

УДК 551.35

ГЕОХИМИЯ

Д. С. ТУРОВСКИЙ, И. Ю. ЛУБЧЕНКО, Е. В. ЧЕРКАСОВА

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ  
СОВРЕМЕННЫХ ОСАДКОВ оз. БАЛХАШ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 28 III 1972)

Геохимия Zr, Ti, V, Cr, Ni, Co и других элементов в осадках оз. Балхаш посвящено сравнительно мало работ (<sup>1, 2</sup>), но и они имеют схематический характер. Цель данной статьи — выяснение особенностей распределения ряда элементов в поверхностном слое современных отложений озера. Материалом для изучения послужили образцы, собранные во время полевых работ 1970 г. со 110 станций, взятых сравнительно равномерно по всей акватории озера. Из-за большой карбонатности осадков озера все анализы были пересчитаны на бескарбонатное вещество.

Балхаш представляет собой огромный, но очень мелкий и узкий солоноватый бассейн. Он состоит из нескольких плесов (Илийский, Средний, Лепсинский и Бурлутюбинский), соединенных узкими проливами. Основной водной артерией, питающей Балхаш, является р. Или, доставляющая около 85% ежегодного вноса воды в бассейн.

Установлено, что подавляющая масса Fe, Mn, P, V, Cr, Ni, Cu, Co и других элементов вносится в водоемы в составе взвесей (<sup>1, 3, 4</sup>), которые распределяются в водоемах движениями воды, и прежде всего поверхностными циркуляционными течениями. В оз. Балхаш наблюдаются течения двух типов: первый — постоянное круговое течение, происходящее в Илийском плесе и являющееся результатом вноса больших масс воды р. Или, и второй — временные, нагонные, сгонные и компенсационные течения, возникающие в различных частях озера под влиянием ветров.

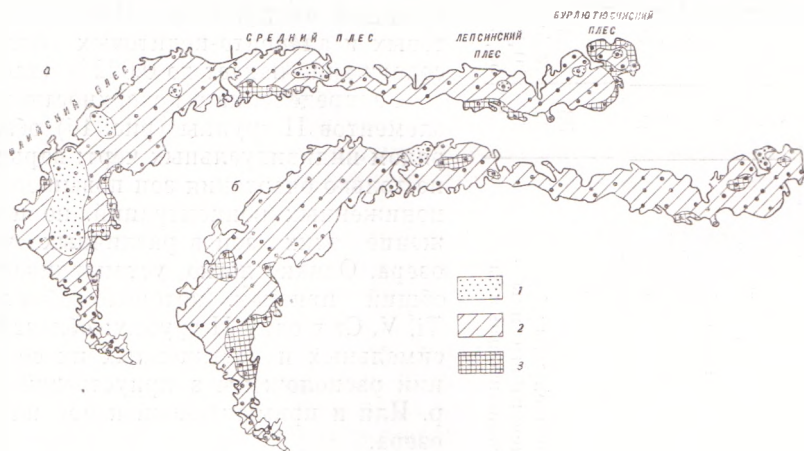


Рис. 1. Распределение элементов I и II групп. а — Zr, % (1 — < 0,02; 2 — 0,02—0,04; 3 — > 0,04); б — Ti, % (1 — < 0,25; 2 — 0,25—0,45; 3 — > 0,45)

Таблица 1

Распределение средних содержаний малых элементов в осадках оз. Балхаш (на бескарбонатное вещество)

| Тип осадка             | Число анализов | I группа              |       | II группа |      |      |      | III группа |      |       |      |      |      | IV группа |                      |                        |      |
|------------------------|----------------|-----------------------|-------|-----------|------|------|------|------------|------|-------|------|------|------|-----------|----------------------|------------------------|------|
|                        |                | CaCO <sub>3</sub> , % | Zr, % | Ti, %     | V    | Cr   | Ge   | Fe         | Mn   | P     | Ni   | Co   | Cu   | Pb        | C <sub>орг</sub> , % | Mo, 10 <sup>-4</sup> % |      |
|                        |                |                       |       |           |      |      |      |            |      |       |      |      |      |           |                      |                        |      |
|                        |                |                       |       |           |      |      |      |            |      |       |      |      |      |           |                      |                        |      |
|                        |                |                       |       |           |      |      |      |            |      |       |      |      |      |           |                      |                        |      |
| 10 <sup>-4</sup>       |                |                       |       |           |      |      |      |            |      |       |      |      |      |           |                      |                        |      |
| %                      |                |                       |       |           |      |      |      |            |      |       |      |      |      |           |                      |                        |      |
| 10 <sup>-4</sup>       |                |                       |       |           |      |      |      |            |      |       |      |      |      |           |                      |                        |      |
| Пески                  | 33             | 14,24                 | 0,036 | 10,5      | 0,34 | 44,2 | 30,7 | 1,25       | 2,37 | 0,05  | 0,07 | 11,2 | 7,4  | 16,6      | 16,3                 | 0,26                   | 0,59 |
| Крупные алевроиты      | 22             | 28,76                 | 0,031 | 9,8       | 0,39 | 49,2 | 38,4 | 1,35       | 2,82 | 0,06  | 0,09 | 13,8 | 9,1  | 27,1      | 23,3                 | 1,58                   | 2,48 |
| Мелкоалевритовые илы   | 27             | 50,85                 | 0,027 | 8,9       | 0,39 | 48,0 | 43,2 | 1,46       | 3,78 | 0,078 | 0,12 | 20,0 | 11,5 | 35,0      | 27,7                 | 2,78                   | 2,61 |
| Алеврито-пелитовые илы | 22             | 55,82                 | 0,022 | 8,2       | 0,41 | 47,5 | 39,0 | 1,47       | 4,04 | 0,085 | 0,15 | 21,5 | 12,5 | 42,0      | 30,2                 | 3,89                   | 3,01 |

Изучение состава взвеси, приносимой р. Или, показало следующие содержания в ней элементов (%): Zr 0,032; Ti 0,42; Cr 0,007; V 0,0106; Fe 3,6; Mn 0,07; Co 0,0015; Ni 0,0029; Cu 0,0037; Pb 0,0043; P 0,096.

По характеру локализации на площади и по накоплению в различных типах осадков рассматриваемые элементы можно разбить на четыре группы: I — Zr (и, очевидно, Ga), т. е. наименее подвижные элементы; II — V, Cr, Ti и, вероятно, Ge; III — Fe, Mn, Co, Ni, Pb, Cu, P — геохимически наиболее подвижные; IV — Mo и Cорг.

Для элементов I группы характерна постоянная приуроченность максимальных и повышенных концентраций к прибрежной зоне, сложенной песками и алевроитами, к центру же плесов содержания их уменьшаются и в центральных, наиболее глубоководных впадинах достигают минимума. В пределах Илийского плеса наблюдаются три участка с минимальными концентрациями Zr в западной, центральной и восточных частях. Участки эти совпадают с развитием мелкоалевритовых и алевроито-пелитовых плесов с содержанием Zr не более 0,022—0,030% (рис. 1а).

В Среднем, Лепсинском и Бурлютинском плесах области с минимальными содержаниями Zr также совпадают с наиболее тонкими осадками, слагающими впадины плесов. На фациальном профиле, как в целом по озеру, так и в каждом плесе в отдельности, Zr имеет максимум в песках (0,041—0,033%), т. е. в наиболее грубозернистых осадках прибрежных частей озера. В мелкоалевритовых и алевроито-пелитовых плах его содержание падает до 0,022% (табл. 1).

Распределение в поверхностном слое элементов II группы (рис. 1б) обладает рядом индивидуальных черт; варьируют не только очертания зон повышенных и пониженных концентраций, но и положение этих зон в различных частях озера. Однако легко устанавливается и общий признак, который объединяет Ti, V, Cr в одну II группу: области максимальных и повышенных их содержания расположены в приустьевой части р. Или и примыкающей к ней площади озера.

В общем фациальном распределении Ti по осадкам наблюдается некоторое увеличение содержания при переходе от

грубозернистых осадков — песков (0,34%), к алеврито-пелитовым илам (0,41%).

В пределах Илийского плеса можно выделить два участка с максимальным содержанием элемента: устьевая часть р. Или и прилегающая к ней площадь дна и западная — наиболее глубоководная часть плеса, сложенная алеврито-пелитовыми илами. На остальной площади плеса наблюдается уменьшение концентрации Ti при движении с запада на восток с незначи-

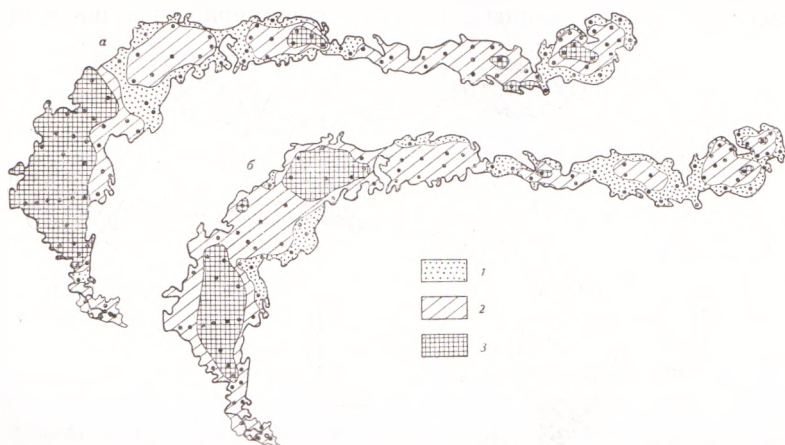


Рис. 2. Распределение элементов III группы. а — Fe, % (1 — < 2; 2 — 2—4; 3 — > 4); б — Cu, 10<sup>-4</sup>% (1 — < 20; 2 — 20—40; 3 — > 40)

тельным повышением в глубоководной котловине восточной части плеса. Для отложений Среднего плеса характерна общая вытянутость площадей с повышенным содержанием в восточном направлении, что легко объясняется постоянными нагонными течениями северо-восточного направления. Кроме того, наблюдается постоянное увеличение концентраций при переходе от прибрежных осадков — песков (0,30%) к центральным алеврито-пелитовым илам (0,48%), слагающим глубоководную котловину. В осадках Лепсинского плеса Ti равномерно распределяется по всей площади, исключение составляет приустьевой участок р. Лепсы, где наблюдаются максимальные содержания его (рис. 16). В Бурлютюбинском плесе — Ti в песках 0,36%, в алеврито-пелитовых илах 0,46%.

Для V и Cr (так и Ti) максимальные содержания наблюдаются в приустьевой части р. Или в примыкающей к ней площади.

В целом для осадков Илийского плеса характерно постоянное увеличение концентраций V и Cr при переходе от прибрежных частей (V 0,0050, Cr 0,0033%) к центральным, сложенным алеврито-пелитовыми илами (V 0,0065, Cr 0,0049%). В пределах остальных плесов V и Cr равномерно распределяются по площади, и лишь в наиболее глубоководных котловинах наблюдается увеличение их концентраций при переходе от песков к алеврито-пелитовым илам.

Согласно табл. 1, на фациальном профиле осадков наблюдается повышенное содержание этих элементов в крупных алевритах и мелкоалевритовых илах и пониженное — в песках и алеврито-пелитовых илах.

Для распределения элементов III группы установлено, что области высоких концентраций для них всегда располагаются в центральных, наиболее глубоководных частях плесов и вытянуты, как правило, с запада на восток. Индивидуальность поведения каждого элемента проступает в размерах областей максимальных содержаний, в характере перехода к максимальным значениям. В пределах Илийского плеса наблюдаются два участка с максимальными содержаниями: в западной и восточной половинах плеса. В западной части максимальная градиация у Ni, Fe, Co, Mn и

Pb широко развита и примыкает непосредственно к источнику питания — р. Или, у Cu и P области максимальных содержаний меньше по площади и смещены к центру плеса. В пределах остальных плесов наблюдаются общее увеличение концентраций элементов этой группы в центральных, наиболее глубоководных, частях и общая вытянутость областей с максимальным содержанием в восточном направлении (рис. 2).

Распределение элементов IV группы указывает на близкое их сходство и существенное отличие от элементов других групп. На подавляющей площади озера они распределены в осадках равномерно, и лишь в пределах

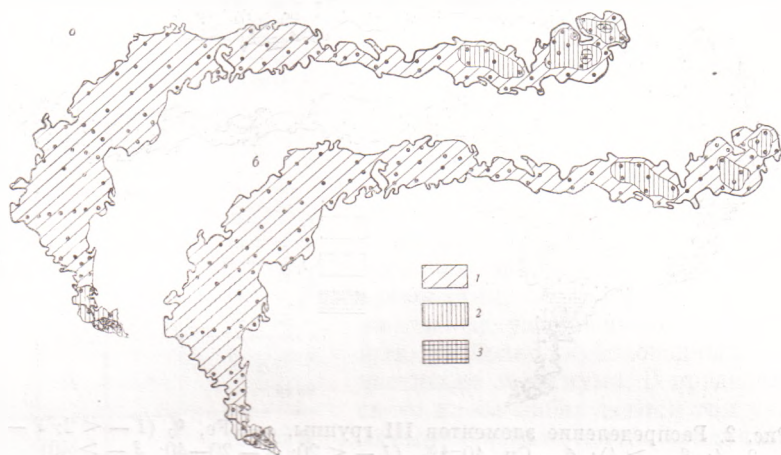


Рис. 3. Распределение элементов IV группы. а —  $C_{орг}$ , % (1 — < 1; 2 — 1–3; 3 — > 3); б — Mo,  $10^{-4}\%$  (1 — < 1; 2 — 1–5; 3 — > 5)

Алакульского залива и в отдельных участках Лепсинского и Бурлютюбинского плесов наблюдается максимальная их концентрация (рис. 3).

На фациальном профиле осадков для Mo и  $C_{орг}$  видно непрерывное увеличение концентраций при переходе от песков ( $0,59 \cdot 10^{-4}\%$  Mo,  $0,26\%$   $C_{орг}$ ) к тонкозернистым алевроито-пелитовым илам ( $3,01 \cdot 10^{-4}\%$  Mo,  $3,89\%$   $C_{орг}$ ).

Таким образом, изучение распределения элементов в поверхностном слое осадков оз. Балхаш позволило установить:

1. Основная масса элементов, накапливающихся в осадках озера, связана с выносом взвешенного материала, приносимого р. Или.

2. Изученные элементы объединяются в четыре группы, причем переход от первой к четвертой обуславливается увеличением геохимической подвижности:  $Zr(Ga) \rightarrow Ti$ ,  $V, Cr(Ge) \rightarrow Fe$ ,  $Mn, Co, Cu, Pb, P, Ni \rightarrow Mo, C_{орг}$ .

3. Основным фактором, влияющим на распределение элементов на площади, является гидродинамический. Под его влиянием в наиболее глубоководных, центральных частях плесов накапливаются тонкодисперсные осадки (мелкоалевритовые и алевроито-пелитовые илы), богатые Fe, P, Mn, Co, Ni, Cu, Pb. Zr накапливается в прибрежных зонах, сложенных песками. Ti, V и Cr имеют максимум в осадках, сложенных крупными алевроитами и, частично, мелкоалевритовыми илами.

Геологический институт  
Академии наук СССР  
Москва

Поступило  
14 I 1972

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Э. С. Залманзон, Бюлл. МОИП, отд. геол., № 5 (1951). <sup>2</sup> Д. Г. Сапожников, Тр. Инст. геол. наук, сер. геол., 132 (53) (1951). <sup>3</sup> Н. М. Страхов, Н. Г. Бродская и др., Сборн. Образование осадков в современных водоемах, Изд. АН СССР, 1954. <sup>4</sup> Н. М. Страхов, И. В. Белова и др., Литол. и полезн. ископ., № 2 (1971).