

# Экспериментальные и экспедиционные исследования

УДК 551.462:551.35(262.5)

А.И. Рябинин, С.А. Шibaева, Е.А. Данилова

## Особенности распределения тяжелых металлов в донных отложениях северо-восточного региона Черного моря

Рассматривается распределение Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Ag и Au в современных черноморских, древнечерноморских и новоэвксинских донных отложениях, пробы которых были отобраны в 1990 г. в Крымском, Керченско-Таманском и Кавказском районах северо-восточного региона Черного моря в зонах шельфа, склона и глубоководной впадины. Выявленный характер полей концентраций изученных металлов не позволил установить четких закономерностей в распределении Mn, Co и Cu с Fe. Показано, что значение соотношений концентраций металлов увеличивается в направлении Au/Cu → Zn/Cu → Co/Fe → Ni/Fe → Mn/Fe → Hg/Cu → Ag/Cu → Cu/Fe. Сведения о Ag представлены впервые.

**Ключевые слова:** Черное море, донные отложения, тяжелые металлы, концентрации Ag и Au.

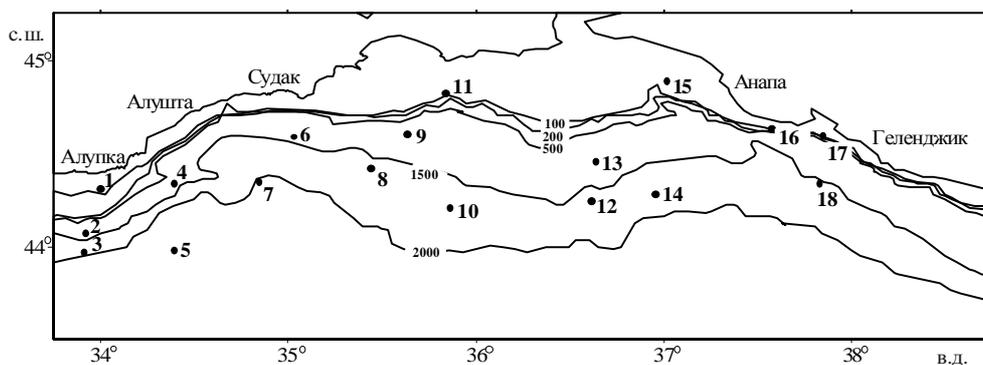
Результаты исследования пространственной изменчивости полей концентраций Sc, Y, Zr, La, Ce, Eu, Tb, Hf, Th, U, Na, K, Rb, Cs, Ca, Ti, Sr, Ba, S, Cl, Br, As, Sb, Ta, Cr, Mo в донных отложениях северо-восточного региона Черного моря получены ранее с применением многоэлементных нейтронно-активационного и рентгенорадиометрического методов анализа проб, отобранных в 1990 г. Морской геологической партией Крымморгеологии [1 – 3].

В данной работе представлены результаты исследования полей концентраций тяжелых металлов Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Ag и Au, мониторинг которых актуален в настоящее время в океанологии и экологии вследствие значимой токсичности большинства из них в растворенном состоянии в водах рыбохозяйственного назначения [4 – 7]. По своим геохимическим свойствам эти металлы выделены А.И. Перельманом в две подгруппы III геохимической группы: подгруппа железа (Fe, Mn, Co, Ni) и подгруппа халькофильных металлов (остальные 6 элементов) [8].

### Методы исследования

Исследованы 40 проб донных отложений, которые отобраны из современных, древнечерноморских и новоэвксинских черноморских отложений [5] на шельфе, склоне и в глубоководной впадине на 18 станциях, расположенных в Крымском (ст. 1 – 11), Керченско-Таманском (ст. 12, 13, 15) и Кавказском (ст. 14, 16 – 18) районах северо-восточного региона Черного моря (от Алупки до Геленджика). Схема расположения и номера станций отбора проб показаны на рис. 1.

© А.И. Рябинин, С.А. Шibaева, Е.А. Данилова, 2011



Р и с. 1. Схема расположения станций

Анализ содержания исследуемых элементов одновременно с другими элементами [1 – 3], указанными выше, выполнен многоэлементным нейтронно-активационным методом совместно Морским отделением Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института (Л.В. Салтыкова) и лабораторией активационного анализа Института ядерной физики АН Республики Узбекистан (А.А. Кист и Л.А. Жук). Нижний предел определения элементов составляет (ммоль/кг): Ni – 0,51, Zn – 0,153, Hg – 0,0005, Ag – 0,0093, Au – 0,00005, Cd – 0,0089.

### Результаты исследования и их обсуждение

Величины концентраций элементов, номера станций и геолого-географические характеристики проб донных отложений представлены в табл. 1 и 2.

Т а б л и ц а 1

#### Содержание тяжелых металлов в донных отложениях и геолого-географические характеристики проб

| № станции      | Область дна | Тип отложений | Интервал опробования, м | Концентрация, ммоль/кг |      |       |      |    |
|----------------|-------------|---------------|-------------------------|------------------------|------|-------|------|----|
|                |             |               |                         | Fe                     | Mn   | Co    | Cu   | Ni |
| 1              | 2           | 3             | 4                       | 5                      | 6    | 7     | 8    | 9  |
| Крымский район |             |               |                         |                        |      |       |      |    |
| 2              | СК          | А             | 0,0 – 0,4               | 728,8                  | 3,91 | 0,236 | 5,29 | —  |
|                |             | С             | 0,4 – 2,6               | 838,0                  | 3,53 | 0,156 | 0,42 | —  |
| 3              | СК          | А             | 0,0 – 0,4               | 818,3                  | 16,3 | 0,214 | 15,7 | —  |
|                |             | В             | 0,4 – 0,55              | 947,2                  | 14,7 | 0,229 | 24,2 | —  |
|                |             | С             | 0,6 – 1,7               | 642,8                  | 18,0 | 0,185 | 4,04 | —  |

Продолжение табл. 1

| 1                         | 2  | 3   | 4          | 5     | 6    | 7     | 8    | 9    |
|---------------------------|----|-----|------------|-------|------|-------|------|------|
| 1                         | Ш  | A+B | 0,0 – 2,3  | 698,3 | 3,37 | 0,212 | 1,70 | 2,60 |
| 4                         | СК | B   | 0,0 – 1,0  | 877,4 | 3,82 | 0,155 | 2,93 | —    |
|                           |    | C   | 1,0 – 3,0  | 863,1 | 4,26 | 0,193 | 2,49 | 3,51 |
| 5                         | Г  | A   | 0,0 – 0,05 | 764,6 | 3,91 | 0,190 | 8,47 | —    |
|                           |    | B   | 0,05 – 0,9 | 852,3 | 3,59 | 0,207 | 3,53 | —    |
|                           |    | B   | 0,9 – 1,3  | 800,4 | 3,49 | 0,197 | 3,01 | —    |
|                           |    | C   | 1,3 – 2,4  | 805,8 | 4,20 | 0,171 | 3,07 | —    |
| 7                         | Г  | A   | 0,05 – 1,4 | 893,5 | 3,20 | 0,234 | 3,73 | 2,49 |
| 6                         | СК | A   | 0,0 – 0,5  | 696,5 | 3,91 | 0,170 | 7,48 | —    |
|                           |    | C   | 0,5 – 1,5  | 915,0 | 2,99 | 0,193 | 3,15 | —    |
|                           |    | C   | 1,5 – 2,5  | 932,9 | 5,75 | 0,190 | 7,13 | 2,52 |
| 8                         | СК | A   | 0 – 0,15   | 605,2 | 3,51 | 0,079 | 4,38 | 0,61 |
|                           |    | B   | 0,15 – 0,6 | 847,0 | 3,08 | 0,209 | 1,42 | 1,94 |
| 9                         | СК | B   | 0,2 – 1,7  | 809,4 | 3,09 | 0,166 | 3,04 | —    |
|                           |    | C   | 1,7 – 2,3  | 589,1 | 3,46 | 0,185 | 6,17 | —    |
|                           |    | C   | 2,3 – 2,6  | 698,3 | 4,13 | 0,183 | 1,07 | —    |
| 11                        | Ш  | A   | 0,0 – 1,0  | 662,5 | 2,73 | 0,162 | 3,71 | 1,87 |
| 10                        | СК | A   | 0,0 – 0,1  | 390,4 | 3,04 | 0,290 | 7,87 | —    |
|                           |    | C   | 0,1 – 1,4  | 898,9 | 5,53 | 0,222 | 5,95 | —    |
| Керченско-Таманский район |    |     |            |       |      |       |      |      |
| 13                        | СК | B   | 0,0 – 0,3  | 540,8 | 3,37 | 0,226 | 7,59 | —    |
|                           |    | C   | 0,3 – 1,4  | 637,5 | 6,01 | 0,183 | 7,05 | —    |
|                           |    | C   | 1,4 – 2,0  | 657,2 | 2,91 | 0,190 | 5,23 | 2,57 |
| 12                        | СК | A   | 0,0 – 0,1  | 440,5 | 2,97 | 0,338 | 3,65 | —    |
|                           |    | C   | 0,1 – 1,7  | 603,4 | 4,64 | 0,176 | 5,85 | —    |
|                           |    | C   | 1,7 – 1,9  | 592,7 | 2,99 | 0,135 | 0,87 | —    |
| 15                        | Ш  | A   | 0,0 – 0,7  | 562,3 | 2,35 | 0,157 | 4,63 | —    |
|                           |    | A   | 0,7 – 1,8  | 526,4 | 3,29 | 0,169 | 2,30 | —    |
| 14                        | СК | A   | 0,0 – 0,2  | 524,6 | 3,51 | 0,160 | 5,60 | —    |
|                           |    | B   | 0,2 – 1,15 | 589,1 | 3,00 | 0,173 | 2,69 | —    |
|                           |    | C   | 1,15 – 3,2 | 581,9 | 3,13 | 0,166 | 5,67 | —    |

| 1                | 2  | 3 | 4         | 5     | 6    | 7     | 8    | 9    |
|------------------|----|---|-----------|-------|------|-------|------|------|
| Кавказский район |    |   |           |       |      |       |      |      |
| 16               | Ш  | А | 0,0 – 0,7 | 270,4 | 1,44 | 0,085 | 2,01 | 1,74 |
| 17               | Ш  | А | 0,0 – 0,2 | 469,1 | 2,18 | 0,125 | 0,58 | —    |
|                  |    | А | 0,2 – 1,5 | 521,1 | 2,40 | 0,138 | 2,57 | —    |
| 18               | СК | А | 0,0 – 0,6 | 616,0 | 3,39 | 0,190 | 4,30 | —    |
|                  |    | В | 0,6 – 2,0 | 687,6 | 2,91 | 0,151 | 1,53 | —    |

Примечание. Ш – шельф; СК – склон; Г – глубоководная впадина; А – современные донные отложения; С – новозвксинские донные отложения; В – древнечерноморские донные отложения; «—» – содержание Ni в пробе < 0,51 ммоль/кг.

Таблица 2

### Концентрации Zn, Hg, Ag, Au, Cd в донных отложениях

| Элемент | Номер станции | Область дна | Тип отложений | Интервал опробования, м | Концентрация, ммоль/кг |
|---------|---------------|-------------|---------------|-------------------------|------------------------|
| Zn      | 6             | СК          | С             | 1,5 – 2,5               | 0,323                  |
|         | 9             | СК          | С             | 1,7 – 2,3               | 0,364                  |
|         | 13            | СК          | С             | 2,3 – 2,6               | 0,740                  |
|         | 14            | СК          | С             | 1,15 – 3,2              | 0,717                  |
| Hg      | 6             | СК          | А             | 0,0 – 0,5               | 0,0048                 |
|         | 13            | СК          | В             | 0,0 – 0,3               | 0,0046                 |
|         | 17            | Ш           | А             | 0,0 – 0,2               | 0,0059                 |
| Ag      | 2             | СК          | С             | 0,4 – 2,6               | 0,0351                 |
|         | 5             | Г           | С             | 1,3 – 2,4               | 0,0382                 |
|         | 13            | СК          | В             | 0,0 – 0,3               | 0,0212                 |
|         | 12            | СК          | А             | 0,0 – 0,1               | 0,0447                 |
| Au      | 5             | Г           | А             | 0,0 – 0,05              | 0,00016                |
|         | 6             | СК          | С             | 1,5 – 2,5               | 0,00015                |
|         | 9             | СК          | В             | 0,2 – 1,7               | 0,00013                |
|         | 13            | СК          | С             | 2,3 – 2,6               | 0,00010                |
|         | 12            | СК          | С             | 0,1 – 1,7               | 0,00011                |
|         | 18            | СК          | А             | 0,0 – 0,6               | 0,00015                |
| Cd      | 1 – 18        | Ш, СК, Г    | А, В, С       | 0,0 – 3,2               | <0,0089                |

Примечание. Обозначения см. в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что никель количественно определен только в 9 пробах, а в остальных пробах его содержание не превышало 0,51 ммоль/кг.

В табл. 2 приведены только величины количественно определенных концентраций Zn, Hg, Ag, Au, а также данные по Cd.

Анализ пространственной изменчивости изученных полей концентраций элементов позволил получить следующие результаты.

Железо. Пределы изменения его концентрации составляют 270,4 – 947,2 ммоль/кг при среднем значении 685 ммоль/кг. По данным [5, 7], интервал изменения концентраций железа равен 358 – 808 ммоль/кг при среднем значении ~ 580 ммоль/кг (или 3,2 масс. % в натуральном осадке). Из табл. 1 следует, что пространственное распределение концентраций железа немонотонно. Об этом свидетельствует также рис. 2, который демонстрирует неодинаковое изменение средних концентраций Fe по районам региона, типам отложений и областям. Аналогичная изменчивость для исследуемого региона ранее не описана. Среднее значение концентрации железа в исследованных отложениях, рассчитанное нами, выше, чем в работах [5, 7]. Величину 685 ммоль/кг можно принять за региональную среднюю концентрацию железа. Величина  $C_{\max}/C_{\min}$  ( $C$  – концентрация определенного элемента) для Fe составляет 3,50.

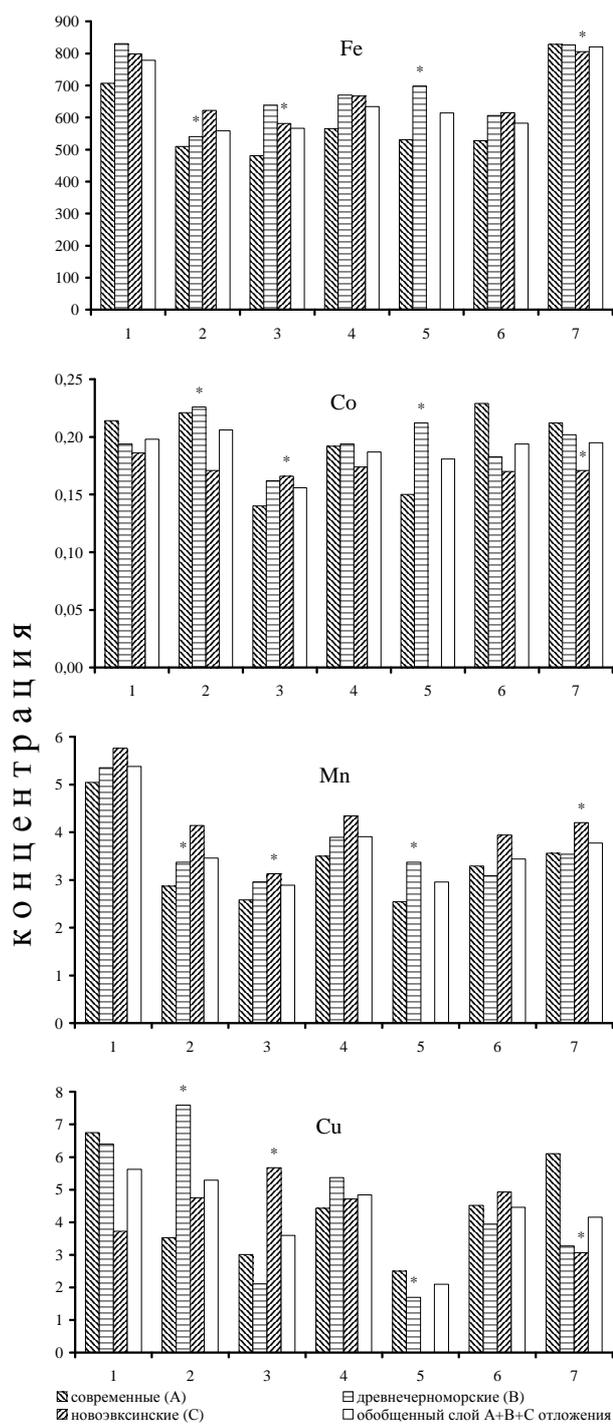
Марганец. Диапазон изменения его концентрации составляет 1,44 – 18,0 ммоль/кг при среднем значении 4,46 ммоль/кг. Без учета «аномальной» станции 3 (см. табл. 1) диапазон изменения 1,44 – 6,00 ммоль/кг при среднем значении 3,50 ммоль/кг. Этот элемент в донных отложениях принято считать, как и Fe, макроэлементом [5], хотя его содержание почти на два порядка меньше, чем Fe (табл. 1). Величина  $C_{\max}/C_{\min}$  для Mn была более высокой (4,20) по сравнению с Fe.

Средние концентрации Mn увеличиваются с возрастом донных отложений (от современных до новоэвксинских) во всех трех исследованных районах и уменьшаются по направлению от Крымского к Кавказскому району (рис. 2).

Согласно [5, 7], среднее содержание Mn в исследованном регионе составляет 0,8 – 1,1 ммоль/кг. Полученную нами среднюю концентрацию этого металла 3,50 ммоль/кг следует принять за региональную среднюю концентрацию Mn.

Кобальт. Диапазон изменения его концентрации во всем регионе составляет 0,079 – 0,338 ммоль/кг. Среднее содержание Co (0,214 ммоль/кг), рассчитанное по данным табл. 1, можно принять за величину его региональной средней концентрации, которая практически в 5 раз превышает максимальные величины концентраций Co, приведенные в [7]. Величина  $C_{\max}/C_{\min}$  для Co, равная 4,28, практически совпадает с аналогичной величиной для Mn.

Медь. Диапазон изменения концентрации Cu находится в пределах 0,42 – 24,2 ммоль/кг при среднем значении 4,80 ммоль/кг. Величина  $C_{\max}/C_{\min}$  для Cu составляет ~ 58 (табл. 1). Согласно рис. 2, величины концентраций этого элемента одного порядка с величинами концентраций Mn. На шельфе содержание Cu значительно ниже, чем Mn, и в современных, и в древнечерноморских отложениях. Среднюю концентрацию Cu 4,80 ммоль/кг, которая практически в 7 раз превышает максимальную концентрацию из работ [5, 7], можно принять за региональную среднюю концентрацию Cu по аналогии с представленными выше металлами. Также можно считать Cu макроэлементом исследованных донных отложений.



**Р и с. 2.** Средние концентрации железа, кобальта, марганца, меди (ммоль/кг) в Крымском (1 – по горизонтальной шкале), Керченско-Таманском (2), Кавказском (3) районах, в северо-восточном регионе (4), на шельфе (5), на склоне (6), в глубоководной впадине (7); \* – единичная проба

**Никель.** Диапазон изменения концентрации Ni составляет от минимально определяемого предела (табл. 1)  $<0,51$  до  $3,51$  ммоль/кг, а величина  $C_{\max}/C_{\min}$  для Ni выше 7. Его средняя концентрация по 9 количественным значениям (табл. 1) равна  $2,20$  ммоль/кг, а по данным всех 40 измерений  $<0,89$  ммоль/кг, в то время как по данным [5, 7] максимальная концентрация не превышает  $0,136$  ммоль/кг. Значимые концентрации Ni наблюдаются во всех исследованных районах и во всех типах отложений.

**Цинк.** Диапазон изменения концентрации Zn (табл. 2) находится в пределах  $<0,153 - 0,740$  ммоль/кг. Величина  $C_{\max}/C_{\min}$  для Zn, равная  $4,80$ , больше, чем для Fe, Mn и Co. Содержание Zn одного порядка с содержанием Co, а его среднее значение не превышает  $0,19$  ммоль/кг. По данным [5, 7], среднее значение Zn составляет  $0,16$  ммоль/кг при максимальном значении  $0,246$  ммоль/кг. Значимые концентрации этого металла ( $0,323 - 0,740$  ммоль/кг) наблюдаются в отложениях склона.

**Ртуть.** Диапазон изменения концентрации Hg составляет  $<0,0005 - 0,0059$  ммоль/кг при среднем значении  $<0,00085$  ммоль/кг. Величина  $C_{\max}/C_{\min}$  для Hg равна  $11,8$ . Наибольшие концентрации ртути ( $0,0046 - 0,0059$  ммоль/кг) находятся на шельфе Кавказского и на склоне Крымского и Керченско-Таманского районов. По данным [7], в донных отложениях от Ялты до Сочи содержание Hg не превышало  $0,000085$  ммоль/кг.

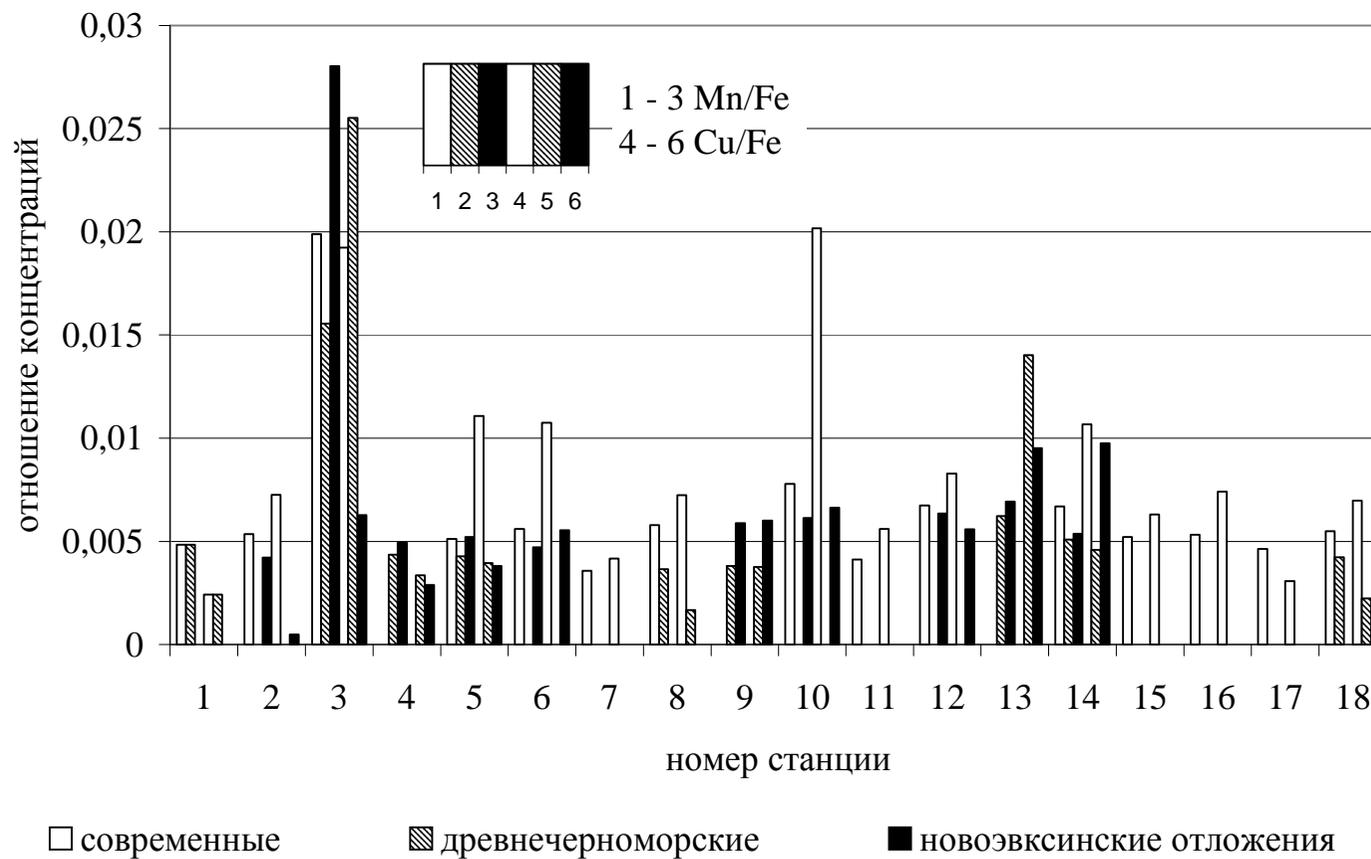
**Серебро.** Диапазон изменения концентраций Ag, впервые определенных в донных отложениях исследованного региона и всего Черного моря, составляет  $<0,0093 - 0,0447$  ммоль/кг. Самые высокие концентрации Ag наблюдаются в донных отложениях склона и глубоководной впадины Крымского района, а также склона Керченско-Таманского района ( $0,0212 - 0,0447$  ммоль/кг).

**Золото.** Диапазон изменения концентрации Au составляет сравнительно узкий интервал  $<0,00005 - 0,00016$  ммоль/кг. Его значимые концентрации ( $0,00010 - 0,00016$  ммоль/кг) наблюдаются в отложениях склона и глубоководной впадины всех трех районов (табл. 2). Средняя концентрация Au  $<0,00004$  ммоль/кг практически сопоставима с данными [5], где она составляет  $<0,00002$  ммоль/кг. Согласно [5], максимальная значимая величина равна  $0,00003$  ммоль/кг.

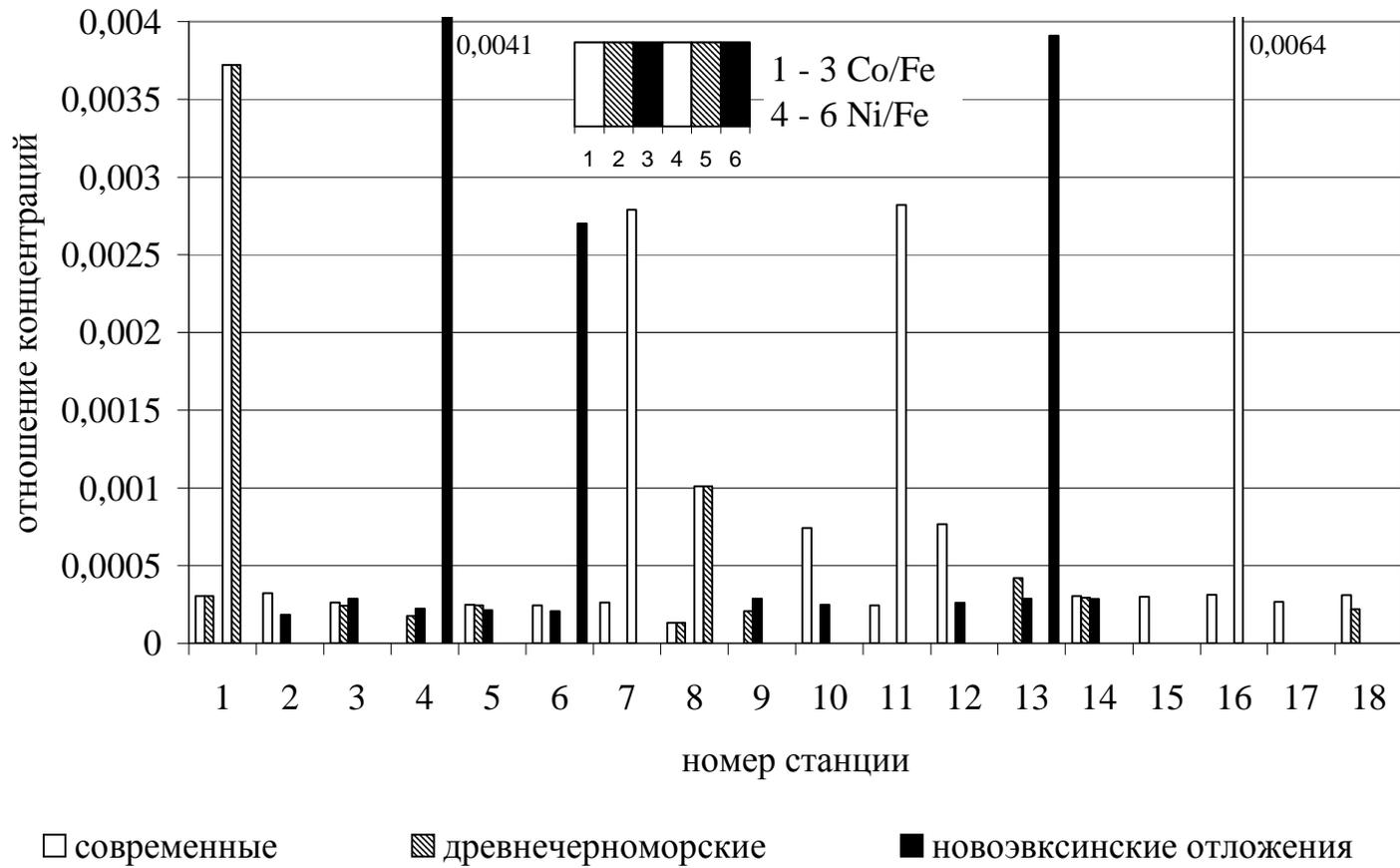
**Кадмий.** Содержание этого металла по порядку величин концентраций совпадает с данными [7] и составляет  $0,0013 - 0,0020$  ммоль/кг.

### **Изменчивость соотношений концентраций металлов**

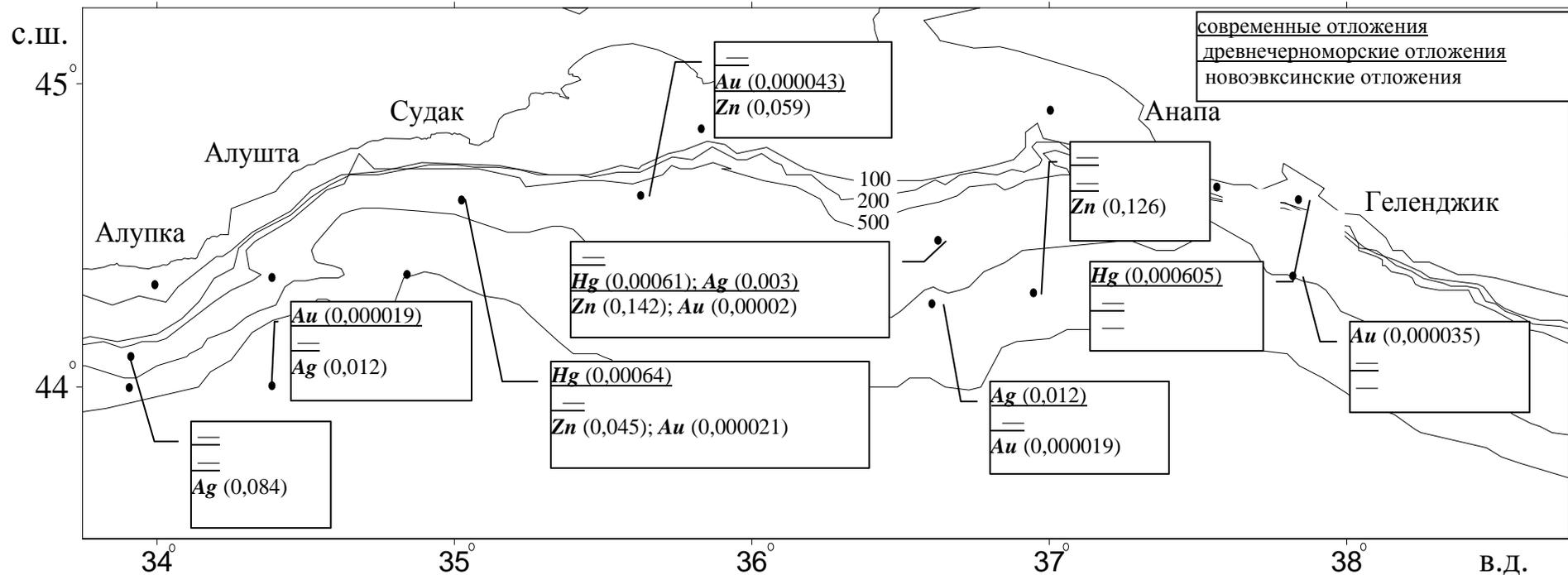
Представленные в табл. 1 и 2 данные позволяют впервые оценить изменчивость соотношений концентраций изученных металлов: Mn/Fe, Co/Fe, Ni/Fe, Cu/Fe и Zn/Cu, Hg/Cu, Ag/Cu, Au/Cu. Характер такой изменчивости приведен на рис. 3 – 5 для значимых величин концентраций металлов. Соотношение концентраций рассматривается как отношение максимальной величины  $Me/Fe$  и  $Me/Cu$  для каждого металла ( $Me$ ) к минимальной. Такое соотношение для Mn/Fe, Co/Fe и Ni/Fe (рис. 3, 4) изменяется в диапазоне 6 – 10, что, по нашему мнению, свидетельствует о достаточно значимой величине взаимной независимости в процессе формирования донных отложений



Р и с. 3. Распределение отношений Mn/Fe и Cu/Fe в слоях

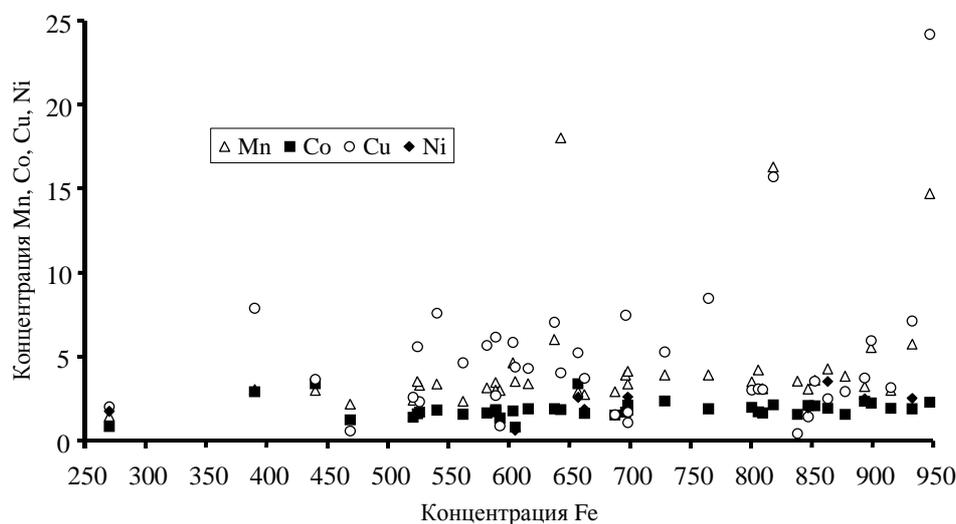


**Р и с. 4.** Распределение отношений Co/Fe и Ni/Fe в слоях  
 ISSN 0233-7584. Мор. гидрофиз. журн., 2011, № 1



Р и с. 5. Пространственное распределение отношений Zn/Cu, Hg/Cu, Ag/Cu, Au/Cu

в регионе, несмотря на близость химических и геохимических свойств этих элементов, находящихся в подгруппе железа [8]. Это подтверждается и отсутствием значимой взаимной корреляции с Fe у Mn (коэффициент корреляции  $r = 0,3$ ), Co ( $r = 0,2$ ), Ni ( $r = 0,5$ ) и Cu ( $r = 0,2$ ). Поля рассеяния, представленные на рис. 6, демонстрируют не только немонотонность изменения концентраций Mn, Co, Ni и Cu с ростом концентрации Fe, но и различный характер этого изменения. В то же время величины соотношений Au/Cu и Zn/Cu составляют соответственно 2,2 и 3,9 (рис. 5). Следовательно, Au и Zn, находясь в подгруппе халькофильных металлов [8], имеют большую взаимную зависимость при формировании донных отложений, чем элементы подгруппы железа. Величины соотношений Hg/Cu и Ag/Cu (рис. 5) равны соответственно 17 и 29. Вследствие такого различия в геохимическом поведении обеих пар металлов (Au, Zn и Hg, Ag) по отношению к Cu объединять их в халькофильную геохимическую подгруппу, возможно, нецелесообразно. Наиболее высокая изменчивость наблюдается в концентрациях металлов, находящихся в различных геохимических подгруппах, что видно по значительной изменчивости величины соотношения концентраций Cu/Fe, равной 51 (рис. 3). Таким образом, величины изменчивости соотношений концентраций данных металлов увеличиваются в направлении Au/Cu  $\rightarrow$  Zn/Cu  $\rightarrow$  Co/Fe  $\rightarrow$  Ni/Fe  $\rightarrow$  Mn/Fe  $\rightarrow$  Hg/Cu  $\rightarrow$  Ag/Cu  $\rightarrow$  Cu/Fe от 2,2 до 51.



**Р и с. 6.** Распределение концентраций Mn, Co ( $n \cdot 10^{-1}$ ), Cu, Ni в поле концентраций Fe (ммоль/кг)

### Выводы

1. Содержание Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg и Au в донных отложениях северо-восточного региона Черного моря и их пространственная изменчивость впервые изучены с применением многоэлементного нейтронно-активационного анализа.

2. Средние концентрации Fe, Mn, Co и Cu, рассчитанные по полученным нами данным, оказались выше, чем у авторов других работ. Они составляют соответственно 685; 4,46; 0,214 и 4,80 ммоль/кг.

3. Средние концентрации Ni, Zn, Hg, Cd, Ag и Au соответственно меньше значений 0,89; 0,19; 0,00085; 0,0089; 0,0119; 0,000063 ммоль/кг.

4. Впервые в донных отложениях северо-восточного региона Черного моря изучено поле концентраций серебра.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дегтерев А.Х., Рябинин А.И., Салтыкова Л.В. и др. Элементный состав донных отложений в северо-восточной части Черного моря // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2000. – С. 289 – 291.
2. Рябинин А.И., Шибаева С.А., Орадовский С.Г. Редкие элементы в донных отложениях северо-восточного региона Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – Вып. 8. – С. 74 – 83.
3. Рябинин А.И., Шибаева С.А., Орадовский С.Г. Некоторые макро- и микроэлементы в донных отложениях северо-восточного региона Черного моря // Там же. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004. – Вып. 10. – С. 149 – 160.
4. Обобщенный перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: Минрыбхоз СССР, 1990. – 46 с.
5. Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И. Геохимия Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1982. – 143 с.
6. Еремеев В.Н., Богуславский С.Г., Жоров В.А. Особенности палеохимии Черного моря в эпоху вюрмского оледенения // Морской гидрофизический журнал. – 1995. – № 2. – С. 66 – 74.
7. Атлас охраны природы Черного и Азовского морей / Гл. ред. Л.И. Митин. – СПб.: ГУНиО МО РФ, 2006. – 434 с.
8. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.

Морское отделение Украинского научно-исследовательского  
гидрометеорологического института,  
Севастополь  
Институт ядерной физики АН Республики Узбекистан,  
Улугбек

Материал поступил  
в редакцию 10.06.09  
После доработки 09.09.09

АНОТАЦІЯ Розглядається розподіл Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Ag і Au в сучасних чорноморських, давньочорноморських і новоевксінських донних відкладеннях, проби яких були відібрані в 1990 р. в Кримському, Керченсько-Таманському та Кавказькому районах північно-східного регіону Чорного моря в зонах шельфу, схилу і глибоководної западини. Виявлений характер полів концентрацій вивчених металів не дозволив встановити чітких закономірностей в розподілі Mn, Co і Cu з Fe. Показано, що значення співвідношень концентрацій металів збільшується у напрямі Au/Cu → Zn/Cu → Co/Fe → Ni/Fe → Mn/Fe → Hg/Cu → Ag/Cu → Cu/Fe. Відомості про Ag отримані вперше.

**Ключові слова:** Чорне море, донні відкладення, важкі метали, концентрації Ag і Au.

ABSTRACT Distribution of Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Ag and Au in present and ancient bottom sediment in the shelf, slope and deep trench zones of the Black Sea northeastern region is considered. The samples were taken in 1990 in the Crimean, Kerch-Taman' and Caucasian regions. The revealed character of the concentration fields of the metals under study does not permit to define exact regularities in the distribution of Mn, Co and Cu with Fe. It is shown that the value of correlations of the metals' concentrations grows in the following direction: Au/Cu → Zn/Cu → Co/Fe → Ni/Fe → Mn/Fe → Hg/Cu → Ag/Cu → Cu/Fe. Information on Ag is represented for the first time.

**Keywords:** Black Sea, bottom sediments, heavy metals, Ag and Au concentrations.