

И. Ф. КОСТЕНКО

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПО РАЗНОВИДНОСТЯМ КАМЕННОЙ СОЛИ ИЛЕЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 4 IV 1973)

Месторождение расположено в 0,5 км к югу от г. Соль-Илецк, в юго-восточной части Русской платформы. В структурном отношении месторождение представляет собой мощный купол со сложным внутренним строением. По возрасту каменная соль относится к галитовой свите кунгурского яруса нижней перми.

По плотности нами установлены три разновидности каменной соли: «очень плотная», «плотная» и «слабосвязанная». Слабосвязанная соль приурочена к синклиналильным складкам соляного купола, плотная — преимущественно к антиклинальным. Очень плотная соль по распространенности резко подчинена. Выделенные разновидности соли четко различаются по объемному весу.

Среднее содержание H_2O в плотной и слабосвязанной соли соответственно равно 0,09 и 0,048%.

Петрографическим изучением выделенных разновидностей соли (³) по плотности установлено следующее:

1) плотная и очень плотная характеризуется наличием первичных черт кристаллизации, выраженных в зональном строении некоторых зерен галита по плоскости их роста;

2) слабосвязанная соль, несомненно, является результатом вторичного изменения пород, в пользу чего говорит отсутствие в зернах галита следов первичной зональности и прямых линий ограничения зерен.

Представляется в научном и практическом отношении важным определить, существуют ли закономерности в распределении микроэлементов в разновидностях каменной соли по плотности, имея в виду первичность или вторичность соли*.

Судя по табл. 1, четкой закономерности распределения содержаний микроэлементов в водорастворимой части соли в зависимости от ее плотности не существует. Если Mn, Cu, W, V, Mo обнаруживают уменьшение содержаний в слабосвязанной соли, то большие содержания Ag, Pb, Zn приходится именно на соль слабосвязанную.

Мы полагаем, что из приведенного материала нельзя делать далеко идущие выводы. Вместе с тем, поскольку плотная соль является первичной, а слабосвязанная — вторичной, то содержание микроэлементов в плотной соли в значительной мере первично, а в слабосвязанной — есть результат глубоко зашедшего перераспределения, вследствие действия процессов, приведших к образованию слабосвязанной (рыхлой) соли.

Как видно из табл. 2, распределение содержаний микроэлементов в водонерастворимой части плотной и слабосвязанной соли закономерно — содержание всех микроэлементов (исключая стронций) меньше в слабосвязанной соли.

* Микроэлементы в водорастворимой части соли предварительно концентрировались (¹). Спектральный анализ концентратов и водонерастворимой части соли проведен в Артемовской геофизической экспедиции; спектроскопист — Л. К. Магур.

Таблица 1

Распределение микроэлементов в водорастворимой части соли (%)

| Разновидность соли | Mn, $n \cdot 10^{-4}$ | Cu, $n \cdot 10^{-5}$ | W, $n \cdot 10^{-6}$ | Ag, $n \cdot 10^{-7}$ | Mo, $n \cdot 10^{-7}$ |
|--------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Слабосвязанная | 0,13 (8) | 1,0 (3) | 6,2 (3) | 76,8 (3) | 1,3 (3) |
| Плотная | 0,16 (7) | 1,8 (3) | 18,6 (3) | 16,6 (3) | 1,56 (3) |
| (продолжение) | | | | | |
| Разновидность соли | V, $n \cdot 10^{-6}$ | Zn, $n \cdot 10^{-6}$ | Pb, $n \cdot 10^{-6}$ | Sn, $n \cdot 10^{-6}$ | Co, $n \cdot 10^{-6}$ |
| Слабосвязанная | 0,3 (3) | 2,1 (3) | 16,1 (3) | — (3) | — (3) |
| Плотная | 0,39 (3) | 1,25 (3) | 4,8 (3) | — (3) | — (3) |

При сравнении табл. 1 и 2 устанавливается строгое уменьшение содержания микроэлементов в нерастворимом остатке и уменьшение большей части микроэлементов в сухом остатке слабосвязанной соли. Это, по-видимому, не случайно. Причину мы усматриваем в следующем: при разрыхлении соли происходит перетирание как зерен соли, так и водонерастворимого остатка, что влечет за собой высвобождение микроэлементов из минералов-носителей, их переход в растворимое состояние и миграцию за пределы купола. Укажем в связи с этим на примечательный факт: содержание H_2O в слабосвязанной соли в два раза меньше, чем в плотной.

Чрезвычайно интересен вопрос о количестве вынесенных микроэлементов. Как указывалось ранее, мы исходили из предположения, что содержание микроэлементов в плотной соли первично, а в слабо-связанной — вторично. Рассмотрение табл. 3 дает основание для следующих заключений:

1. В большинстве случаев вынос из водорастворимой части соли меньше, чем из нерастворимого остатка. Это естественно, так как из водорас-

Таблица 2

Распределение микроэлементов в водонерастворимой части соли (%)

| Разновидность соли | Mn, $n \cdot 10^{-3}$ | Cu, $n \cdot 10^{-3}$ | W, $n \cdot 10^{-4}$ | Ag, $n \cdot 10^{-5}$ | Mo, $n \cdot 10^{-4}$ | V, $n \cdot 10^{-4}$ | Ti, $n \cdot 10^{-3}$ |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Слабосвязанная | 17 (6) | 3,9 (6) | 13,3 (6) | 25,3 (6) | 0,52 (6) | 8,0 (6) | 19,3 (6) |
| Плотная | 28 (6) | 6,95 (6) | 54,6 (6) | 37,3 (6) | 0,88 (6) | 16,0 (6) | 47 (6) |
| (продолжение) | | | | | | | |
| Разновидность соли | Zn, $n \cdot 10^{-3}$ | Pb, $n \cdot 10^{-4}$ | Ni, $n \cdot 10^{-4}$ | Co, $n \cdot 10^{-4}$ | Cr, $n \cdot 10^{-4}$ | Ba, $n \cdot 10^{-2}$ | Be, $n \cdot 10^{-4}$ |
| Слабосвязанная | 4,2 (6) | 3,6 (6) | 7,05 (6) | 2,1 (6) | 4,13 (6) | 3,9 (6) | — (6) |
| Плотная | 4,3 (6) | 8,5 (6) | 12,9 (6) | 3,8 (6) | 23,7 (6) | 4,3 (6) | — (5) 1,5 (1) |
| (продолжение) | | | | | | | |
| Разновидность соли | Nb, $n \cdot 10^{-3}$ | Zr, $n \cdot 10^{-3}$ | Y, $n \cdot 10^{-3}$ | La, $n \cdot 10^{-3}$ | Ge, $n \cdot 10^{-4}$ | Sr, $n \cdot 10^{-1}$ | Sn, $n \cdot 10^{-4}$ |
| Слабосвязанная | — (6) | 5,4 (6) | — (6) | — (6) | — (6) | 4,4 (6) | 1,42 (6) |
| Плотная | 0,9 (6) | 7 (6) | —4 1,2—1,5 (2) | —4 1,5 (2) | —5 1,2 (2) | 2,75 (6) | 7,7 (6) |

Таблица 3

Вынос микроэлементов из слабосвязанной соли (% от «плотной соли»)

| Фракция | Mn | Cu | W | Ag | Mo | V | Ti | Zn |
|-------------------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| Водонерастворимая | 33 | 42,9 | 75,7 | 31,4 | 40,9 | 50 | 58,9 | 2,4 |
| Водорастворимая | 18,8 | 44,5 | 66,7 | 471,1 | 16,7 | 23,1 | | 168,0 |

(продолжение)

| Фракция | Pb | Ni | Co | Cr | Ba | Zr | Sr | Sn |
|-------------------|-------|------|------|------|-----|------|-------|------|
| Водонерастворимая | 57,6 | 45,4 | 44,8 | 82,7 | 9,4 | 22,9 | 160,0 | 81,4 |
| Водорастворимая | 335,4 | | | | | | | |

творимой части помимо микроэлементов, заключенных собственно в ней, выносятся микроэлементы, привнесенные из нерастворимого остатка.

2. Наибольшей подвижностью обладают вольфрам, олово и хром; вынос из нерастворимого остатка меди, серебра, молибдена, ванадия, титана, свинца, никеля, кобальта примерно одинаков и колеблется в пределах 50 %.

3. Наименее подвижны в нерастворимом остатке цинк и барий. Этот факт косвенно указывает на кристаллохимическое вхождение этих элементов в решетку порообразующих минералов нерастворимого остатка.

4. Для серебра, цинка и свинца характерен не вынос, а накопление в водонерастворимой части слабосвязанной соли.

Ю. В. Морачевский ⁽³⁾ при геохимических исследованиях верхнекамских соляных отложений установил, что резко повышенным содержанием растворимых солей марганца, железа, цинка характеризуются пробы из кровли или подошвы карналлитового пласта, носящих на себе следы значительного давления. Ю. В. Морачевский на основе этих сопоставлений устанавливает связь между испытанным карналлитом давлением и содержанием растворимых солей тяжелых металлов; он полагает, что источником дополнительного количества тяжелых металлов в водонерастворимой части соли является коррозия ее нерастворимого остатка.

Если по нашим данным содержание большинства микроэлементов в водорастворимой части слабосвязанной соли меньше, чем в водорастворимой части плотной соли, то по данным Ю. В. Морачевского — картина обратная. Нами рассмотрены Mn, Cu, W, Ag, Mo, V, Zn, Pb, Морачевским — Fe, Zn, Ni и Mn. Данные по цинку совпадают, этот элемент накапливается в водорастворимой части соли, по марганцу результаты расходятся.

Суть в том, что соленосные отложения Верхне-Камского месторождения представлены пластами, тогда как Илецкое месторождение является активно живущим соляным штоком, и, естественно, динамические напряжения здесь значительно выше и больше возможность миграции межкристаллических растворов, с находящимися в них растворимыми соединениями тяжелых металлов, за пределы соляного штока.

Тем не менее, факт накопления в водорастворимой части слабосвязанной соли Zn, Pb и Ag заставляет предполагать их нахождение в форме, неспособной к миграциям.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт соляной промышленности
Артемовск

Поступило
2 III 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Методическое руководство по определению микроэлементов в природных водах при поисках рудных месторождений, под ред. Ю. И. Соколова, М., 1961. ² Ю. В. Морачевский, Уч. Зап. Ленингр. ун-в. сер. хим. наук, № 54, в. 5 (1940). ³ Л. А. Привалова, Геология и гидрогеология месторождений поваренной соли, в. 19 (27), 1971, стр. 19.