

УДК 55:502.55

**К ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКЕ  
КЕХНЕМЕДАН-КАЦМАЛИНСКОГО МЕДНО-ПИРРОТИНОВОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ****Ф.М.БАБАЕВ, С.А.ИСАЕВ, Г.М.ГАМБАРОВА,  
А.М.ИСМАИЛОВА, Э.Ф.ГАМБАРОВА**  
*Бакинский Государственный Университет*  
*sokrat-isayev@rambler.ru*

*Эколого-геохимические исследования верхнего горизонта бурых горно-лесных почв и травянистой, древесной растительности Кехнемедан-Кацмалинского медно-пирротинового месторождения выявили высоко опасный уровень загрязнения микроэлементами верхнего горизонта почвы и высокий, чрезвычайно опасный уровень в растительности. При этом более загрязненной является растительность в особенности древесная. Приоритетными загрязнителями почвы и растительности являются высоко опасные Pb, Zn, умеренно опасные Cu, Ni, Cr, а в растительности также Co.*

*По санитарно-гигиеническим нормам почвы и растительность месторождения характеризуются избыточными содержаниями Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb. Из них почва является наиболее загрязненной Zn, Pb, травянистая растительность – Cr, Ni, древесная – Co, Cu.*

**Ключевые слова:** почва, растительность, микроэлементы, кларки концентраций, загрязнение микроэлементами.

Кехнемедан-Кацмалинское медно-пирротинное месторождение расположено в пределах ландшафта резкорасчлененных средних гор и приурочено к Филиз-Аттагайской структурно-формационной зоне Большого Кавказа [2,7].

Руды Кехнемедан-Кацмалинского месторождения по своему минеральному составу относятся к медно-пирротинной колчеданной формации. Среди сульфидов преимущественное значение имеют пирротин, в меньшей степени присутствуют сфалерит и халькопирит. В рудах также наблюдается пирит, галенит и арсенопирит. Жильные минералы представлены кварцем, карбонатом, частично хлоритом и серицитом. В зоне окисления развиты гетит, гидрогетит, гидрогематит, мельниковит, марказит, халькозин, ковеллин и др. [4].

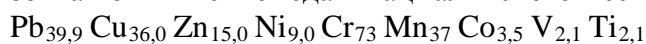
Сформированные на среднеюрских отложениях бурые горно-лесные почвы средне- и тяжелосуглинистые с преобладанием илистой фракции. Характеризуются почвы слабокислой, кислой средой. Содержание гумуса по нашим данным в среднем колеблется в пределах 12,5-15,3% [1]. Гумус имеет темно-бурю, почти черную окраску. Отношение гуминовых кислот к фульвокислотам равно 0.5-0.6, т.е. в почвах преобладают фульвокислоты.

Из произрастающих на месторождении растительности, были изучены из травянистой папоротник мужской, ромашка, разнотравье, из древесной – бук, граб, береза, ольха и рододендрон.

Для выявления степени загрязнения микроэлементами почвы и растительности месторождения были вычислены средние содержания по всей выборке данных спектрального анализа, кларки концентраций относительно кларков литосферы (КК), коэффициенты аномальности (Кс), указывающие во сколько раз содержания микроэлементов в почве и растительности месторождения выше регионального геохимического фона в соответствующих компонентах ландшафта [6].

Верхний гумусовый горизонта бурой горно-лесной почвы месторождения характеризуется вышекларковыми содержаниями Pb(20,0 КК), Cu(11,5КК), Zn(4,2КК), Ni, Cr, Co(2,9-2,5КК), V, Mn(1,8-1,7КК) и кларковым содержанием Ti, т.е. максимальной концентрацией выделяется Pb, минимальной - Ti (таблица 1).

Вычисленные, относительно регионального геофона микроэлементов в бурых горно-лесных почвах среднегорного ландшафта, коэффициенты аномальности выявили формулу загрязнения микроэлементами [6] верхнего горизонта почвы Кехнемедан-Кацмалинского месторождения:



Таким образом, среди загрязнителей присутствуют высоко опасные Pb, Zn, умеренно опасные Co, Ni, Cu, Cr и мало опасные Mn, V, Ti [5].

Для выявления степени суммарного загрязнения химическими элементами была использована формула суммарного загрязнения (Zс):

$$Z_c = \sum K_c - (n-1),$$

где Кс – коэффициент аномальности элемента выше единицы, n – количество химических элементов с Кс выше единицы [6]. По величине суммарного загрязнения ( $Z_c = 118,6 - 8,0 = 110,6$ ) химическими элементами почва месторождения характеризуется высоко опасным уровнем загрязнения [5]. Приоритетными загрязнителями являются Cu ( $K_{c_{max}} = 200,0$ ), Pb ( $K_{c_{max}} = 150,0$ ), Zn ( $K_{c_{max}} = 25,0$ ) и Cr ( $K_{c_{max}} = 15,6$ ).

Таблица 1

**Показатели загрязнения микроэлементами верхнего горизонта бурых горно-лесных почв Кехнемедан-Кацмалинского медно-пирротинового месторождения**

| Элементы | Геофон<br>$\bar{X} \cdot 10^{-3}\%$ | ПДК,<br>$\bar{X} \cdot 10^{-3}\%$ | $\bar{X} \cdot 10^{-3}\%$ | КК   | Кс   | Х/ПДК |
|----------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------|------|-------|
| Ti       | 222.0                               | 444.0                             | 460.0                     | 1.0  | 2.1  | 1.04  |
| V        | 7.8                                 | 15.6                              | 16.2                      | 1.8  | 2.1  | 1.04  |
| Cr       | 3.2                                 | 6.4                               | 23.4                      | 2.8  | 7.3  | 3.7   |
| Mn       | 46.0                                | 92.0                              | 168.9                     | 1.7  | 3.7  | 1.8   |
| Co       | 1.3                                 | 2.6                               | 4.5                       | 2.5  | 3.5  | 1.7   |
| Ni       | 1.9                                 | 3.8                               | 17.1                      | 2.9  | 9.0  | 4.5   |
| Cu       | 1.5                                 | 3.0                               | 54.0                      | 11.5 | 36.0 | 18.0  |
| Zn       | 2.4                                 | 4.8                               | 36.0                      | 4.2  | 15.0 | 7.5   |
| Pb       | 0.8                                 | 1.6                               | 31.9                      | 20.0 | 39.9 | 19.9  |

Влияние каждого из этих загрязнителей на окружающую среду определяется предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) этих элементов – даже небольшое отклонения в сторону избытка или недостаточности могут способствовать различным нарушениям в растениях и в организме животных и человека [6].

С обоснованием предельно-допустимых концентраций химических элементов выступают ряд исследователей. Например [3], предлагает за ПДК принять удвоенный региональный геофон химического элемента. Предлагаются также за ПДК элементов принимать кларки почвы как основную группу загрязнения, вторая группа - от 1 до 2-х кларков, третья - от 2 до 3 кларков и т.д.

Мы за ПДК химических элементов в бурых горно-лесных почвах, травянистой и древесной растительности приняли удвоенный региональный геофон химических элементов в соответствующих компонентах природных ландшафтов среднегорья южного склона Большого Кавказа.

Сравнение средних содержаний микроэлементов в почве Кехнемедан-Кацмалинского месторождения, с принятыми нами величинами ПДК, выявил ряд микроэлементов, превышающие ПДК (табл.1). Так, в верхнем горизонте почвы избыточными содержаниями выделяются *Pb*(19,9 ПДК), *Cu*(18,0 ПДК), *Zn*(7,5 ПДК), *Ni*(4,5 ПДК), *Cr*(3,7 ПДК), *Co*, *Mn* (1,7-1,9 ПДК). Содержаниями равными ПДК характеризуются ванадий и титан. Таким образом, наиболее высокими концентрациями в почве месторождения выделяются высоко опасные *Pb*, *Zn*, умеренно опасные *Cu*, *Ni*, *Cr*, *Co*, мало опасный *Mn*.

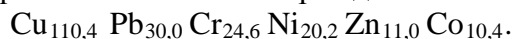
Произрастающие на почвах с высоко опасным уровнем загрязнения химическими элементами, растительность характеризуется геохимическими параметрами, представленными в таблице 2.

Травянистая растительность месторождения, в целом, характеризуется

вышекларковыми содержаниями Cu(47,0КК), Zn(18,2КК), Pb(13,1КК), Cr(4,1КК), Ni(3,1КК), Co(2,9КК), т.е. максимальной концентрацией выделяется Cu, минимальной – Co.

Отношения КК элементов в травянистой растительности и почвах выявил большую концентрацию в почвах Pb (в 1,5 раза), травянистая растительность же характеризуется аккумуляцией Zn, Cu (в 4,3-4,1 раза), Co, Ni (в 1,2 раза) и Cr (в 1,5 раза).

Коэффициенты аномальности микроэлементов (Кс) в травянистой растительности (табл.2) дают возможность определить формулу загрязнения травянистой растительности месторождений:



Суммарный уровень загрязнений микроэлементами травянистой растительности месторождений ( $Z_c=206,6-5,0=201,6$ ) характеризуются как высокий чрезвычайно опасный [5]. Приоритетными загрязнителями являются высоко опасные Pb( $K_{c_{\max}}=79,3$ ), Zn( $K_{c_{\max}}=47,0$ ), Cr( $K_{c_{\max}}=20,2$ ), Co( $K_{c_{\max}}=17,0$ ).

По санитарно-гигиеническим нормам (ПДК) травянистая растительность месторождений наиболее загрязнено Cu(55,2 ПДК), за которой следуют Pb(15,0ПДК), Cr(12,3ПДК), Co(10,1-10,4ПДК). Наименьший загрязняется выделениями Zn(5,5ПДК) (таблица 2).

Таблица 2

**Показатели загрязнения тяжелыми металлами растительности  
Кехнемедан-Кацмалинского медно-пирротинового месторождения**

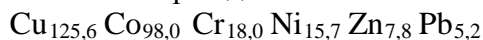
| Элементы | Травянистая               |                           |                           |      |       |       | Древесная                 |                           |                           |      |       |       |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------|-------|-------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------|-------|-------|
|          | Геофон                    | ПДК,                      | $\bar{X} \cdot 10^{-3}\%$ | КК   | Кс    | Х/ПДК | Геофон                    | ПДК,                      | $\bar{X} \cdot 10^{-3}\%$ | КК   | Кс    | Х/ПДК |
|          | $\bar{X} \cdot 10^{-3}\%$ | $\bar{X} \cdot 10^{-3}\%$ | $\bar{X} \cdot 10^{-3}\%$ |      |       |       | $\bar{X} \cdot 10^{-3}\%$ | $\bar{X} \cdot 10^{-3}\%$ | $\bar{X} \cdot 10^{-3}\%$ |      |       |       |
| Cr       | 1.4                       | 2.8                       | 34.4                      | 4.1  | 24.6  | 12.3  | 0.6                       | 1.2                       | 10.8                      | 1.3  | 18.0  | 9.0   |
| Co       | 0.5                       | 1.0                       | 5.2                       | 2.9  | 10.4  | 10.4  | 0.05                      | 0.1                       | 4.9                       | 2.7  | 98.0  | 49.0  |
| Ni       | 1.0                       | 2.0                       | 20.2                      | 3.5  | 20.2  | 10.1  | 1.5                       | 3.0                       | 23.1                      | 4.0  | 15.4  | 7.8   |
| Cu       | 2.0                       | 4.0                       | 220.8                     | 47.0 | 110.4 | 55.2  | 1.7                       | 3.4                       | 213.6                     | 45.4 | 125.6 | 62.8  |
| Zn       | 14.0                      | 28.0                      | 154.6                     | 18.2 | 11.0  | 5.5   | 24.0                      | 48.0                      | 186.7                     | 22.0 | 7.8   | 3.9   |
| Pb       | 0.7                       | 1.4                       | 21.0                      | 13.1 | 30.0  | 15.0  | 1.0                       | 2.0                       | 5.2                       | 3.3  | 5.2   | 2.6   |

Древесная растительность месторождения, в целом, характеризуется вышекларковыми содержаниями Cu(45,4КК), Zn(22,0КК), Ni(4,0КК), Pb(3,3КК), Co(2,7КК), Cr(1,3КК) максимальной концентрацией характеризуется Cu, минимальной – Cr (таблица 2).

Отношения КК микроэлементов в древесной растительности и почвах месторождений выявили аккумуляцию в древесной растительности Zn (в 5,2 раза), Cu(в 3,9 раза), Ni(в 1,4 раза), а более высокими концентрациями Pb(в 6,1 раза) и Cr (в 2,2 раза) характеризуется почва. Существительных отличий в концентрации Co в древесной растительности и

почвах не отличается.

Коэффициент аномальности микроэлементов в древесных растительности позволили выявить формулу загрязнения химическими элементами древесной растительности месторождения:



Суммарный уровень загрязнения древесной растительности месторождений ( $Z_c=265,0$ ) характеризуется как высокий чрезвычайно опасный. Приоритетными загрязнителями являются  $\text{Cu}(K_{c_{\max}}=158,8)$ ,  $\text{Co}(K_{c_{\max}}=64,0)$ ,  $\text{Ni}(K_{c_{\max}}=34,7)$ ,  $\text{Cr}(K_{c_{\max}}=11,3)$ .

Сравнение средних содержаний микроэлементов в древесной растительности месторождения с принятыми нами величинами ПДК (табл.2) выявили избыточные содержания в древесной растительности  $\text{Cu}(62,8\text{ПДК})$ ,  $\text{Co}(49,0\text{ПДК})$ ,  $\text{Cr}(9,0\text{ПДК})$ ,  $\text{Mn}(7,8\text{ПДК})$ ,  $\text{Zn}(3,9\text{ПДК})$ ,  $\text{Pb}(2,6\text{ПДК})$ . Таким образом, как травянистая, так и древесная растительность Кехнемедан-Кацмалинского медно-пирротинового месторождения характеризуются высоким, чрезвычайно опасным уровнем загрязнения изученными микроэлементами, но более (в 1,3 раза) загрязненной является древесная растительность. В общем, в растительности месторождения приоритетными загрязнителями являются высоко опасные  $\text{Pb}(K_{c_{\max}}=79,0-6,6)$ ,  $\text{Zn}(K_{c_{\max}}=20,2-9,6)$ , умеренно опасные  $\text{Cu}(K_{c_{\max}}=158,5-132,5)$ ,  $\text{Ni}(K_{c_{\max}}=47,0-34,7)$ ,  $\text{Cr}(K_{c_{\max}}=42,9-11,3)$ , в травянистой растительности также  $\text{Co}(K_{c_{\max}}=17,0)$ . При этом более высокие концентрации  $\text{Pb}$ (в 12 раз),  $\text{Cr}$ (в 3,8 раза),  $\text{Zn}$ (в 2,1 раза) и  $\text{Ni}$ (в 1,4 раза) наблюдается в травянистой растительности. В древесной растительности большей концентрацией (в 1,2 раза) характеризуется  $\text{Cu}$  (табл.3).

Таблица 3

**Биогеохимические показатели загрязнения микроэлементами почвы и растительности Кехнемедан-Кацмалинского медно-пирротинового месторождения**

| Биообъекты                               | Формула загрязнения (по средним $K_c$ )   | Суммарное загрязнение, $Z_c$ | Приоритетные загрязнители (по $K_{c_{\max}}$ )  |
|--|---|------------------------------|---|
| Верхний горизонт бурых горно-лесных почв | $\text{Pb}_{40,0} \text{Cu}_{36,0} \text{Zn}_{15,0}$<br>$\text{Ni}_{9,0} \text{Cr}_{7,3} \text{Mn}_{3,7} \text{Co}_{3,5}$<br>$\text{V}_{2,1} \text{Ti}_{2,1}$ | 110,7                        | $\text{Cu}_{200,0} \text{Pb}_{150,0} \text{Zn}_{25,0}$<br>$\text{Cr}_{15,6} \text{Ni}_{10,5}$                 |
| Травянистая растительность в целом       | $\text{Cu}_{110,4} \text{Pb}_{30,0} \text{Cr}_{24,6}$<br>$\text{Ni}_{20,2} \text{Zn}_{11,0} \text{Co}_{10,4}$   | 201,6                        | $\text{Cu}_{132,5} \text{Pb}_{79,0} \text{Ni}_{47,0} \text{Cr}_{42,9}$<br>$\text{Zn}_{20,2} \text{Co}_{17,0}$ |
| Древесная растительность в целом         | $\text{Cu}_{125,6} \text{Co}_{98,0} \text{Cr}_{18,0}$<br>$\text{Ni}_{15,4} \text{Zn}_{7,8} \text{Pb}_{5,2}$   | 265,0                        | $\text{Cu}_{158,8} \text{Co}_{64,0} \text{Ni}_{34,7}$<br>$\text{Cr}_{11,3} \text{Zn}_{9,6} \text{Pb}_{6,6}$   |

По санитарно-гигиеническим показателем растительность месторождения характеризуется избыточными содержаниями  $\text{Cu}(62,8-55,2 \text{ ПДК})$ ,  $\text{Pb}(15,0-2,6\text{ПДК})$ ,  $\text{Zn}(5,5-3,9\text{ПДК})$ ,  $\text{Ni}(10,1-7,8\text{ПДК})$ ,  $\text{Cr}(12,3-9,0\text{ПДК})$ ,  $\text{Co}(49,0-10,4\text{ПДК})$ .

Древесная и травянистая растительность отличаются по уровню загрязнения отдельными микроэлементами. Так, древесная растительность более загрязнена *Co* (в 4,7 раза) и незначительно *Cu*. Травянистая растительность более загрязнена *Cr* (в 1,4 раза), *Ni* (в 1,3 раза), *Zn* (в 1,4 раза) и *Pb* (в 5,8 раза).

Проведенные биогеохимические и эколого-геохимические исследования почвы и растительности Кехнемедан – Кацмалинского медно-пиротинового месторождения выявили вышекларковые содержания *Cu*, *Zn*, *Pb*, *Cr*, *Ni*, *Co* в этих компонентах ландшафта. При этом верхний горизонт почвы характеризуется наибольшей концентрацией *Pb*, травянистая и древесная растительность выделяются максимальными концентрациями *Ni*, *Cu*. В древесной растительности также наблюдается максимальная концентрация *Zn*, в травянистой – *Cr*. Существенных отличий в концентрации *Co* в почве и растительности не отмечается.

В растительности месторождения наблюдается слабая аккумуляция *Co*, *Ni*, несколько более интенсивно накапливаются в растительности *Cu*, *Zn* с большей аккумуляцией *Zn* в древесной растительности. Аккумуляции *Pb* в растительности месторождения не наблюдается. Отличаются травянистая и древесная растительность по интенсивности аккумуляции *Cr* – в травянистой наблюдается слабая аккумуляция, в древесной аккумуляция не происходит.

С эколого-геохимических позиций почва месторождения характеризуется высоко опасным уровнем загрязнения микроэлементами, растительность – высоким, чрезвычайно опасным с большей загрязненностью древесной растительности. Приоритетными загрязнителями почвы и растительности являются высоко опасные *Pb*, *Zn*. Умеренно опасные *Cu*, *Ni*, *Cr*, а в растительности также *Co*.

По санитарно-гигиеническим нормам (ПДК) почва и растительность месторождения характеризуются избыточными содержаниями *Cr*, *Co*, *Ni*, *Cu*, *Zn*, *Pb*. При этом наиболее избыточные содержания *Zn*, *Pb* отмечаются в почве, *Cr*, *Ni* – в травянистой и *Co*, *Cu* – в древесной растительности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев Ф.М., Исаев С.А., Рагимзаде А.И. Биогеохимия растений Большого Кавказа (в пределах Азербайджана). Баку, «Леман НП», 2008, 332 с.
2. Кашкай М.А., Мартиросян Р.А., Алиев А.А. и др. Геохимия и минералогия колчеданных месторождений южного склона Большого Кавказа (Белокано-Шекинская металлогеническая зона). Баку, Элм, 1979, 207 с.
3. Маханько Э.П., Малахов С.Г., Вергинская Г.К., Сатаева Л.В. Пространственные и временные параметры системы наблюдения и контроля за загрязненными почвами тяжелыми металлами. Тр. Ин-та Экспериментальной метеорологии. М.: Гидрометеоиздат, 1987, в.14 (29), с.85-90.
4. Минерально-сырьевые ресурсы Азербайджана. Баку: Озон, 2005, 808 с.
5. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999, 768 с.
6. Саев Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990, 335 с.

7. Султанов А.Д., Байрамалибейли Э.Т. Геохимические особенности пород юрского комплекса Белокано-Закатальского рудного района (Азербайджанская часть южного склона Большого Кавказа). Баку, Изв.АН Азерб.ССР, сер.наук о Земле, 1975, № 4, с.72-84.

### **KÖHNƏMƏDƏN-KASMALI MİS-PIRROTİN YATAĞININ EKOLOJİ-GEOKİMYƏVİ VƏZİYYƏTİNƏ DAİR**

**F.M.BABAYEV, S.A.İSAYEV, G.M.QƏMBƏROVA,  
A.M.İSMAYILOVA, E.F.QƏMBƏROVA**

#### **XÜLASƏ**

Köhnəmədən-Kasmalı mis-pirrotin yatağında boz-qonur torpaqların, ot və oduncaqlı bitkilərin ekoloji-geokimyəvi tədqiqatları üst horizont torpaqlarında mikroelementlərlə yüksək təhlükəli çirklənməni və bitkilərin yüksək, fəvqəl təhlükəli səviyyəsini aşkar etmişdir. Eyni zamanda bitkilər, xüsusilə oduncaqlılar daha çox çirklənib. Torpaqlarda və bitkilərdə prioritet çirkləndiricilər kimi yüksək təhlükəli Cu, Ni, Cr, bitkilərdə isə həmçinin Co saymaq olar.

Yatağın torpaq və bitkiləri sanitar-gigiyenik normalara görə Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb artıq miqdarları ilə səciyyələnir. Onlardan torpaqlar Zn, Pb ilə, ot bitkiləri Cr, Ni, oduncaqlılar – Co, Cu daha çox zənginləşmişdir.

**Açar sözlər:** torpaq, bitki, mikroelementlər, konsentrasiya klarkları, mikroelement çirklənməsi

### **ECOGEOCHEMICAL CONDITIONS OF THE KEHNEMEDAN-KATSMALI COPPER-PYRRHOTITES DEPOSITS**

**F.M.BABAYEV, S.A.ISAYEV, G.M.GAMBAROVA,  
A.M.ISMAYILOVA, E.F.GAMBAROVA**

#### **SUMMARY**

Ecological and geological studies of the upper horizon mountain- brown soils and herbaceous, woody vegetation Kehnemedan-Katsmali copper pyrrhotite deposits showed a high risk of contamination level trace elements in the upper horizon of the soil and the high Cu, Ni, Cr, extremely dangerous levels in the vegetation. This is a more muddied vegetation especially wood Co. The priority pollutants of soil and vegetation are highly hazardous, moderately hazardous, and vegetation as well.

According to sanitary standards, soil and vegetation are characterized by excessive deposits of content Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb. Of these, the most contaminated soil Zn, Pb, herbaceous vegetation – Cr, Ni, wood – Co, Cu.

**Key words:** soil, vegetation, clark concentrations, trace elements pollution.

*Поступила в редакцию: 17.09.2015 г.*

*Подписано к печати: 04.12.2015 г.*