

«Янка» для месторождений цветных металлов // Советская геология.—1985.— № 11.— С. 14—19.

3. Трушков Ю. Н. Эволюция и механизм образования россыпей как проекций разрушенных коренных источников на тальвеги долин // Поиски и опыт реконструкции коренных источников золота по разведанным россыпям.— Якутск, изд. ЯФ СО АН СССР, 1975.— С. 11—28.

4. Трушков Ю. Н., Избеков Э. Д. Эволюция россыпей // Минеральные месторождения.— М.: Наука, 1976.— С. 147—155.

УДК 553.43 : 550.84

Л. М. Петруха

РУДНЫЕ СТОЛБЫ МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рудное вещество в залежах месторождений распределено неравномерно, о чем отмечали Б. Котта [21], Р. Бек [20], В. Линдгрэн [22], П. К. Каллистов [5] и др. Но кроме периодичности изменения содержания полезных компонентов, В. Ф. Мягковым [7] выявлена урвенность строения геохимических полей. Урвенное строение геохимических полей меди, цинка и серы установлено в рудных телах медноколчеданных месторождений Урала и Кавказа автором [12]. Анализ строения геохимических полей меди, цинка и серы позволил выявить, что медноколчеданные залежи представляют собой совокупность рудных столбов этих полезных компонентов различных порядков и определенных размеров, закономерно расположенных в их пределах.

Полученный результат основан на обобщении и анализе данных разведочных и эксплуатационных работ по рудным телам двадцати промышленных месторождений — Красногвардейского, имени III Интернационала, Левиха XIII, Сафьяновского, Дегтярского, Южного, Учалинского, имени XIX партсъезда, Узельгинского, Талганского, Чебачьего, Молодежного, Сибайского, Октябрьского, Подольского, Юбилейного, Комсомольского, Джусинского, Гайского, Урупского с применением геометристатистического моделирования [7].

Излучение геологического строения медноколчеданных месторождений проводилось многими исследователями [2, 4, 13, 14, 15, 16 и др.]. Изучение урвненного строения геохимических полей меди, цинка и серы и их изменчивости проводилось по профилям — сечениям рудных тел, ориентированным по простиранию и падению залежей. Приведенные результаты исследований основаны на изучении десятков пересечений каждого рудного тела с использованием многих тысяч химических анализов на медь, цинк и серу. Общая длина изученных профилей составила более 150 000 м.

Обработка данных заключалась в построении одномерных графиков изменения содержания меди, цинка и серы в системе координат: содержание полезного компонента — расстояние, в выравнивании исходных данных с помощью интерполяционного полинома, оценке урвненного строения, расчете частотных характеристик — радиусов геометрической автокорреляции, амплитудных характеристик — среднеквадратической амплитуды, а также таких характеристик, как средняя величина, среднеквадратическое отклонение, остаточная дисперсия, погрешность аппроксимации [7]. Вычисления выполнялись на ЭВМ ЕС-1022 в вычислительном центре Уральского горного института по специально разработанной программе.

Урвенное строение определялось в восходящем порядке последовательным осреднением самого высокочастотного уровня изменчивости регулярной компоненты. Уровень среднего принимался за нулевой уро-

вень. Относительно него выделялись последующие уровни строения геохимических полей. Периодичность изменения содержаний полезных компонентов на каждом структурном уровне отличается частотными и амплитудными характеристиками.

В результате исследований выявлено уложенное строение геохимических полей рудных тел медноколчеданных месторождений. Выде-

Средние значения частотных (R_q) характеристик содержаний полезных компонентов для разных уровней геохимических полей медноколчеданных месторождений

Компонент	Общая длина профилей, м	Количество точек наблюдений	По простиранию			По падению		
			R_{q_1}	R_{q_2}	R_{q_3}	R_{q_1}	R_{q_2}	R_{q_3}
<i>Гайское месторождение</i>								
Медь	26766	4500	83	43	11	88	44	14
Цинк			91	44	10	88	44	14
Сера			135	54	14	88	44	17
<i>Сибайское месторождение</i>								
Медь	11274	4269	77	34	5	86	43	10
Цинк			77	39	5	86	43	10
Сера			82	40	5	102	51	10
<i>Южное месторождение</i>								
Медь	11917	2880	114	43	11	95	40	—
Цинк			120	52	11	95	40	—
Сера			103	49	12	95	40	—
<i>Месторождение имени XIX партсъезда</i>								
Медь	5894	1124	55	25	9	50	25	9
Цинк			55	28	12	50	25	12

Примечание R_{q_1} , R_{q_2} , R_{q_3} — радиусы геометрической автокорреляции (м) соответственно для каждого структурного уровня геохимических полей.

ются периоды изменения содержаний полезных компонентов нескольких порядков — уровни изменчивости. В строении геохимических полей меди, цинка и серы установлено два-три структурных уровня. Причины уложенного строения геохимических полей необходимо связывать как с геологической обстановкой, способствующей отложению рудного вещества из рудоносных растворов, так и с особенностями рудообразующего процесса. Рассмотрим особенности строения геохимических полей меди, цинка и серы на различных структурных уровнях.

Периодичность в строении геохимических полей рудных тел определена чередованием участков богатых руд, разделенных участками бедных руд. Участки богатых руд обычно называют рудными столбами [19]. В свете уложенного строения геохимических полей можно говорить о рудных столбах различных порядков или уровней.

На первом структурном уровне изменчивости максимальные содержания серы отмечаются в центральных частях залежей, цинка на периферии, медь занимает промежуточное положение.

На втором структурном уровне в залежах по простиранию и падению выделяются серии крупных максимумов содержаний меди, цинка и серы (рудных столбов I порядка). Определены их размеры в плоскости рудных тел. Они равны удвоенному значению частотной характеристики изменчивости (радиуса геометрической автокорреляции) или длине полуволны на графиках изменения регулярной компоненты поля (см. таблицу). Исходя из этого, размеры рудных столбов в поперечни-

ке на этом структурном уровне колеблются в пределах от 50 до 120 м. Меньшей изменчивостью характеризуется геохимическое поле серы, и размеры рудных столбов этого компонента достигают 110—120 м. Изменчивость меди и цинка примерно сопоставима и более высокая, чем серы. Размеры рудных столбов этих компонентов составляют 50—90 м. Исходя из того, что частотные характеристики геохимических полей меди, цинка и серы по простиранию и по падению залежей близки между собой, форма рудных столбов в плоскости рудных тел изометрическая. Исходя из пространственных соотношений геохимических полей меди, цинка и серы на этом структурном уровне, они дискордантные. Но на некоторых месторождениях геохимические поля металлов конкордантные — положительно согласованные. Графики изменения регулярной компоненты полей на одних и тех же сечениях рудных тел имеют одинаковый вид. Это отмечается на Гайском месторождении (залежь 5), имени XIX партсъезда (залежь Восточная), на отдельных сечениях Дегтярского месторождения. Отсюда следует, что рудные столбы меди, цинка и серы в плоскости рудных тел в основном не совпадают между собой, что может свидетельствовать о одновременности их формирования.

Как отмечалось выше, отклонения содержаний полезных компонентов от среднего значения определяются среднеквадратической амплитудой. Содержания полезных компонентов в рудных столбах значительно выше разделяющих их участков бедных руд, имеющих примерно такие же размеры. Так, содержание меди в рудных столбах выше в 3—52 раза, цинка в 7—119 раз, серы на 9—23%. Менее контрастны рудные столбы на месторождениях с рядовыми по качеству рудами и более контрастны на месторождениях с рудами высокого качества.

На третьем структурном уровне как в пределах рудных столбов I порядка, так и на участках разделяющих их бедных руд выделяются изометрические в плоскости залежей рудные столбы II порядка. Размеры их в поперечнике 10—35 м.

Таким образом, установление уровня строения геохимических полей меди, цинка и серы медноколчеданных месторождений, его анализ позволили выявить сложное внутреннее строение колчеданных залежей. Они состоят из серий рудных столбов различных порядков, закономерно расположенных в их пределах. Определены их форма в плоскости рудных тел, размеры и амплитудные характеристики.

Установленные закономерности строения колчеданных залежей соответствуют результатам изучения гидротермального сульфидного оруднения в океанах. Так, по данным И. С. Грамберг и др. [3], скопления океанических сульфидных руд в пределах Восточно-Тихоокеанского поднятия объединяют десятки — первые сотни небольших холмообразных рудных построек. Возможно эти холмы и являются теми самыми рудными столбами, которые составляют колчеданные залежи. А расположение холмов и рудных столбов определяется рисунком разрывных нарушений — путей движения рудообразующих растворов. Это подтверждается на многих изученных месторождениях.

На Дегтярском месторождении проведено геолого-структурное дешифрирование плана изомощностей рудного тела и вмещающих пород и построена схема палеорекострукций условий его формирования. В результате установлено, что рудное тело месторождения формировалось в депрессионной структуре, форма и другие структурные особенности которой указывают на ее вулканогенное происхождение. Из анализа отмеченных структур вытекает, что первичное местоположение вулканического аппарата (кальдеры), вмещающего рудное тело, определялось узлом пересечения двух систем разломов — субмеридионального (уральского) и субширотного простирания. Внутренняя струк-

тура рудовмещающей кальдеры определялась также системами диагональных (радиальных) и концентрических разломов, формирование которых причинно связано с развитием самой вулканоструктуры. Полученные данные увязываются с развитием на площади месторождения различных геологических образований, а также с закономерностями распределения в залежи серы, меди и цинка. Структура геохимического поля серы обусловлена наиболее ранними продольными и поперечными разломами. Концентрическая зональность в распределении меди и цинка на первом структурном уровне, обусловленная элементами палеокальдеры, в частности, кольцеобразными разломами, усложнена линейными элементами — диагональными разломами. К местам пересечения разломов различных направлений приурочены рудные столбы второго структурного уровня. На третьем уровне зоны разрывных нарушений также контролируют качество руд, что выражается в формировании рудных столбов второго порядка.

На Учалинском месторождении рудные столбы второго структурного уровня, сложенные медными и цинковыми рудами, обусловлены разрывными тектоническими нарушениями, залеченными крупными дайками габбро-порфиритов. По-видимому, эти разломы были долгоживущими, являлись рудоподводящими, а после того как сформировалось рудное тело, разломы подновились, пересекли рудную залежь и были залечены дайками.

Рудные тела Сибайского и Гайского месторождений также тектонически нарушенные. Многие тектонические разрывные нарушения залечены маломощными дайками. Особенно много даек основного состава отмечается в пятой залежи Гайского месторождения. Анализ строения геохимических полей меди, цинка и серы в местах пересечения их разрывными нарушениями показывает следующее. В большинстве случаев в местах пересечения рудных тел дайками основного состава, расстояния между которыми составляют от 7 до 15 м, содержание меди и цинка снижается как на втором, так и на третьем структурных уровнях в два-три раза. То же самое отмечается в местах расположения неминерализованных тектонических разрывных нарушений. На содержание серы, за исключением отдельных случаев, дайки заметного влияния не оказывают. Таким образом, рудные столбы формируются не только за счет привноса металлов рудообразующими растворами, а и за счет их выноса. Тектонические и магматические процессы приводят к разубоживанию руды в участках рудных тел, прилегающих к разрывным нарушениям.

Роль разрывных нарушений в распределении полезных компонентов в рудных телах, кроме приуроченности к ним экстремальных значений содержаний меди и цинка, подтверждается также устойчивостью частотных характеристик геохимических полей на одних и тех же структурных уровнях в разных частях залежей одного месторождения, а также на разных месторождениях. Последнее обусловлено закономерностями распределения зон трещиноватости в массивах горных пород. Известно, что в лавовых потоках отчетливо проявляется столбчатая отдельность. Геометрические черты столбчатой отдельности объясняют образованием трещин при растягивающем напряжении в процессе охлаждения затвердевшей, но еще горячей породы до нормальной температуры. В результате сокращения горных пород возникают трещины, образующие шестиугольники [18]. Эти закономерности в размещении трещин — путей движения рудообразующих растворов — определили размещение рудных столбов, слагающих колчеданные залежи.

Из особенностей рудообразующего процесса важнейшим является стадийность накопления сульфидов и прерывистость процесса, а также преобразование руд в результате метаморфизма.

Считается, что накопление сульфидов железа, меди и цинка происходило в различные стадии, отделенные перерывами, во время которых минеральные массы ранних стадий могли претерпевать метаморфизм, тектонические деформации и т. д. [17]. В раннюю стадию образовались сульфиды железа из гидротермальных растворов в форме марказита, пирита и пирротина. В среднюю имело место повышение химической активности серы и появление в растворе меди, следствием чего было формирование халькопирит-пиритовых руд. В позднюю стадию в растворе появляется цинк и формировались цинковые руды.

Отмеченная стадийность обусловила появление вертикальной зональности в распределении основных полезных компонентов в направлении от лежащего к висячему боку рудных залежей: сера — медь — цинк. Стадийность рудообразования отчетливо подтверждается этажным размещением рудных тел с различными типами руд (Гайское, Южное и другие месторождения).

Стадийность, приведшая к формированию вертикальной зональности, определила структуру геохимических полей серы, меди и цинка на первом структурном уровне. Так, если рассматривать распределение меди, то минимальное ее содержание отмечается в лежащем боку залежей, соответствующем ранней стадии рудообразования, и в висячем боку, сформировавшемся в третью, позднюю, стадию образования рудных тел. Максимальное содержание меди фиксируется в центральных частях рудных тел, сформировавшихся в среднюю стадию.

В связи со стадийностью рудообразования проявлена также латеральная зональность в распределении серы, меди и цинка в рудных телах [6, 10, 15]. В целом максимальные содержания серы приурочены к центральным, наиболее мощным частям рудных тел, цинка к периферийным, наименее мощным частям залежей. Медь занимает промежуточное положение. Отмеченная геохимическая зональность в рудных телах колчеданных месторождений отражает строение геохимических полей серы, меди и цинка на первом структурном уровне и является первичной.

Стадийность рудообразования на колчеданных месторождениях подтверждается также присутствием в рудах залежей сульфидов железа, меди и цинка нескольких генераций, что отмечается как на многих уральских месторождениях [9, 13, 14], так и на зарубежных [1]. По абсолютному возрасту околорудных пород колчеданных месторождений выделяется три этапа оруденения [8]. Эти особенности формирования залежей нашли отражение на втором структурном уровне.

Последующие процессы привели к некоторому перераспределению вещества рудных тел, нарушению сплошности залежей разрывной тектоникой, залечиванию разрывных нарушений магмой (формирование даек) или продуктами гидротермальной деятельности (кварцем, пиритом, халькопиритом, сфалеритом). На высокочастотных уровнях находит отражение ритмично-полосчатое строение колчеданных залежей в пределах отложений каждой стадии. Оно обусловлено чередованием ритмов, сложенных одними и теми же минеральными ассоциациями — существенно пиритовой, халькопирит-пиритовой со сфалеритом и сфалерит-пиритовой. Полосчатость часто не выдержана, отмечаются будины, выполненные одним из минералов руд. Преобладание в ритмах одного из трех минералов приводит к формированию соответствующего состава рудных столбов на высококачественных уровнях. На этом же уровне на структуру геохимических полей главных химических компонентов колчеданных месторождений оказало влияние также преобразование руд в результате регионального и гидротермального метаморфизма [4, 16].

Таким образом, уровеньное строение геохимических полей меди,

цинка и серы отражает всю историю формирования колчеданных месторождений и носит объективный характер. Оно обусловлено сложным строением залежей, состоящих из рудных столбов серы, меди и цинка разных порядков. Расчлененка структур геохимических полей дает возможность решать генетические вопросы, а также имеет практическое значение. Это выявление закономерностей в строении геохимических полей, прогнозирование на основании этого качества руды в пределах залежей, определение рациональных параметров разведочной сети [11].

ВЫВОДЫ

1. Геохимические поля меди, цинка и серы медноколчеданных месторождений характеризуются уровненным строением. Выделяется до трех структурных уровней геохимических полей, отличающихся частотными и амплитудными характеристиками. Это позволяет рассматривать колчеданные залежи как совокупность рудных столбов меди, цинка и серы различных порядков и определенных размеров, закономерно расположенных в их пределах.

2. Форма рудных столбов в плоскости рудных тел изометрическая. Размеры в плоскости залежей в соответствии с частотными характеристиками рудных столбов I порядка 50—120 м, II порядка 10—35 м. Содержание меди в рудных столбах выше, чем на участках разделяющих их бедных руд в 3—52 раза, цинка в 7—119 раз, серы на 9—23 %.

3. Уровненное строение геохимических полей определено геологическими факторами, в частности, закономерным распределением разрывных нарушений — путей движения гидротермальных растворов и особенностями рудообразующего процесса — стадийностью накопления сульфидов железа, меди и цинка, пульсационно-прерывистым характером рудообразования, а также последующими метаморфическими преобразованиями руд, носит объективный характер и отражает внутреннее строение колчеданных залежей.

4. Полученные результаты дают новое качественное представление о строении рудных тел месторождений этой генетической группы, будут способствовать более глубокому решению некоторых генетических вопросов, позволят совершенствовать системы разведки месторождений, прогнозировать качество полезных ископаемых в пределах залежей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданова Е. И. и др. Колчеданные месторождения зарубежных стран.— М.: Наука, 1984.—216 с.
2. Бородаевская М. Б., Горжевский Д. И., Кривцов А. И. Колчеданные месторождения мира.— М.: Недра, 1979.—284 с.
3. Грамберг И. С., Краснов С. Г., Айнемер А. И. и др. Гидротермальное сульфидное оруденение в океане // Сов. геология.— 1990.— № 12.— С. 81—91.
4. Заварицкий А. Н. Избранные труды. Т. 1.— М.: АН СССР, 1956.—702 с.
5. Калистов П. Л. Изменчивость оруденения и плотность наблюдений при разведке и опробовании // Сов. геология, 1956. Сб. 53.— С. 118—151.
6. Кривцов А. И., Шишаков В. Б. Распределение меди и цинка в колчеданных месторождениях Урала // Геология рудных месторождений.— 1980.— Т. XXII, № 4.— С. 57—70.
7. Мягков В. Ф. Структурная геометро-статистическая модель строения геологических полей и методика решения геологоразведочных задач // Изв. вузов. Геол. и разведка.—1984.— № 3.— С. 44—58.
8. Овчинников Л. Н., Лутков Р. И. Геохимические типы и зональность колчеданного оруденения Урала.— М.: Наука, 1983.—180 с.
9. Петровская Н. В. О полосчатых текстурах руд Гайского и некоторых других медноколчеданных месторождений Южного Урала // Тр. ЦНИГРИ.— М., 1963, вып. 52.— С. 23—64.

10. Петруха Л. М. Закономерности распределения полезных компонентов в рудных телах медноколчеданных месторождений // Изв. вузов. Горный журнал.— 1991.— № 7.— С. 11—14.
11. Петруха Л. М. Обоснование систем разведки медноколчеданных месторождений // Изв. вузов. Горный журнал.— 1991.— № 9.— С. 19—23.
12. Петруха Л. М. Уровненное строение морфометрических и геохимических полей рудных тел медноколчеданных месторождений // Геологическая синергетика.— Алматы: Мингео СССР, 1991.— С. 64—65.
13. Прокин В. А., Нечехин В. М., Сопко П. Ф. и др. Медноколчеданные месторождения Урала. Геологические условия размещения.— Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985.— 288 с.
14. Прокин В. А., Буслаев Ф. П., Исмагилов М. И. и др. Медноколчеданные месторождения Урала. Геологическое строение.— Свердловск: УрО АН СССР, 1988.— 241 с.
15. Скрипченко Н. С. Гидротермально-осадочные сульфидные руды базальтоидных формаций.— М.: Недра, 1972.— 216 с.
16. Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых.— М.: Недра, 1969.— 685 с.
17. Смирнов В. И., Еремин Н. И. О минерало-геохимической зональности сульфидных рудных тел // Зап. Всес. минер. о-ва, 1976.— Ч. 105. Вып. 5.— С. 598—616.
18. Хиллс Е. Ш. Элементы структурной геологии.— М., 1967.— 480 с.
19. Шахов Ф. Н. Состояние вопроса и направление развития исследований процесса образования рудных столбов // Проблемы образования рудных столбов.— Новосибирск: Наука, 1972.— С. 3—6.
20. Beck R. Lehre von den Erzlagerstätten. Zweiter Band. 1909.
21. Cotta V. Die Lehre von den Erzlagerstätten. Freiberg, 1855.
22. Lindgren W. Mineral Deposits. N. J. 1933.

УДК 551.4+553.981/982(470.1)

С. Л. Княжин

ВЫЯВЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ В СОВРЕМЕННОМ РЕЛЬЕФЕ (На примере Вычегодско-Камского региона)

Первым исследователем, выдвинувшим проблему изучения тектонических структур с использованием морфометрии, стал В. П. Философов [22]. К сожалению, он шел от идеи, а не от изучения проявления конкретных поднятий в современном рельефе. В результате получилась относительно низкая подтверждаемость предложенного метода поисков.

За следующие три с лишним десятилетия структурно-геоморфологические методы развивались очень интенсивно. Предложены десятки различных способов анализа форм рельефа, как по его расчлененности, так и по его деформациям [3, 5, 6, 15, 19, 20, 21]. Есть во многих нефтегазоносных провинциях специалисты-геоморфологи, удачно применяющие отдельные из разработок: В. И. Алексеев [1], Н. Г. Волков [3], В. И. Гридин [4, 6], Л. К. Зятькова [8], Н. П. Костенко, О. Г. Мартынов [19]. Тем не менее единая и достаточно надежная методика структурно-геоморфологических исследований при нефтегазопроисковых работах не отработана. Более того, нет даже определения, что представляет собой структурно-геоморфологическая аномалия.

Морфоструктуры охарактеризованы как «структуры от гигантских до мельчайших, выраженные в рельефе такими формами (макро-, мезо-), которые либо непосредственно передают основные элементы их морфологии, либо позволяют ее восстановить» [19]. Как видим, формулировка полуконкретная, так как «восстанавливать» можно спорными, разными способами.

Автор проводил структурно-геоморфологические исследования в пределах Вычегодско-Камского региона, где большое разнообразие морфогенетических типов структур: от солянокупольных в Притиманье до инверсионных в Сыктывкарско-Казанском прогибе, рифогенных внутри и