

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ОРЕОЛОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОПРЯЖЕННЫХ ПРИРОДНЫХ СРЕДАХ МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО УРАЛА

В. Б. Черняхов, Е. Г. Щеглова

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
г. Оренбург, Россия*

Рецензент д-р техн. наук, профессор Н. С. Попов

Ключевые слова: геохимические ореолы; медноколчеданное месторождение; природные среды; Южный Урал.

Аннотация: Рассмотрены ореолы экологически опасных химических элементов, сформированных в сопряженной цепи природных сред: коренных породах – корах выветривания; отложениях мезокайнозоя – почвенном покрове и связующих их природных водах, являющиеся одновременно основным агентом формирования ореолов. Показаны основные лиганды и фиксаторы химических элементов. Приведены запасы химических элементов, накапливаемых в природных средах. Описаны факторы, определяющие масштабы экзогенного ореолообразования: тектонические процессы, гидродинамическую обстановку и т.д.

Необходимость раскрытия вопросов последовательного формирования ореолов экологических химических элементов (далее ореолов) в природных средах на рудных месторождениях отмечалась в работах с первых лет широкого применения геохимических исследований в нашей стране. Накопившийся на сегодняшний день материал и данные изучения минералогических и геохимических особенностей природных сред на медноколчеданных месторождениях Оренбургского Урала позволяют раскрыть некоторые закономерности развития экзогенных ореолов [1].

В ходе сернокислого гипергенеза медноколчеданных месторождений происходит разрушение как эндогенных ореолов, так и рудных тел и перераспределение рудного вещества и элементов. Основным агентом процесса являются природные воды.

Черняхов Валентин Борисович – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии; Щеглова Елена Григорьевна – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры геологии, e-mail: Helena_charodeika@mail.ru, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Россия.

«Без участия воды трудно представить физические, химические и биологические процессы, протекающие в земной коре и вызывающие в гигантских масштабах разрушение, миграцию, переотложение и новообразование вещества в зоне гипергенеза. В результате этих процессов в одних случаях происходит гидрогеохимическое рассеяние элементов в земной коре, в других – их концентрация» [2]. Естественно, что химические элементы образуют ореолы и в водах. Последние или приурочены к исходным ореолам (рудным телам) в исходных средах, или испытывают относительно них слабое смещение.

Данная картина наблюдается на месторождениях Орского Зауралья. В случае активной гидродинамической обстановки, широкого развития мощных зон нарушений с переливающимися из них водами, формируются потоки химических элементов, что можно видеть на месторождениях Орского Урала. В отдельных случаях происходят даже разрушения ореолов в водах – рудопроявление (Вишневогорское). Размеры ореолов (потоков) в водах во всех случаях превосходят размеры исходных ореолов (сечение рудных тел) во вмещающих породах (табл. 1). Основные ореолообразующие элементы рассматриваемого типа месторождений: медь, цинк, свинец, барий, молибден, кобальт характерны как для пород палеозоя, так и для всех сопряженных сред (табл. 2).

Горизонтальная зональность ореолов в указанных средах идентична. Внешнюю зону формируют медь, цинк, свинец, внутреннюю, кроме них, барий, молибден, кобальт. Характерной чертой ореолов (потоков) химических элементов в природных водах является их высокая контрастность. Она колеблется в пределах n (Орского Зауралья) – $1000n$ (Орский Урал) и зависит от интенсивности процессов окисления на месторождении. Единовременные запасы металлов в водах относительно других сред – ограниченные. Масштабы воздействия вод на эндогенные ореолы (рудные тела) не различны. Повышение агрессивности вод вызывает изменение баланса, форм переноса химических элементов. Последние разнообразны: ионная, комплексная, соединения с органикой, коллоидальная. Часть хими-

Таблица 1

**Соотношение площадей ореолов и сечений рудных тел
медноколчеданных месторождений Оренбургского Урала**

Природные среды	Cu	Zn	Pb	Ba	Mo	Co
Весеннее месторождение						
Почвенный покров	23,8	14,5	8,1	–	5,1	1,3
Кора выветривания	14,5	22,3	13	1,5	2,7	1,7
Природные воды	25,1	25,7	–	–	5,1	–
Породы палеозоя	9,70	7,80	1,8	1,5	1,3	1,2
Южно-Гайское месторождение						
Почвенный покров	62,3	49,2	54,0	45,6	33,6	33,9
Отложения мезокайнозоя	61,3	59,7	50,3	52,6	50,1	48,1
Кора выветривания	32,3	46,2	9,40	4,60	11,8	10,5
Природные воды	72,7	58,8	–	–	28,1	–
Породы палеозоя	7,70	7,7	5,00	4,00	3,70	2,10

Таблица 2

**Коэффициенты аномальности ореолов медноколчеданных
месторождений Оренбургского Урала**

Природные среды	Cu	Zn	Pb	Ba	Mo	Co
Весеннее месторождение						
Почвенный покров	1,40	11,2	1,50	1,4	3,00	2,00
Отложения мезокайнозоя	1,50	7,70	54,0	2,3	4,00	2,70
Кора выветривания	270	117,6	14,7	3,0	11,5	38,4
Природные воды	50,0	10,0	8,00	–	6,00	–
Породы палеозоя	110	90,0	73,0	2,7	14,0	3,00
Южно-Гайское месторождение						
Почвенный покров	95,2	21,0	9,30	6,6	6,60	7,00
Отложения мезокайнозоя	250	125	67,0	24	100	50,0
Кора выветривания	75,0	43,0	47,0	24	16,0	16,0
Природные воды	16660	11382	500	–	2300	–
Породы палеозоя	64,0	13,0	4,50	10	17,50	8,80

ческих элементов переносится в продуктах твердого стока. Основную роль играют следующие лиганды химических элементов: сульфаты, хлориды, гидрокарбонаты. Перераспределение рудных элементов (рудного вещества) в твердом стоке детально изучено ранее [3]. Несомненную роль здесь играет перемещение упомянутых компонентов и за счет сил физического выветривания.

Природные воды накапливаются или передвигаются в средах, их горизонтах, находящихся в наиболее благоприятной гидродинамической обстановке, имеющих оптимальные водно-физические свойства. К последним следует отнести пестроцветые горизонты коры выветривания на территории Орского Зауралья и песчанистые горизонты (в частности верхнего олигоцена) отложений мезокайнозоя на территории Орского Урала. Продукты гипергенного преобразования эндогенных ореолов осаждаются в водовмещающих средах (горизонтах), вновь переходят в раствор, перемещаются, вновь осаждаются и т.д. Этот процесс является непрерывным. Динамика состава вод находит полное отражение в составе водовмещающих сред и наоборот.

Основными фиксаторами химических элементов в коре выветривания, отложениях мезокайнозоя, в почвенном покрове являются минеральные новообразования (преимущественно карбонаты) – гидроокислы металлов (преимущество железа) – глинистые минералы (преимущественно монтмориллонит). Вблизи источника формирования ореолов основное значение имеют минеральные новообразования: сульфаты, хлориды, карбонаты – идентичные основным лигандам химических элементов в водах.

Роль компонентов – носителей в балансе химических элементов, определяется свойствами последних (катионогенные – медь и др., анионогенные – молибден и др.), геохимической обстановкой в зоне гипергенеза (сильнокислая – Южно-Гайское месторождение, слабощелочная – Весеннее). Органические соединения, легкорастворимые соли, поровые растворы играют в балансе химических элементов сугубо подчиненную роль. Распределение химических элементов в вышеуказанных средах пропор-

ционально их объему. На территории Орского Зауралья, где обычно наблюдается уменьшение объема от среды к среде: породы палеозоя – кора выветривания – отложения мезокайнозоя – почвенный покров – происходит соответствующее уменьшение запасов металлов. Для меди на Джусинском месторождении получены следующие величины: породы палеозоя (до глубины 300 м) – 2174, кора выветривания – 119, отложения мезокайнозоя – 20, почвенный покров – 3 т. В омывающих их водах единовременные запасы меди ограничиваются 0,008 т. В условиях депрессий Орского Урала, куда сносится весь рыхлый материал и резко возрастает мощность отложений мезокайнозоя, запасы меди на примере Южно-Гайского месторождения следующие: породы палеозоя (до глубины 300 м) – 12768, кора выветривания – 5515, отложения мезокайнозоя – 69129, почвенный покров – 66, природные воды – 167 т.

Все сопряженные природные среды: кора выветривания – отложения мезокайнозоя – почвенный покров – охвачены единым ореолом (поток) химических элементов. Их морфология идентична с морфологией ореолов (потоков) в природных водах. По размерам они превышают (как и для случая вод) исходные эндогенные ореолы (до 7 раз в Орском Зауралье, 16 – Орском Урале) и рудные тела (до 10 и 60 раз соответственно).

Медь, цинк, свинец, барий, молибден, кобальт сохраняют свою ведущую роль ореолообразующих элементов в рыхлых отложениях. Так же, как и в породах палеозоя, в природных водах, коре выветривания, отложениях мезокайнозоя, почвенном покрове ореолы в плане характеризуются преобладанием во внешней зоне меди, цинка, свинца, а во внутренней, кроме них, бария, молибдена, кобальта. Данная закономерность нарушается только для свинца в коре выветривания в условиях интенсивно окисляющегося месторождения. Порядок элементов внутри зон разных сред меняется в зависимости от целого ряда факторов.

Гипергенные процессы, происходящие в природных средах на медноколчеданных месторождениях, приводят к изменению не только их элементарного, но и вещественного состава, что в свою очередь, влечет за собой изменение объема данных сред, условий их залегания. Для рудных месторождений Оренбургского Урала характерными являются карстообразовательные процессы. Размеры карстовых воронок в плане колеблются от *n* м (Орского Зауралья) до 10*n* м (Орский Урал). К основным факторам, определяющим экзогенное ореолообразование, следует отнести: состав и строение эндогенных ореолов, время и степень их эродированности, развитость зон окисления, ландшафтно-геохимическую обстановку, химические особенности пород и ряд других.

Имеющиеся данные позволяют акцентировать внимание на следующих факторах, также играющих существенную роль в экзогенном ореолообразовании. В первую очередь это масштаб тектонических процессов в мезокайнозое. Стабильная обстановка на территории Орского Зауралья привела к формированию слабоконтрастных экзогенных ореолов, ограниченных по размерам и запасам металлов в них. Интенсивные тектонические движения в мезокайнозое на территории Орского Урала и сопряженных депрессий обусловили образование высококонтрастных потоков химических элементов, значительных по площади и по запасам металлов. Пропорционально элементарному изменялся и минералогический состав, а также морфология ореоловмещающих сред.

С данным фактором тесно переплетается и гидродинамическая обстановка. Орскому Зауралью свойственны минимальные амплитуды между уровнями среза эндогенных ореолов (рудных тел) и базисами эрозии. Как следствие, экзогенные ореолы близки по местоположению к проекции на дневную поверхность эндогенных ореолов. Смещения по горизонту не превышает 10n м. Для Орского Урала указание амплитуды достигают 100n м, где формируются потоки и оторванные ореолы, удаленные от мест возникновения на 1000n м.

Список литературы

1. Черняхов, В. Б. Геохимические ореолы медноколчеданных месторождений Оренбургского Урала / В. Б. Черняхов, Е. Г. Щеглова. – Оренбург : ОГУ, 2015. – 354 с.
2. Сидоренко, А. В. Некоторые вопросы геохимии зоны гипергенеза / А. В. Сидоренко, К. И. Лукашев // Совет. геология. – 1971. – № 1. – С. 1 – 11.
3. Черняхов, В. Б. Особенности распределения тяжелых металлов в мезозойских отложениях на Южно-Гайском месторождении / В. Б. Черняхов // Мат. науч.-практ. конф. ин-та Естествознания и экономики ОГПУ «Природн. и социально-эконом. потенциал Оренбург. обл.», 25 мар. 2005 г. – Оренбург : Изд-во ОГПУ, 2005. – С. 48 – 52.

References

1. Chernyakhov V.B. Shcheglova E.G. *Geokhimicheskie oreoly mednokolchedannykh mestorozhdenii Orenburgskogo Urala* [Geochemical haloes of chalcopyrite deposits of Orenburg Ural], Orenburg: OGU, 2015, 354 p. (In Russ.)
2. Sidorenko A.V., Lukashev K.I. [Some questions geochemistry supergene zone], *Sovetskaya geologiya* [Soviet Geology], 1971, no. 1, pp. 1-11. (In Russ.)
3. Chernyakhov V.B. *Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii instituta Estestvoznaniya i ekonomiki OGPU "Prirodnyi i sotsial'no-ekonomicheskii potentsial Orenburgskoi oblasti"* [Proceedings of the International Scientific-Practical Conference Institute of Natural Science and Economics of the OGPU "natural and socio-economic potential of the Orenburg region"], 25 March 2005, Orenburg: Izd-vo OGPU, 2005, pp. 48-52. (In Russ.)

The Patterns of Development of Halos of Environmental Chemical Elements in Conjugate Natural Environments of Massive Sulfide Deposits of the Southern Urals

V. B. Chernyakhov, E. G. Shcheglova

Orenburg State University, Orenburg, Russia

Keywords: geochemical halos; massive sulfide deposit; natural environment; South Urals.

Abstract: The paper considers halos of environmentally hazardous chemical elements, which are formed in the conjugated chain of natural environments: bedrock – weathering crusts, mesocenozoic sediments – soil cover and binding natural waters, which are also the main agent of the formation of halos. The main ligands and the retainers of the chemical elements are shown. The stocks of chemical elements accumulated in natural environments are given. The factors determining the extent of exogenous halo-formation, including tectonic processes, hydrodynamic environment, etc., are described.

© В. Б. Черняхов, Е. Г. Щеглова, 2016