

Ю.Н. Николаев, Ю.Н. Сидорина, И.А. Калько, Г.Т. Джеджея

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

119296, Ленинские горы, ГЗ-1; тел. 939-12-73; e-mail: nikolaev@geol.msu.ru

ОЦЕНКА ОЖИДАЕМЫХ СОДЕРЖАНИЙ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ В РУДАХ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ИХ ВТОРИЧНЫМ ОРЕОЛАМ РАССЕЯНИЯ

Оценка ожидаемых содержаний химических элементов в рудах по их содержаниям во вторичных ореолах в геохимических поисках рассматривается в качестве «обратной задачи», которая редко используется на практике, хотя и имеет решение для мощных рудных тел и тел простой формы [4].

В современных условиях инвестиционная привлекательность рудных объектов, с учетом конъюнктуры рынка, определяется не только масштабом запасов полезных ископаемых, но и содержаниями ценных компонентов в рудах. Так, например, в районах с слабо развитой инфраструктурой нижним порогом при разработке медно-порфировых месторождений является 1 усл. % меди, эта цифра периодически может колебаться, но вряд ли измениться в ближайшее время в сторону уменьшения.

С точки зрения теории геохимических поисков штокверки медно-порфировых месторождений относятся к категории «мощных» рудных тел. Обладая крупными размерами, они проявляются на уровне современного эрозионного среза в виде столь же крупных геохимических аномалий Cu, Mo и Au в рыхлом элювио-делювии.

Содержание металлов в формирующемся над рудным штокверком вторичном ореоле (C_x), согласно уравнению Р.И. Дубова [1], прямо пропорционально его содержанию в коренном оруденении (C_p). При относительно равномерных содержаниях главных элементов в рудах ($C_p \rightarrow \text{const}$) базовое уравнение приобретает вид:

$$C_{\max} = C_p \times \Phi(p/\sigma),$$

где Φ – интеграл вероятности от выражения в скобках, p – полумощность рудного тела, σ – коэффициент гипергенного рассеяния.

В идеальном остаточном ореоле «мощного» рудного тела уже при $p/\sigma > 2$ величина C_{\max} очень мало отличается от C_p . Использование теоретически обоснованной пропорциональной зависимости между двумя этими параметрами, с учетом местных значений коэффициента остаточной продуктивности k , дает возможность производить расчеты ожидаемых содержаний в коренном оруденении по формуле: $C_p = C_{\max}/k$ [4].

В результате гипергенных процессов накопления рудных элементов в зависимости от их индивидуальных свойств и местных ландшафтно-геохимических условий в тех или иных горизонтах коры выветривания $k > 1,0$, при их выщелачивания из ореола $k < 1,0$.

Накопление металла в остаточном ореоле относительно коренного оруденения может быть связано с гравитационной дифференциацией минералов по плотности, с повышенной растворимостью порообразующих минералов, с испарительной, биогенной и сорбционной аккумуляцией рудных элементов у дневной поверхности.

Выщелачивание рудных элементов из верхних горизонтов элювио-делювия атмосферными осадками может приводить к ослаблению остаточных ореолов вплоть до их перехода в закрытое состояние ($k = 0$).

На практике для определения коэффициентов остаточной продуктивности проводится опробование полотна канав, вскрывающих рудные тела, и рыхлых образований в их бортах на глубине 15-20 см от поверхности, соответствующей обычной глубине пробоотбора при поисках по вторичным ореолам на открытых территориях [2].

Последующие подсчеты отношений между линейными продуктивностями вторичных ореолов и коренного оруденения позволяют определить коэффициенты остаточной продуктивности рудных элементов.

Имея надежные значения этого параметра для разных ландшафтно-геохимических условий, можно, в каждом конкретном случае, оценить ожидаемые средние содержания элементов в рудах, слагающих «мощные» рудные тела. Решение этой задачи является тривиальным в случае, если на поверхность выходят руды, ценные компоненты которых заключены в устойчивых минералах.

Первичные руды сульфидных месторождений (в том числе медно-порфировых) при выветривании подвержены гипергенным преобразованиям, которые приводят к вертикальной дифференциации элементов в результате формирования зон окисления в близповерхностной части рудных залежей.

Зона окисления может распространяться на глубину от первых до нескольких десятков метров, иногда - до нескольких сотен метров от поверхности. Первичные сульфиды при этом замещаются оксидами, гидроксидами, карбонатами и сульфатами, образуя в приповерхностной части зону выщелачивания. При окислении часть рудных минералов может растворяться водой и при просачивании вниз вновь отлагаться ниже уровня грунтовых вод, образуя зону вторичного сульфидного обогащения.

В условиях длительного развития и благоприятного климата зоны окисления на медно-порфировых месторождениях могут приобретать исключительное экономическое значение, определяя их промышленную ценность. В других случаях они развиты слабо, не представляют промышленного интереса, но при этом способны существенно влиять на прогнозную оценку оруденения на ранних стадиях геологоразведочных работ.

При наличии развитой у поверхности зоны выщелачивания требуется определение дополнительного коэффициента пропорциональности $k_0 = C_{в.р.}/C_{п.р.}$, где $C_{в.р.}$ и $C_{п.р.}$ - средние содержания металла в выщелоченных и в первичных рудах.

С учетом процессов дальнейшего гипергенного перераспределения металлов, происходящих непосредственно в толще рыхлых образований при их механическом и солевом рассеянии, оценка общего коэффициента пропорциональности, отвечающего отношению средних содержаний (продуктивностей) во вторичном ореоле и первичных рудах будет определяться как произведение $K = k_0 \times k$, где k – уже рассмотренный выше коэффициент остаточной продуктивности рудного элемента. Расчет ожидаемых содержаний в коренном оруденении в этом случае будет проводиться по формуле:

$$C_p = C_{max}/K$$

Решение задач по оценке ожидаемых содержаний химических элементов в рудах по их содержаниям во вторичных ореолах рассмотрено ниже на примере Баимского меднорудного района (Чукотка), где с 2009 г. возобновлены геологоразведочные работы с целью подготовки к освоению крупнейших медно-порфировых месторождений России.

Баимский меднорудный район входит в состав Олойской минерагенической зоны. Он включает в себя Cu-Mo-порфировые месторождение Песчанка и проявления Юряхского (на севере), Находкинское и Омчакское (на юге) рудных полей, которые были открыты в конце шестидесятых – начале семидесятых годов прошлого века.

В геологическом строении района принимают участие стратифицированные вулcano-терригенные отложения верхней юры, интрузивные породы Егдыгкического габбро-монцонит-сиенитового массива и субвулканические тела раннемелового возраста.

В раннемеловой этап, связанный с внедрением поздних кварцевых монцонит-порфиров сформировались золото-молибден-медно-порфировые месторождения и эпитеpмальные проявления золото-серебряных руд.

В рудах медно-порфировых месторождений главным минералом является халькопирит, второстепенными - борнит, молибденит, пирит, присутствуют блеклые руды ряда теннантит-тетраэдрит и магнетит.

Жильно-прожилковые зоны с золото-серебряным оруденением развиты в пределах Находкинское рудное поле. В состав ранней полиметаллической ассоциации входят галенит, сфалерит, тетраэдрит; поздней благороднометальной – самородное золото, гессит, петцит, пирсеит, акантит, шютцит. В рудах широко развиты пирит и родохрозит.

Территория района относится к лесотундровым ландшафтам Колымского нагорья. В районе месторождений абсолютные высоты не превышают 800-850 м, а относительные превышения водоразделов над днищами долин составляют в среднем 300 м.

По щелочно-кислотным и окислительно-восстановительным условиям миграции химических элементов развитые на площади ландшафты относятся к двум классам: кислому и кислому глеевому. К кислому классу относятся элементарные ландшафты склонов и водоразделов, покрытые элювиально-делювиальными образованиями. Кислый глеевый класс характерен для нижних частей пологих склонов и долин рек.

Геологоразведочные работы, проведенные в 2010-2013 гг. ООО «ГДК Баимская» на месторождениях Песчанка и Находка позволили заново произвести подсчет запасов и прогнозных ресурсов меди и сопутствующих компонентов. Опережающими геологическими и геохимическими поисками на участках Баимского района в этот период уточнены границы проявлений, выявлены новые потенциальные рудные тела.

Геохимическое изучение зоны гипергенеза на месторождении Песчанка и участках Находкинского рудного поля проводилось по результатам РФА и ICP-OES анализов проб, отобранных из рыхлых образований, полотна канав и керна скважин. Аналитические работы проводились в полевой лаборатории «ГЕОХИМПОИСКИ СВ» и стационарной лаборатории «Стюарт Геокемикл энд Эссей». В работе использована документация керна скважин и полотна канав, выполненная геологической службой «СИБГЕОКОНСАЛТИНГ», и результаты минералогических исследований, проведенных «ГЕОХИМПОИСКАМИ СВ» [2, 3].

Полотно канав, вскрывающих медно-порфировые штокверки и жильно-прожилковые зоны с золото-серебряной минерализацией, были опробовано сплошной бороздой секциями длиной 0,6-2 м. Опробование рыхлых образований проводилось из верхнего слоя бортов канав (почвенный горизонт «В») с глубины 20-30 см с шагом 20 м.

На месторождении Песчанка опробованию были подвергнуты борта 4-х канав: №№ 105, 108, 107, 113. Три из четырех опробованных канав пройдены в южной части, для которой характерно развитие склонов средней крутизны ($10-20^0$). Канава 113 пройдена в северной части с относительно пологими склонами (менее 10^0).

Разрез рыхлых образований на склонах и приводораздельных участках имеет достаточно простое трехчленное строение: в верхней части развит маломощный горизонт «А» (менее 10 см), включающий дернину и грубогумусовый слой, ниже он переходит в плохо выраженный иллювиальный горизонт «В» (10-20 см), представленный щебнистыми супесями и суглинками, скрепленными корневой системой растительности, переходящий в крупнообломочный горизонт «С» с песчано-глинистым заполнителем. В нижних частях склона и на участках сопряжения с речными долинами в составе разреза появляется торфянистый горизонт, возрастает по мощности грубогумусовый горизонт «А», который залегает на глинистом (с присутствием щебня) иллювиальном горизонте «В», постепенно

переходящем в обломочно-щебнисто-глинистый горизонт «С», который по простираению фациально замещается аллювиальными отложениями.

Мощность рыхлых образований в среднем составляет около 2 метров, при выходе в долину она увеличивается до 5 метров и более (северная часть месторождения), что является предпосылкой к формированию здесь ослабленных вторичных ореолов у поверхности и даже их переходу в погребенное состояние.

Расчеты численных значений коэффициентов остаточной продуктивности (k) свидетельствуют о слабом выносе Cu, Ag, Zn ($k < 1$) из профиля выветривания, отсутствии сколь либо существенного «накопления – выноса» Au, As, Mo ($k \approx 1$) и обогащении вторичных ореолов Pb ($k > 1$) в горно-тундровых ландшафтах южной части месторождения (табл. 1). В лесотундровых ландшафтах его северной части развиты ослабленные с поверхности вторичные остаточные ореолы всех рудных элементов ($k < 1$).

Таблица 1

Значения коэффициентов остаточной продуктивности (k) в ландшафтах месторождения
Песчанка

Канавы	Тип ландшафта	Cu	Mo	Au	Ag	As	Pb	Zn
К-107	Склонов средней крутизны	0,74	0,98	1,04	0,81	0,94	2,57	1,07
К-108,105	Средних и нижних частей пологих склонов	0,81	1,33	0,85	0,68	1,05	2,87	0,79
К-113	Нижних частей пологих склонов и сопряженный с долинами водотоков	0,17	0,35	0,33	0,54	0,34	0,22	0,54

На площади Находкинского рудного поля было опробовано семь канав: К-04 и К-05 на участке Находка; К-07, К-08, К-09 – на участке Прямой; К-10, К-11А – на участке Весенний. Канавы пройдены в лесотундровых ландшафтах низких отрогов с плоскими водоразделами и на склонах переменной крутизны, кустарниковой растительностью.

Профили канав на участках преимущественно пологие, с углами склона 2-7° (К-04, К-05, К-09, К-10), на отдельных участках и интервалах канав уклоны более крутые и углы наклона склонов составляют 7-12°, на небольших интервалах – > 15° (К-07, К-08, К-11А). Мощность рыхлых образований по канавам варьирует от 1,5 до 2,7 м, иногда более 3 м.

Согласно расчетам численных значений коэффициентов остаточной продуктивности k из вторичных ореолов над медно-порфиоровыми штокверками на участках Находкинского рудного поля практически во всех обстановках происходит вынос Cu и Zn ($k < 1$), слабое накопление Au, Mo, Pb ($k \geq 1$), более интенсивное накопление Sb ($k > 1$). Контрастно ведет себя Ag, для которого значения $k \gtrsim 1,0$ (табл. 2).

На участках развития золото-серебряного оруденения в верхних частях склонов вторичные ореолы незначительно обогащены золотом $k = 1,2-1,5$ (К-11А). В нижних частях, где скорость перемещения материала падает, начинается высвобождение золота из кварца с формированием делювиальных россыпей, установлено существенное обогащение рыхлых образований: $k = 2,5$ (К-10).

Вторичные ореолы основных элементов-спутников золота (Cu, Ag, Pb, As) слабо обогащены относительно коренного оруденения ($k > 1$) и только Zn характеризуются выносом из профиля выветривания ($k < 1$).

Таблица 2

Значения коэффициентов остаточной продуктивности k в ландшафтах
Находкинского рудного поля

Участок	Канавы	Интервал	Cu	Mo	Au	Ag	As	Sb	Pb	Zn
Находкинское рудное поле										
<i>Медно-молибден-порфировый тип оруденения</i>										
Находка	К-04	280-880	0,57	1,12	1,46	0,73	1,01	0,89	1,38	0,45
	К-05	0-320	0,63	1,10	1,06	1,02	1,01	1,39	-	1,02
Прямой	К-07	360-720	0,56	1,00	1,08	0,78	0,83	1,46	1,06	0,89
	К-09	20-600	0,63	1,00	0,86	0,77	1,16	1,45	1,11	0,89
	К-07	0-280	1,07	-	1,16	1,76	-	-	-	0,87
	К-08	0-120	1,05	1,03	1,13	1,57	1,21	1,25	-	-
<i>Золото-серебряный тип оруденения</i>										
Весенний	К-10	0-200	0,89	1,19	2,57	1,28	1,41	-	1,55	0,47
	К-11А	0-480	1,33	-	1,17	1,12	1,17	-	1,55	0,93
		500-600	1,27	-	1,48	1,00	1,64	-	1,21	0,54

Исходя из результатов опытно-методических работ на месторождении Песчанка и участках Находкинского рудного поля, важнейшей особенностью формирования вторичных остаточных ореолов медно-порфирового оруденения в лесотундровых ландшафтах плоских водоразделов и пологих склонов, доминирующих в Баимском районе, является повсеместно наблюдаемое выщелачивание из рыхлых образований Cu, а также Ag и Zn, достигающее 10-40% от их общего количества в окисленных рудах.

Менее подвижные элементы медных руд, такие как Au, Mo, Pb, As, Sb, в этих условиях либо не подвержены перераспределению, либо характеризуются слабым накоплением во вторичных ореолах ($k=1,0-1,4$). На небольших участках незакрепленных лесотундровой растительностью склонов средней крутизны выщелачивания рудных элементов практически не наблюдается в связи с быстрым обновлением вторичных ореолов рассеяния в результате эрозии (табл. 3).

Наиболее ослабленными в ландшафтах района являются вторичные ореолы нижних частей склонов и их сопряжений с долинами крупных ручьев и небольших рек, занимающих существенную часть территории Баимского района, особенно ее северную часть. Формирующиеся в этих условиях вторичные ореолы Cu и элементов-спутников характеризуется низкими коэффициентами остаточной продуктивности ($k=0,17-0,54$, табл. 3) с тенденцией их перехода в погребенное состояние вследствие перекрытия материалом, поступающим с безрудных частей склонов и по долинам ручьев и рек.

Иные закономерности выявлены при изучении процессов формирования вторичных ореолов над жильно-прожилковыми зонами с золото-серебряным оруденением. В условиях низкого потенциала окисления малосульфидных золото-серебряных руд процессы выщелачивания металлов из вторичных ореолов здесь проявлены слабо, механическая миграция превалирует над солевой и, в полном соответствии с теоретическим представлениями, для всех рудных элементов (за исключением Zn), наблюдается накопление в рыхлых образованиях ($k=1,12-1,57$, табл. 3).

Таблица 3

Средневзвешенные значения коэффициентов остаточной продуктивности k в ландшафтах Баимского рудного района

Характеристика ландшафтов	Cu	Mo	Au	Ag	As	Sb	Pb	Zn
Медно-молибденовое оруденение								
Нижние части пологих склонов и сопряжений с долинами ручьев	0,17	0,35	0,33	0,54	0,34	-	0,22	0,54
Низкие водоразделы, седловины и пологие склоны	0,59	1,06	1,13	0,81	0,98	1,43	1,09	0,92
Средних – нижние части пологих склонов	0,77	1,14	0,96	0,73	0,97	1,33	2,72	0,93
Незакрепленные участки склонов средней крутизны	1,06	1,03	1,14	1,69	1,21	1,25	-	0,87
Золото-серебряное оруденение								
Слабовыпуклых склонов переменной крутизны	1,21	1,19	1,57	1,12	1,46		1,50	0,76

Изучение зоны окисления на месторождении Песчанка и участках Находкинского рудного поля было проведено по данным документации и опробования керн 270 скважин, вскрывающих рудные штокверки с медно-молибденовым и жильно-прожилковые зоны с золото-серебряным оруденением. В распределении содержания меди по скважинам, пересекающим медно-порфировые штокверки на участках Находка, Прямой, Весенний и Песчанка, отмечается наличие в верхних частях разрезов зоны выщелачивания мощностью 10-40 м. На графиках распределений зона выщелачивания выражается в минимуме содержания меди в верхних частях скважин (рис. 1).

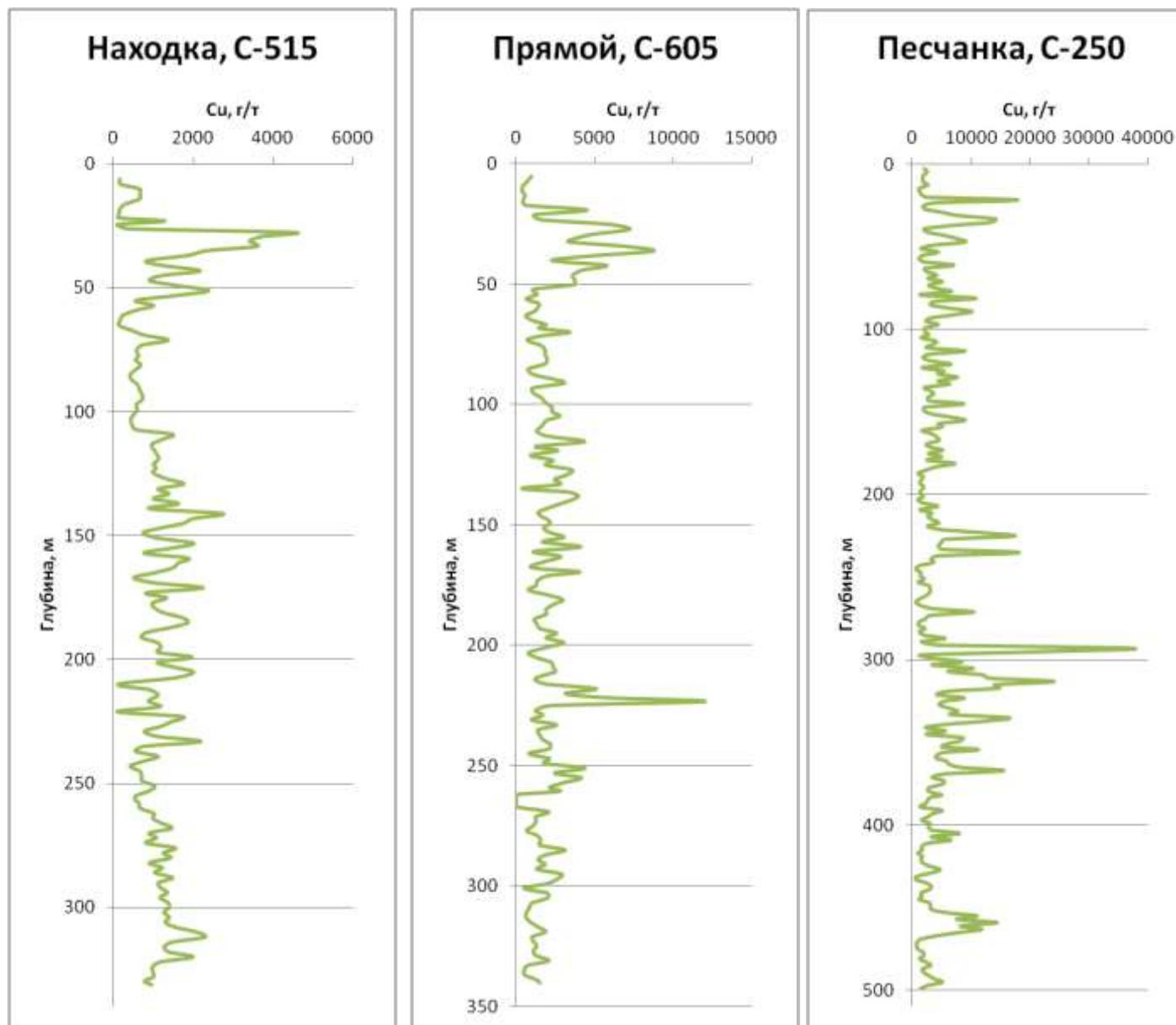


Рис. 1. Изменение содержаний меди с глубиной по скважинам на участках Находкинского рудного поля и месторождении Песчанка

В минералогическом составе она проявляется в широком распространении азурита, малахита, хризоколлы, а также окисленных сульфидов и сульфатов меди (рис. 2).

В разведанных штокверках месторождения Песчанка и Находкинского рудного поля фрагментарно присутствует слабо развитая зона вторичного сульфидного обогащения, представленная ковеллином, халькозином, идаитом, пиритом, самородной медью (рис. 2). Глубже по скважинам наблюдаются сравнительно равномерные содержания меди, соответствующие первичным рудам. Первичные руды представлены халькопиритом и борнитом (рис. 2).

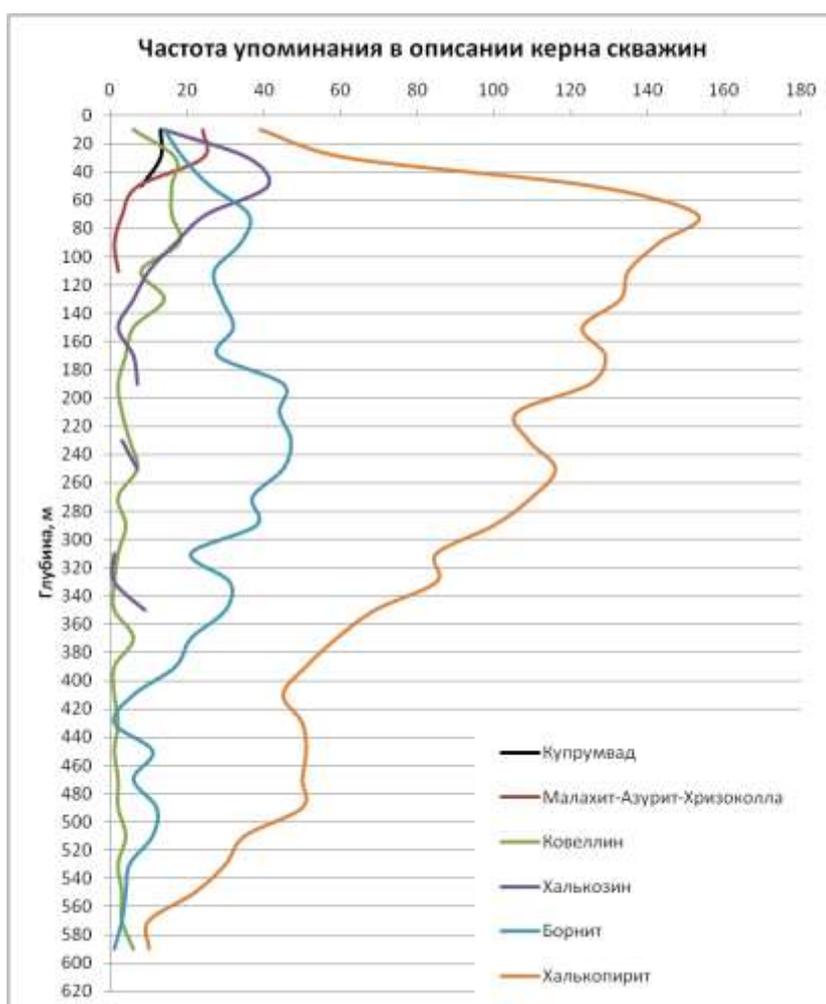


Рис. 2. Распределение первичных и вторичных минералов меди по скважинам на участках Находкинского рудного поля и месторождения Песчанка

Расчеты средних содержаний меди в интервале 0-20 м и их сравнение с содержаниями в первичных рудах показывают, что зона гипергенного выщелачивания распространена на всех рассматриваемых участках развития медно-порфирового оруденения (табл. 4).

Таблица 4

Средние содержания меди в зоне гипергенного выщелачивания и в первичных рудах

Участок	Количество скважин	Средние содержания меди, %	
		В зоне выщелачивания (интервал 0-20 м)	В первичных рудах (интервал 20-200 м)
Песчанка	93	0,23	0,51
III Весенний	14	0,18	0,48
Находка	41	0,09	0,32
Прямой	35	0,12	0,26
Малыш	11	0,03	0,08

По результатам статистической обработки геохимических данных и минералогических наблюдений в керне скважин составлена обобщенная схема минералого-геохимической зональности зоны окисления, развитой в верхней части медно-порфировых штоков до глубины района (рис. 3).

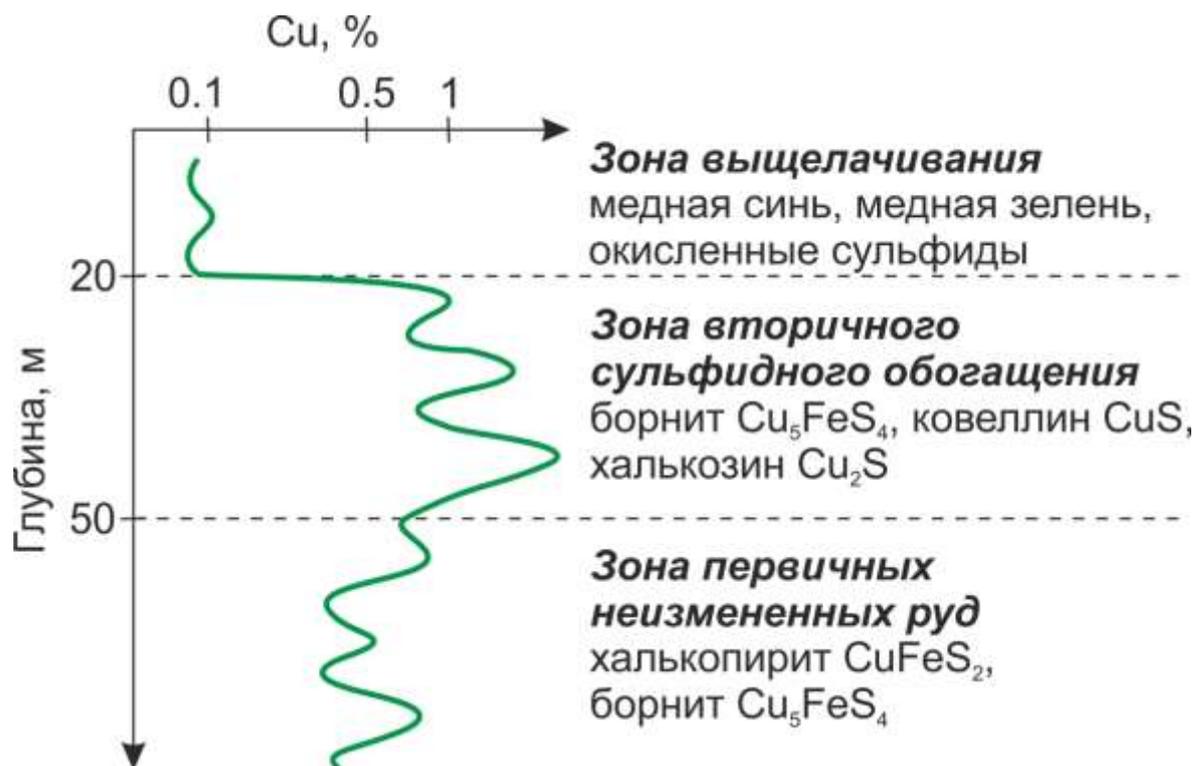


Рис. 3. Обобщенная схема минералого-геохимической зональности зоны окисления медно-порфировых месторождений Баимского района.

Результаты определения k_0 для Cu, Au и Mo по месторождению Песчанка и участкам Находкинского рудного поля для зоны выщелачивания приведены в табл. 5.

Значения коэффициента k_0 для Cu отражают общую для участков развития медно-порфирирового оруденения тенденцию к формированию зон выщелачивания с выносом в среднем более 50% меди из медных руд, вскрываемых на поверхности канавами.

Аналогичные расчеты для золота, которое по минералогическим исследованиям, находится в медных рудах в борните, реже в пирите и халькопирите, а также для молибдена, свидетельствуют о менее значительном, но все же имеющем место их выносе в процессе кислотного выщелачивания из золотосодержащих медно-молибденовых руд.

Таблица 5

Значения коэффициента пропорциональности k_0 между содержаниями главных элементов в зоне выщелачивания и первичных медных рудах Баимского района

Участок	Cu	Au	Mo
Песчанка	0,43	0,82	0,77
III Весенний	0,43	-	-
Находка	0,29	0,74	0,55
Прямой	0,48	0,81	0,72
Малыш	0,50	0,38*	1,13
Весенний (Au-Ag-Cu-Mo)	0,60	0,91	-
Среднее	0,46±0,12	0,82±0,06	0,79±0,21

* – не вошло в подсчет среднего

Вычисленные произведения коэффициентов пропорциональности $K=(k \times k_0) < 1$, характеризующие вертикальную геохимическую дифференциацию в зоне гипергенеза, свидетельствуют об общей направленности процессов миграции основных рудных элементов в сторону их выноса из профиля выветривания над медно-порфирировыми штокверками. Наблюдаемая интенсивность процессов выноса увязывается с современными ландшафтными обстановками и свойствами химических элементов. Она возрастает в соответствии с вертикальной ландшафтной зональностью в последовательности: средние и верхние части склонов средней крутизны → средние и нижние части пологих склонов → низкие водоразделы и седловины → долины рек и их сопряжения со склонами с одновременным уменьшением глубины до зеркала грунтовых вод и ростом общей обводненности разрезов (табл. 6).

Миграционная способность главных химических элементов, оцененная через интенсивность их выноса из профиля выветривания в зоне окисления сульфидных руд, близка к теоретической: $Cu > Au > Mo$. Вопрос о связи современных обстановок с более древними, которые, вероятно, они наследуют, требует дополнительного изучения.

Таблица 6

Значения произведения коэффициентов пропорциональности $K = k \times k_0$ главных элементов медных руд для основных ландшафтных обстановок Баимского района

Медно-порфировое оруденение									
Ландшафтные условия	Cu			Mo			Au		
	k	k_0	K	k	k_0	K	k	k_0	K
Нижние части пологих склонов и сопряжений с долинами ручьев	0,17	0,38	0,06	0,35	0,84	0,29	0,33	0,72	0,24
Низкие водоразделы, седловины и пологие склоны	0,59	0,21	0,11	1,06	0,81	0,86	1,13	0,74	0,84
Средние – нижние части пологих склонов	0,77	0,53	0,38	1,14	0,77	0,88	0,96	0,58	0,56
Склоны средней крутизны	1,06	0,45	0,46	1,03	0,91	0,94	1,14	0,49	0,56

В результате проведенных геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния по сети 200×100 - 100×50 м в рыхлых образованиях на площади Баимского района выделены высокоинтенсивные аномалии Cu, Mo, Au и средне-слабоинтенсивные аномалии Pb, Zn, As, Ag, Sb, Mn, Fe, S, K, Ca, которые соответствуют 26 известным и прогнозируемым медно-порфировым штокверкам (рис. 4).

Штокверковые тела с оруденением медно-порфирового типа в Баимском районе оконтурены по содержаниям меди в рыхлых образованиях, превышающим 0,03%. В контуре аномалий содержания Cu составляют 0,04-0,27%, Mo - 10-100г/т, Au – 0,01-0,3 г/т.

Аномалии Au в рыхлых образованиях имеют более широкий контур по сравнению с аномалиями Cu. Они коррелируют с полями биотит-кварц-калишпатовых и кварц-серицитовых метасоматитов, вмещающих кварц-сульфидные штокверки. По обрамлению штокверков в пропилитах развиты слабоинтенсивные аномалии Pb, Zn, As.

Промышленным рудным телам медно-порфирового типа оруденения соответствуют средние содержания меди в рыхлых образованиях, превышающие 0,1%. При значениях площадной продуктивности 40 тыс. м²% ожидаемые запасы в рудных телах – более 1 млн. т меди. При средних содержаниях золота в рыхлых образованиях над медно-порфировым штокверком 0,05 - 0,1 г/т в рудных телах прогнозируется от 10-30 т до 200 т сопутствующего золота в зависимости от площадей выявляемых аномалий.

Данные по оценке ожидаемых средних содержаний в рудах и прогнозных ресурсов медно-порфировых проявлений (табл. 7), дают представление о потенциале Баимского района и перспективах выявления на его территории новых промышленных рудных тел.

Результаты оценки прогнозных ресурсов меди и ожидаемых содержаний в разведанных штокверках удовлетворительно совпадают с запасами категорий C₁+C₂ и

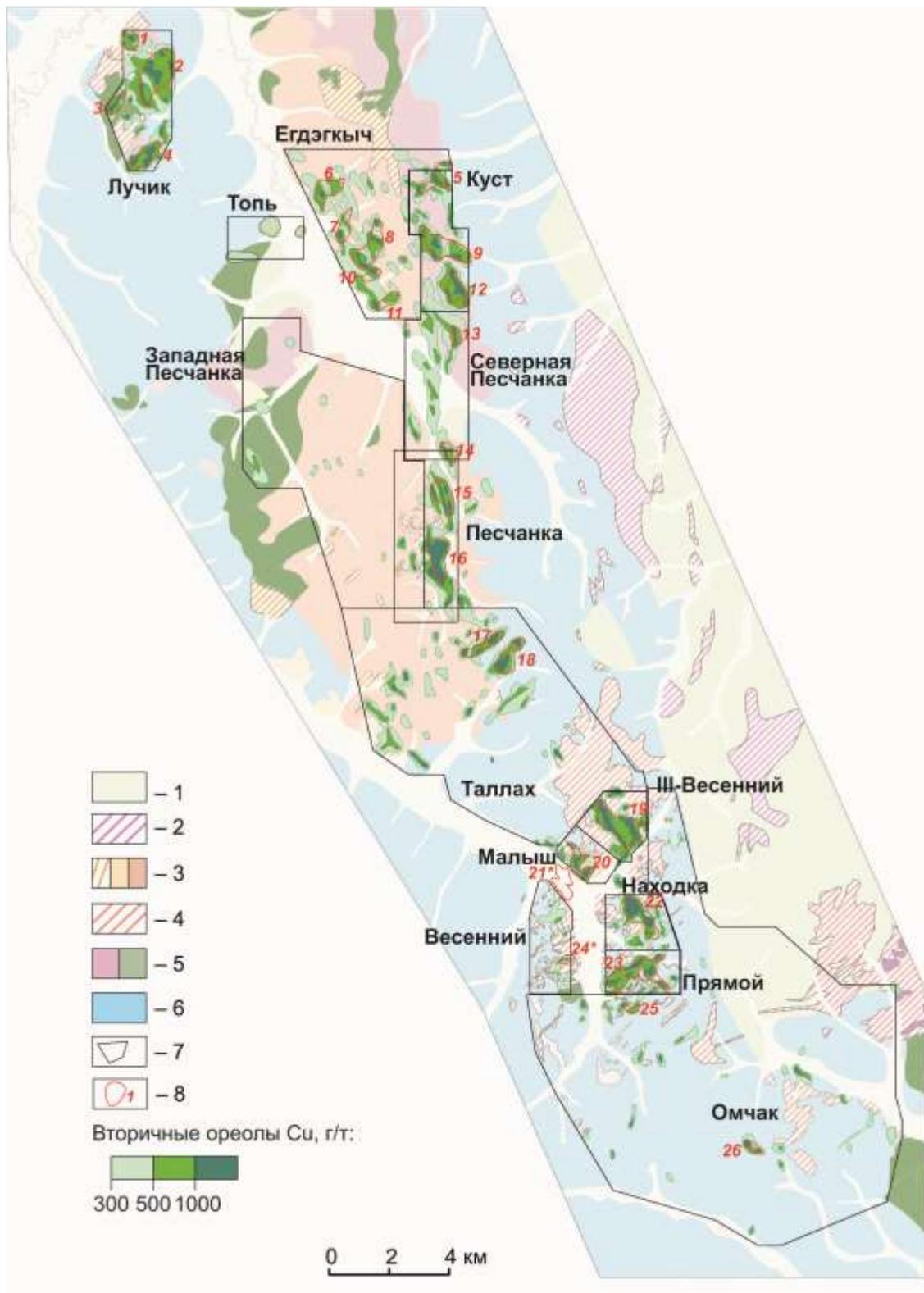


Рис. 4. Вторичные ореолы меди в Байкалском рудном районе. (1 – осадочные образования айнахургинской свиты (K_1), 2 – позднемеловой диоритовый комплекс (K_2), 3 – фазы Егдэгкычского монцодиоритового комплекса (K_1), 4 – диоритовый комплекс (J_3-K_1), 5 – габбро-диоритовый комплекс (J_3), 6 – вулканогенно-осадочные породы (J_3), 7 – участки геохимических съемок по вторичным ореолам, 8 – известные и прогнозируемые $Cu \pm Mo$ порфировые штокверки).

прогнозными ресурсами категории P_1 по месторождению Песчанка (6,68 млн. т), утвержденными в ГКЗ РФ, и минеральными ресурсами по категории Inferred в классификации JORC Находкинского рудного поля (3,1 млн. т) [4].

Полученные данные могут быть использованы при прогнозе медно-порфирового оруденения на ранних стадиях ГРП в горно-тундровых и северо-таежных ландшафтах, занимающих значительную часть территории РФ.

Таблица 7

Ожидаемые средние содержания меди в рудах (C_p) и ее прогнозные ресурсы (Q), рассчитанные по параметрам вторичных ореолов рассеяния в Баимском районе

№	$S_{ан}, км^2$	$C_{в.о}, \%$	K	$C_p, \%$	$P, м^2\%$	Q, тыс. т
1	0,27	0,06	0,24 ¹	0,26	15626	326
2	1,39	0,06	0,24 ¹	0,24	74560	1553
3	0,25	0,07	0,38	0,19	17114	225
4	0,54	0,08	0,24 ¹	0,35	44577	929
5	0,51	0,06	0,24 ¹	0,26	30356	632
6	0,5	0,05	0,38	0,14	28146	370
7	0,32	0,06	0,38	0,16	18104	238
8	0,8	0,06	0,38	0,16	46426	611
9	0,94	0,04	0,24 ¹	0,17	35574	741
10	0,16	0,08	0,38	0,2	13174	173
11	0,25	0,06	0,38	0,16	13960	184
12	0,47	0,05	0,24 ¹	0,19	22432	467
13	0,16	0,06	0,38	0,16	9246	122
14	0,24	0,05	0,38	0,13	11177	147
15	0,53	0,09	0,24 ¹	0,36	44300	1384
16	0,72	0,27	0,38	0,71	162288	5338
17	0,4	0,08	0,38	0,21	30730	404
18	0,54	0,11	0,38	0,29	59114	778
19	1,1	0,11	0,24 ¹	0,45	116635	3645
20	0,46	0,07	0,38	0,18	24029	316
21	0,47	-	0,11	0,15	21965	523
22	0,74	0,12	0,24 ¹	0,49	83586	3483
23	1,01	0,08	0,24 ¹	0,34	75668	2365
24	0,1	0,04	0,06	0,29	9913	826
25	0,11	0,1	0,46	0,21	11236	122
26	0,16	0,07	0,24 ¹	0,31	21442	447
Суммарные прогнозные ресурсы меди (тыс. т) в Баимском районе:						26 350

Примечание: № - номера аномалий Cu на карте (рис.4); $S_{ан}$ – площадь аномалий Cu в км²; $C_{в.о}$ - средние содержания Cu во вторичных ореолах; $K = k \times k_0$ (K-значения коэффициентов приняты согласно табл. 6, K^1 – коэффициент рассчитан как средний для двух сопряженных типов ландшафтов). P – площадная продуктивность меди в аномалиях. Расчеты прогнозных ресурсов по разведанным штокверкам (15, 16, 19, 22, 23) проведены до глубины 300-400 м, по прогнозируемым – до глубины 200 м.

Авторы благодарны руководству ООО «Региональная горнорудная компания» - Генеральному директору Д.Д. Агапитову, его заместителю А. Штенгелову, главному геологу ООО «ГДК Баимская» А.Ф. Читалину за возможность участия в одном из самых амбициозных геологоразведочных проектов России и всестороннюю поддержку при внедрении новых современных технологий в практику поисковых геохимических работ.

Литература:

1. Дубов Р.И. Количественные исследования геохимических полей для поисков рудных месторождений. Новосибирск. Наука. 1974.

2. Николаев Ю.Н., Сидорина Ю.Н., Калько И.А., Аплеталин А.В., Прокофьев В.Ю., Читалин А.Ф. Интерпретация поисковых геохимических данных и прогнозная оценка оруденения в порфирово-эпитермальных системах // В сборнике: Процессы рудообразования и прикладная геохимия – М.: ИМГРЭ, 2013, с. 288-300

3. Николаев Ю.Н., Сидорина Ю.Н., Калько И.А., Аплеталин А.В., Прокофьев В.Ю., Читалин А.Ф. Геохимические поля порфирово-эпитермальных систем, их интерпретация и оценка на основе современных геологических и генетических представлений // Разведка и охрана недр, 2013, № 8, с. 45-50

4. Соловов А. П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1985.

5. Читалин А.Ф., Усенко В.В., Фомичев Е.В. Баимская рудная зона – кластер крупных месторождений цветных и драгоценных металлов на западе Чукотского АО. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013. № 6. С. 68–73.