые металлы в донных отложениях Керченского пролива // Морской гидрофизический журнал. – 2012. – № 4. – С. 50 – 60.
3. *Игнатъева О.Г., Котельянец Е.А., Романов А.С. и др.* Влияние физико-химических характеристик донных осадков Севастопольской бухты на распределение микроэлементов // Тез. докл. междунар. научн. конф. «Фундаментальные исследования важнейших проблем естественных наук на основе интеграционных процессов в образовании и науке» (19 – 24 августа 2006 г., Севастополь). – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – С. 23 – 24.
4. *Игнатъева О.Г., Романов А.С., Овсяный Е.И. и др.* Физико-химические характеристики донных осадков бухты Казачьей (Черное море) как показатели ее экологического состояния // Уч. зап. Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского. – 2005. – 18(58), № 2. – С. 43 – 48.
5. *Котельянец Е.А., Коновалов С.К.* Распределение тяжелых металлов в донных отложениях Феодосийского залива // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – Вып. 17. – С. 171 – 175.
6. *Овсяный Е.И., Котельянец Е.А., Орехова Н.А.* Мышьяк и тяжелые металлы в донных отложениях Балаклавской бухты (Черное море) // Морской гидрофизический журнал. – 2009. – № 4. – С. 67 – 80.
7. *Котельянец Е.А., Овсяный Е.И., Орехова Н.А. и др.* Влияние геохимических характеристик донных отложений шельфовой зоны Украины на распределение тяжелых металлов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. – Вып. 27. – С. 312 – 317.
8. *Лисицын А.П.* Процессы океанской седиментации. – М.: Наука, 1978. – 392 с.
9. *ГОСТ 17.1.5.01-80.* Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1980. – 5 с.
10. *ДСТУ ISO 5667-19:2007.* Качество воды. Отбор проб. Часть 19. Методические указания по отбору проб морских отложений (ISO 5667-19:2004, IDT). – Киев: Держспоживстандарт Украины, 2011. – 11 с.
11. *Петелин В.П.* Гранулометрический анализ морских донных осадков. – М.: Наука, 1967. – 128 с.
12. *ГОСТ 12536-79.* Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1979. – 20 с.

13. *ДСТУ ISO 11277:2005*. Качество грунта. Определение гранулометрического состава и минерального материала грунта. Метод просеивания и седиментации (ISO 1127:1998, IDT). – Киев: Держспоживстандарт Украины, 2006. – 29 с.
14. *ДСТУ ISO 11465-2001*. Качество грунта. Определение сухого вещества и влажности по массе. Гравиметрический метод (ISO 11465:1993, IDT). – Киев: Держспоживстандарт Украины, 2002. – 5 с.
15. *ДСТУ ISO 10693-2001*. Качество грунта. Определение содержания карбонатов. Объемный метод (ISO 10693:1995, IDT). – Киев: Держспоживстандарт Украины, 2002. – 7 с.
16. *UNEP/IOC/IAEA. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter*. – UNEP. – 1995. – № 63. – 74 p.
17. *ДСТУ ISO 14235-2005*. Качество грунта. Определение органического углерода сульфохромным окислением (ISO 14235-1998, IDT). – Киев: Держспоживстандарт Украины, 2007. – 10 с.
18. *ДСТУ 4289:2004*. Качество грунта. Методы определения органического вещества. – Киев: Держспоживстандарт Украины, 2005. – 14 с.
19. *Методика* выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М049-П/02. – СПб.: ООО «Спектрон», 2002. – Свидетельство № 2420/53-2002. – 16 с.
20. *Шнюков Е.Ф., Емельянов В.А., Коболев В.П. и др.* Геолого-геохимические, гидролого-гидрохимические и биологические исследования в 69-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2011. – № 4. – С. 91 – 93.
21. *Энциклопедический словарь* Брокгауза и Ефрона. – М.: Терра, 2001. – 40726 с.
22. *Артамонов Ю.В., Белокопытов В.Н., Скрипалева Е.А.* Сезонная динамика крупномасштабных циклонических круговоротов Черного моря // Системы контроля окружающей среды / Средства и информационные технологии. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. – С. 268 – 270.
23. *Шнюков Е.Ф., Рыбалко С.И., Ломаев Н.А. и др.* Каламитское поле конкреций (материалы первого рейса НИС «Геохимик»). – Киев, 1973. – 50 с. – (Препринт / АН УССР. ИГФМ).
24. *Шнюков Е.Ф., Огородников В.И., Иноземцев Ю.Я. и др.* Литолого-стратиграфическая характеристика донных отложений крымского шельфа и глубоководной части Черного моря // Геол. журнал. – 2003. – № 1. – С. 9 – 23.
25. *Шуйский Ю.Д.* Механический состав пляжевых наносов на западных берегах Крымского п-ова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007. – Вып. 15. – С. 370 – 385.
26. *Невесский Е.Н.* Процессы осадкообразования в прибрежной зоне моря. – М.: Наука, 1967. – 255 с.
27. *Кирюхина Л.Н., Миловидова Н.Ю.* Влияние биоценоза *Chamelea gallina* на состав органического вещества донного осадка // Экология моря. – 1989. – Вып. 32. – С. 41 – 44.

28. *Болтачева Н.А., Мильчакова Н.А., Миронова Н.В.* Изменения бентоса в районе Каламитского залива под влиянием эвтрофирования // Экология моря. – 1999. – Вып. 49. – С. 5 – 9.
29. *Митропольский Ю.А., Безбородов А.А., Овсяный Е.И.* Геохимия Черного моря. – Киев: Наукова думка, 1982. – 144 с.
30. *Митропольский О.Ю., Наседкин С.И., Осокина Н.П.* Экогеохимия Черного моря. – Київ: Академперіодика, 2006. – 277 с.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Севастополь
E-mail: gurovki@gmail.com

Материал поступил
в редакцию 04.02.14
После доработки 12.03.14

АНОТАЦІЯ Розглянуто основні геохімічні характеристики (вологість, гранулометричний склад, вміст органічного вуглецю, карбонатність, а також вміст Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, As, Sr, Ti, Fe, Mn) донних відкладень акваторії Каламітської затоки. Відкладення в прибережних районах відрізняються більшою різноманітністю характеристик, ніж в мористій частині затоки, що пов'язано з різними джерелами матеріалу та мікрокомпонентів донних відкладень, а також з більш активними гідродинамічними процесами. У порівнянні з фоновими районами донні відкладення затоки є слабозабруднені. Особливості просторових змін вмісту органічного вуглецю визначаються зміною литологічних типів відкладень. Показані зв'язки між фракційним складом осадов, з одного боку, та вмістом в них органічного та неорганічного вуглецю та важких металів, з іншого. Найбільша позитивна кореляція вмісту важких металів з розподілом мулистої фракції спостерігається для міді.

Ключові слова: Чорне море, донні відкладення, гранулометричний склад, органічний вуглець, неорганічний вуглець, важкі метали, мулиста фракція.

ABSTRACT Main geochemical characteristics (humidity, granulometric size distribution, organic carbon content, carbonate content, as well as content of Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, As, Sr, Ti, Fe, Mn) of bottom sediments in the Kalamita Bay water area are examined. Unlike the seaward part of the bay, sediments in the coastal zone are notable for greater variety of characteristics that is associated with various sources of material and micro-components of bottom sediments, as well as more active hydrodynamic processes. As compared with the background areas, the bay sediments are weakly polluted. Features of the spatial variations of organic carbon content are conditioned by change of lithological types of deposits. Relations between fractional composition of deposits, on the one hand, and content of organic and inorganic carbon, and trace metals in the fractions, on the other hand, are shown. The highest positive correlation between trace metals content and distribution of clay fraction is observed for copper.

Keywords: Black Sea, bottom sediments, granulometric composition, organic carbon, inorganic carbon, trace metals, clay fraction.