

УДК 550.42:553.4+553.068.5(571.55)

ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В СКЛОНОВЫХ РОССЫПЯХ ЧИНЕЙСКОГО ПЛУТОНА

© 2004 г. Л. М. Житова, Н. Д. Толстых, В. Г. Цимбалист

Представлено академиком Н.В. Соболевым 15.01.2004 г.

Поступило 30.01.2004 г.

Сульфидные медно-никелевые месторождения в дифференцированных ультрабазит-базитовых плутонах являются важнейшим источником попутной добычи платиноидов, золота и серебра [1]. Выявление закономерностей распределения благороднометалльной минерализации в таких рудах и продуктах их гипергенного изменения весьма важно для достоверного прогноза запасов и перспектив Pt–Cu–Ni-месторождений, а также для установления степени влияния эндогенного и экзогенного факторов концентрирования рудного вещества, сочетание которых приводит к формированию крупных месторождений [2].

На основе изучения морфологических и вещественных особенностей склонов участка Рудный Чинейского плутона впервые выявлены склоновые ореолы благороднометалльной минерализации, в которых залегают продуктивные склоновые россыпи, являющиеся новым и нетрадиционным типом рудных залежей для сульфидных медно-никелевых месторождений. Основанием для обнаружения склоновых россыпей послужили ураганные концентрации благородных металлов, выявленные при бороздовом опробовании канав на северных склонах участка Рудный [3], на порядок превышающие содержания этих элементов по разведочным скважинам. Изучение механизма концентрирования ЭПГ, Au и Ag в склоновых отложениях, а также выявление масштаба этого процесса являются важными аспектами оценки промышленной значимости месторождения и его генезиса.

Участок Рудный (рис. 1) является северо-восточным монцодиоритовым флангом Чинейского расслоенного пироксенит-габбро-анортозитового

плутона, который залегают среди карбонатно-терригенных отложений удоканской серии (PR_{1ud}), перекрывающих фундамент в южном обрамлении Сибирской платформы [4, 5]. С Чинейским плутоном связаны комплексные железо-титан-ванадиевые и медно-сульфидные руды с платинометалльной и золотосеребряной минерализацией. В соответствии с локализацией сульфидного оруденения выделяют эндо- и экзоконтактные руды, концентрация благородных металлов в которых нарастает в направлении пологозалегающего контакта со стороны как магматических, так и вмещающих пород [3–6].

Участок Рудный расположен на водоразделе правых притоков р. Чина и левых притоков р. Катугин Олекма-Ленского бассейна. Вершина водораздела в контуре участка уплощенная, имеет абсолютные высотные отметки 2031.6–2064.4 м. Поверхность вершины обрамлена пологими склонами, которые сменяются крутыми с отчетливо выраженным выпукло-вогнутым профилем. Длина склонов достигает 1.5–2 км. Наибольшую крутизну (до 35°–40°) имеют склоны южной экспозиции и привершинные зоны северных и восточных склонов, которые ниже выполаживаются до 10°–25°. На вершине участка залегают элювий, мощность которого составляет 2–6 м, что установлено по керну разведочных скважин. Элювий сложен супесью, дресвой и мелким щебнем подстилающих пород, его поверхность покрыта плащом курумов, размер обломков которых достигает 0.1–1.5 м.

На склонах участка Рудный контакт монцодиоритов с вмещающими песчаниками и приконтактные сульфидные залежи перекрыты чехлом отложений, неоднородным по составу и размеру обломков (рис. 2). Склоновые отложения представлены обломками монцодиоритов и ороговированных песчаников, мелкая и тонкая фракция представлена дресвой, супесью и глинистым материалом, которые окрашены оксидами и гидроксидами железа. На разных уровнях склонов в участках просачивания на поверхность талых вод наблюдается окрашивание отложений малахитом, азуритом и хризоколлой, что является результатом проявления процессов химического

*Институт геологии
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Новосибирск
Аналитический центр Объединенного института
геологии, геофизики и минералогии
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Новосибирск*

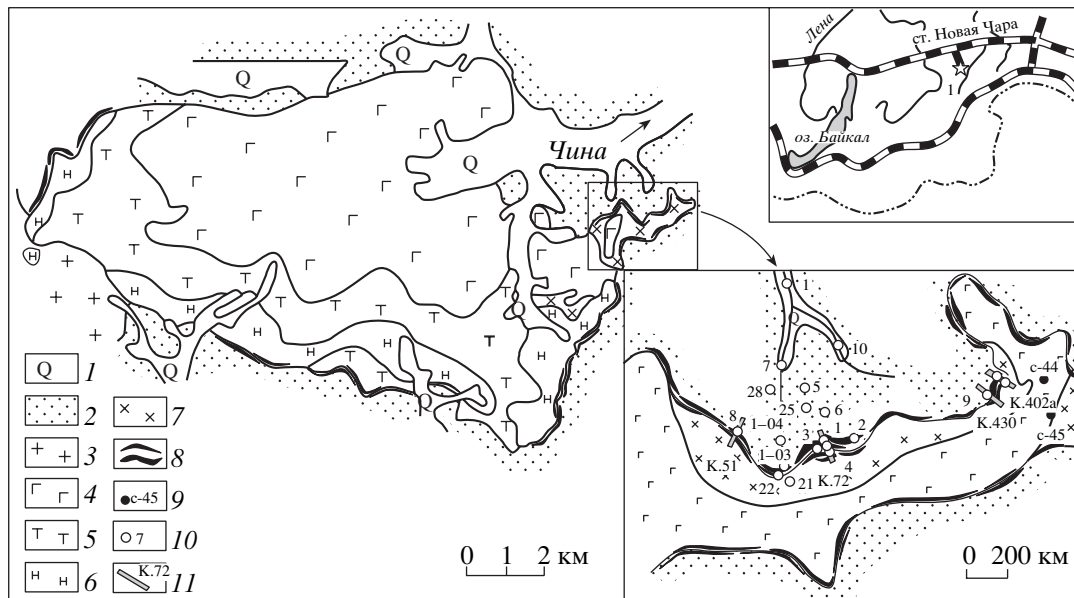


Рис. 1. Схема геологического строения Чинейского плутона. 1 – четвертичные отложения (Q); 2 – вмещающие карбонатно-терригенные породы удоканской серии (PR_{1ud}); 3 – гранитоиды ингамакитского комплекса (PZ₃); Чинейский плутон: 4 – высокотитанистые габброиды; 5 – титаномангнетитовые руды; 6 – низкотитанистые габброиды; 7 – кварцевые диориты и монцодиориты; 8 – сульфидные руды; 9 – разведочная скважина и ее номер; 10 – места отбора проб склоновых отложений; 11 – разведочная канава и ее номер. На верхней врезке – положение Чинейского плутона относительно озера Байкал и Байкало-Амурской магистрали; на нижней врезке – схема отбора проб на участке Рудный.

выветривания. Мощность склонового чехла не превышает 1–2 м в привершинных зонах и увеличивается до 6–8 м в основании склонов, что характерно для высокогорного гольцового рельефа Забайкалья [8].

Анализ морфологии склонов, состава и зональности распределения обломков в чехле свидетельствует о преобладании на участке Рудный склоновых процессов массового медленного движения обломочного материала при незначительной роли делювиального смыва. В ходе этих процессов обломочный материал не только сползает вниз по склону, но и дифференцируется по размеру в вертикальном направлении: на поверхность склона выдавливаются крупные обломки и глыбы, а мелкозем проседает при сезонном оттаивании мерзлых пород. Установлено [8–12], что длительное развитие подобных склонов неизбежно приводит к перераспределению в толще отложений частиц минералов с разным удельным весом, к погружению тяжелых минералов в нижние горизонты склонового чехла.

На северном склоне участка Рудный с глубины до 1 м были отобраны пробы склоновых отложений массой 20–30 кг, состоящие из дресвы, супеси и глинистого материала, часть которых была сконцентрирована до серого шлиха путем отмывки легкой глинистой фракции. Выход шлихового концентрата составил 1.3–2% от начальной массы промытых проб. Анализ содержания благородных и цветных металлов показал более высокие

их концентрации как в склоновых отложениях, так и в шлихах по сравнению с коренными рудами (табл. 1). Максимальные количества Pd (рис. 3) зафиксированы в пробах отложений из верхней части склонового ореола, отобранных непосредственно в канавах ниже контакта, тогда как их содержания выше контакта и в основании склона заметно уменьшаются. При шлиховом обогащении количество Pd в одних случаях увеличивается за счет присутствия в пробах тяжелых минеральных фаз Pd, но в других случаях его содержание уменьшается, что объясняется присутствием сорбционной формы концентрирования Pd в гётите [13], который смывается вместе с легкой фракцией при шлиховании. Концентрация Pt в рыхлых отложениях уступает концентрации Pd, но в результате шлихового обогащения проб содержание Pt в них увеличивается на 1–2 порядка (рис. 3). Металлы Au и Ag также зафиксированы в пробах из склоновой россыпи (рис. 3), их накопление при шлиховом обогащении более заметно проявляется для Au. Концентрация Ag в склоновых отложениях преобладает над содержанием Au в пробах, приближаясь к таковому в экзоконтактовых рудах [5], что, вероятно, свидетельствует о вхождении Ag не только в Au–Ag-сплавы, но и в другие минеральные формы.

Распределение ЭПГ, Au и Ag между эндо- и экзоконтактовыми рудами, а также залегающими на них склоновыми отложениями, полученное по профилю канавы 402а, отчетливо демонстрирует

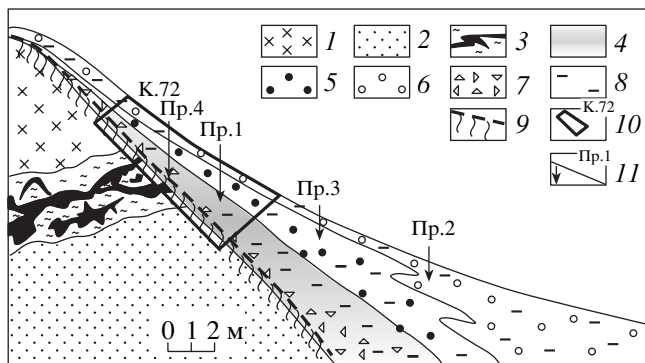


Рис. 2. Схематический разрез чехла склоновых отложений на участке Рудный. 1 – монодиориты и кварцевые диориты; 2 – вмещающие ороговитованные песчаники удоканской серии (PR₁ud); 3 – приконтактный линейный штокверк богатых сульфидных руд; 4–8 – концентрация благородных металлов в склоновых отложениях: 4 – высокие содержания благородных металлов на поверхности и в трещинах разборной скалы, 5 – средние содержания благородных металлов в склоновых отложениях, 6 – низкие содержания благородных металлов в склоновом чехле, 7 – щебень трещиноватых подстилающих пород, 8 – тонкообломочный песчано-глинистый материал склонового чехла (суглинок со щебнем); 9 – поверхность разборной скалы (трещиноватые коренные породы); 10 – контур канала 72; 11 – места отбора проб склоновых отложений.

накопление благородных металлов в глинистой фракции склоновых отложений ниже контакта, превышающее содержание этих металлов в коренных рудах (рис. 4). Принимая во внимание тот факт, что результаты анализов проб, приведенных в табл. 1, характеризуют поверхностные уровни склонового чехла, следует ожидать гораздо более высокие концентрации благородных металлов в глубоких горизонтах россыпи и в трещинах разборной скалы.

Благороднометалльные минеральные ассоциации склоновой россыпи аналогичны ранее выявленным минералам первичных сульфидных руд и руслового аллювия [5–7, 13–15]. В тяжелой фракции склоновых отложений обнаружены сперрилит PtAs₂, Au–Ag-сплавы с содержанием Ag от 14.72 до 75.35 мас. %, а также минералы Pd, в распределении которых в чехле склона обнаружена определенная зональность. Минералы палладия, представленные мертиитом-I Pd₁₁(Sb, As)₄, мертиитом-II Pd₈(Sb, As)₃, садбериитом PdSb, соболевскитом PdBi, майченеритом PdBiTe и неназванной фазой PdBiTe(As, S), установлены только в пробах верхней части склоновой россыпи. Отсутствие этих минералов в пробах из нижней части склона и в русловом аллювии объясняется их слабой физико-химической устойчивостью. Следовательно, в верхней части склонового ореола, приуроченного к приконтактным рудным залежам, Pd концентрируется как в минеральных видах, так и в иных

гипергенных формах, в виде продуктов выветривания первичных палладиевых минералов. Платина, напротив, концентрируется исключительно в форме сперрилита, который является устойчивым к экзогенным процессам.

Сперрилит PtAs₂ обнаружен во всех проанализированных пробах. Его наиболее крупные до 0.8 мм единичные кристаллы встречены в аллювии ручья в основании склона. В пробах из верхней части склона зерна и кристаллы сперрилита являются более мелкими (до 0.2 мм), но их количество в каждой пробе превышает 400 знаков. По результатам микронзондового анализа в сперрилите установлены примеси Pd (до 1.64 мас. %) и Rh (до 0.87 мас. %). Все минералы ЭПГ образуют сростания друг с другом, а также с Au–Ag-сплавами, халькопиритом, арсенидами и сульфоарсенидами Fe, Ni и Co.

В результате проведенных исследований получены следующие выводы:

1. На участке Рудный Чинейского плутона выявлены нетрадиционные залежи благородных металлов в отложениях склоновой россыпи, которая простирается широким шлейфом от вершины до основания северного склона. Ее формирование связано с флювио-гляциальными процессами, которые протекали в чехле при его массовом медленном сползании вниз по склону.

2. Минералы элементов платиновой группы и продукты их экзогенного выветривания, а также Au–Ag-сплавы накапливаются в песчано-глинистом субстрате склонового чехла и заполняют трещины разборной скалы подстилающих горных пород. Максимальные концентрации благородных металлов предположительно сосредоточены в верхней части россыпи, которая приурочена к приконтактным сульфидным залежам первичных руд, и в глубоких ее горизонтах, непосредственно залегающих на поверхности трещиноватых коренных пород.

3. Распределение благороднометалльных минеральных ассоциаций в склоновых отложениях свидетельствует о фациальной неоднородности склоновой россыпи, верхние участки которой обогащены палладиевыми минералами относительно зон в основании склона, где концентрируются минералы платины.

4. Появление ураганных содержаний благородных металлов в канавах на северном склоне участка Рудный связано с совмещением концентраций металлов в рудах и богатых горизонтах склоновой россыпи, рыхлый материал которой, несомненно, был захвачен при бороздовом опробовании.

5. Сочетание эндогенного и экзогенного факторов концентрирования благородных металлов в рудах значительно увеличивает промышленные

Таблица 1. Содержание благородных и цветных металлов в сульфидных рудах и склоновых отложениях участка Рудный Чинейского плутона

№ обр.	Cu	Ni	Co	Pd	Pt	Rh	Au	Ag	Σ ЭПГ	Σ драг. металлов
Эндоконтактовые руды										
45/4.8	0.81	0.125	0.064	0.63	0.06	0.060	0.21	3.0	0.75	3.96
45/17.3	0.51	0.038	0.011	0.65	0.21	0.005	0.09	2.50	0.86	3.45
45/24.8	0.75	0.061	0.016	0.87	0.18	0.010	0.06	3.60	1.06	4.72
44/72.0	0.65	0.091	0.021	0.64	0.11	0.032	0.08	0.53	0.78	1.39
К.402а	1.06	0.059	0.012	0.81	0.14	0.013	0.07	1.50	0.96	2.53
Среднее	0.76	0.075	0.025	0.72	0.14	0.024	0.10	2.23	0.88	3.21
Экзоконтактовые руды										
45/43.3	0.78	0.051	0.029	0.58	0.07	0.030	0.11	2.70	0.68	3.49
44/74.5	1.94	0.094	0.024	1.00	0.22	0.030	0.20	1.1	1.25	2.55
К.402а	2.68	0.049	0.008	7.0	0.43	0.028	0.28	14.1	7.46	21.84
1-03	1.30	0.025	0.005	1.3	0.76	0.038	0.06	1.13	2.10	3.29
1-04	32.0	0.072	0.008	2.34	0.018	0.002	0.17	44.0	2.36	46.53
Среднее	7.74	0.058	0.015	2.44	0.30	0.026	0.16	12.6	2.77	15.54
Склоновые отложения (глинисто-щебнистый материал)										
К.72	7.53	0.045	0.008	6.20	4.10	0.017	0.60	7.3	10.32	18.22
К.51	16.20	0.048	0.010	9.50	0.25	0.060	0.16	40.0	9.81	49.97
К.430	10.60	0.055	0.008	21.00	0.80	0.040	1.20	24.6	21.84	47.64
К.402а экзо	6.8	0.031	0.003	93.0	13.4	0.130	1.92	23.4	106.5	131.8
К.402а эндо	0.52	0.049	0.015	0.44	0.19	0.002	0.06	1.3	0.632	1.99
21	0.65	0.054	0.014	1.16	0.12	0.012	0.26	2.3	1.29	3.85
22	2.59	0.148	0.026	3.42	0.30	0.025	0.14	10.2	3.74	14.08
25	1.09	0.037	0.009	4.76	0.62	0.014	0.07	1.46	5.39	6.92
28	0.27	0.023	0.006	0.20	0.22	0.002	0.03	0.48	0.42	0.932
Среднее	5.14	0.054	0.011	15.52	2.22	0.034	0.49	12.34	17.78	30.60
Русловый аллювий в основании склона (шлиховой концентрат)										
7*	5.38	0.041	0.008	1.30	1.20	0.012	3.20	15.0	2.51	20.71
10*	0.10	0.016	0.012	0.30	0.01	0.005	0.01	1.70	0.31	2.02
1*	0.21	0.018	0.010	0.75	0.35	0.002	6.10	13.0	1.10	20.20
Среднее	1.90	0.025	0.010	0.78	0.52	0.006	3.10	9.9	1.31	14.31
Тяжелая фракция склоновых отложений (шлиховой концентрат)										
4*(К.72)	43.80	0.073	0.009	19.00	22.20	0.240	3.80	46.0	41.44	91.24
1*(К.72)	1.32	0.023	0.005	5.70	13.80	0.140	1.20	12.6	19.64	33.44
8*(К.51)	0.44	0.030	0.009	0.70	1.20	0.024	2.30	3.3	1.92	7.52
9*(К.430)	2.68	0.025	0.008	1.20	0.04	0.016	0.15	10.90	1.25	12.30
21*	0.54	0.040	0.012	1.89	0.90	0.019	0.19	1.3	2.80	4.29
22*	1.70	0.091	0.032	22.4	43.0	0.120	0.25	13.0	65.52	78.77
25*	2.09	0.046	0.014	12.0	128.0	0.260	15.0	22.3	140.3	177.6
28*	0.61	0.023	0.008	6.63	42.0	0.044	0.95	4.70	48.67	54.32
2*	1.50	0.022	0.010	1.80	4.80	0.200	0.50	9.80	6.8	17.1
3*	2.37	0.034	0.010	3.60	19.10	0.020	0.40	11.60	22.72	34.72
5*	1.38	0.068	0.021	3.60	1.70	0.140	0.10	4.40	5.44	9.94
6*	1.05	0.043	0.012	1.10	1.60	0.012	0.60	3.60	2.71	6.91
Среднее	4.96	0.043	0.013	6.64	23.2	0.10	2.12	12.0	29.93	44.01

Примечание. Анализы выполнены в Аналитическом центре ОИГМ СО РАН, аналитик В.Г. Цимбалист (атомно-абсорбционный анализ содержания благородных и цветных металлов). Содержания Cu, Ni, Co приведены в мас. %, благородных металлов – в г/т. Звездочкой отмечены содержания компонентов в шлихах (тяжелой фракции склоновых отложений). Σ ЭПГ – (Pd + Pt + Rh); Σ драг. металлов – (Pd + Pt + Rh + Au + Ag).

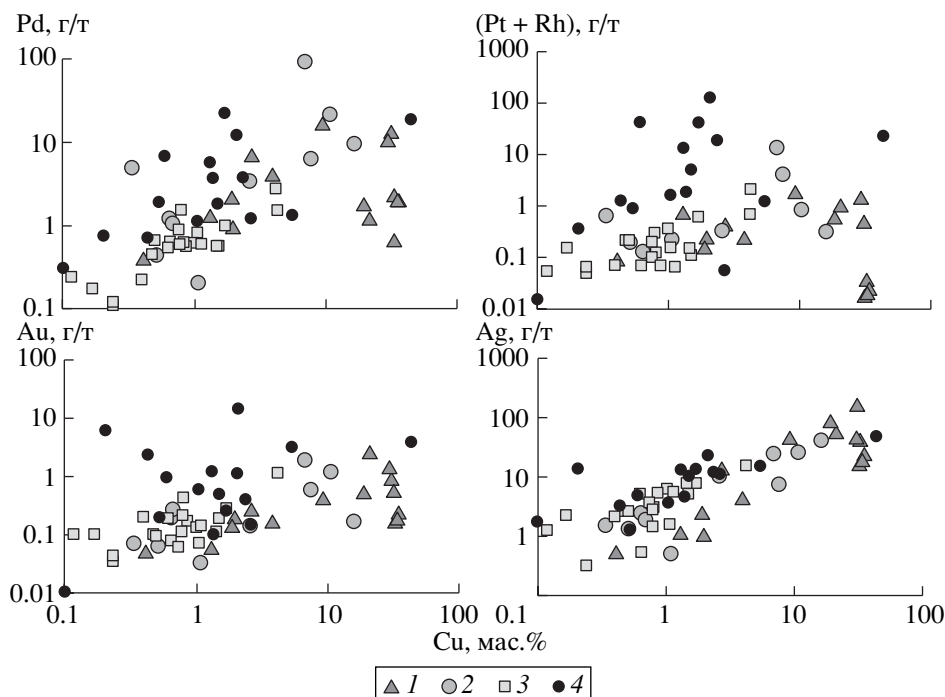


Рис. 3. Соотношение содержаний благородных металлов и меди в рудах и склоновых отложениях Чинейского плутона. В построении диаграммы использованы данные табл. 1 и [5]. 1 – экзоконтактовые руды; 2 – склоновые отложения; 3 – эндоконтактовые руды; 4 – тяжелая фракция склоновых отложений (шлиховой концентрат).

перспективы Чинейского месторождения, делая его более привлекательным для отработки.

6. Обнаружение аналогичных склоновых россыпей благородных металлов возможно на других участках Чинейского плутона, а также на сходных по геологическому строению и вещественному составу объектах, которые подверглись денудации в похожих орогенно-климатических условиях.

Авторы искренне признательны за дискуссии и критику при обсуждении рукописи чл.-корр. РАН Г.В. Полякову, докторам геол.-мин. наук

А.П. Кривенко, В.Н. Шарипову, А.С. Борисенко, Г.В. Нестеренко, И.С. Новикову и А.Э. Изоху.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов 6.2.2. “Условия образования и перспективы обнаружения крупных и уникальных месторождений металлов платиновой группы в Сибири” и 6.4.1. “Наноминералогия благородных металлов: структура, состав, технология, аналитика (по экспериментальным данным и природным данным)”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Додин Д.А., Чернышев Н.М., Дюжиков О.А. и др. Платина России: Проблемы развития сырьевой базы платиновых металлов. М.: Геоинформмарк, 1994. С. 5–17.
2. Маракушев А.А., Панеях Н.А., Русинов В.Л. и др. // Геология руд. месторождений. 1998. Т. 40. № 3. С. 236–255.
3. Татаринов А.В., Яловик Л.И., Четкин В.С., Дерябин Ю.А. В кн.: Вещественный состав и обогащение руд и россыпей Восточного Забайкалья. Чита: Поиск, 2001. С. 148–191.
4. Лебедев А.П. Чинейский габбро-анортозитовый плутон (Восточная Сибирь) // Тр. ИГЕМ АН СССР. 1962. В. 80. 100 с.
5. Гонгальский Б.И., Криволицкая Н.А. Чинейский расслоенный плутон. Новосибирск: Наука, 1993. 184 с.

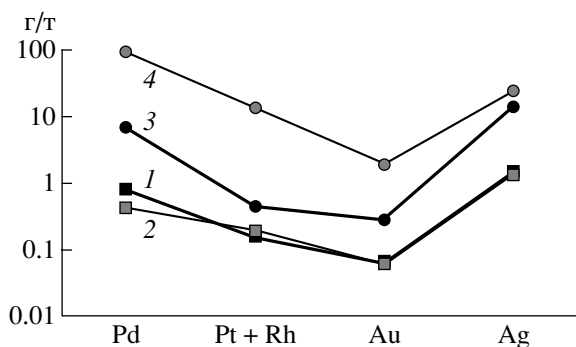


Рис. 4. Распределение концентраций благородных металлов (БМ) по профилю канавы 402а. 1, 2 – эндоконтакт: 1 – руды, 2 – склоновые отложения; 3, 4 – экзоконтакт: 3 – руды, 4 – склоновые отложения.

6. *Богнибов В.И., Кривенко А.П., Изох А.Э. и др.* Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов юга Сибири. Новосибирск: Наука, 1995. 151 с.
7. *Гонгальский Б.И., Криволицкая Н.А.* Платина России. М.: Геоинформмарк, 1999. Т. 4. С. 30–40.
8. *Воскресенский С.С.* Динамическая геоморфология. Формирование склонов. М.: Изд-во МГУ, 1971. 230 с.
9. *Воскресенский С.С.* Геоморфология россыпей. М.: Изд-во МГУ, 1985. 208 с.
10. *Нестеренко Г.В.* Происхождение россыпных месторождений. Новосибирск: Наука, 1977. 312 с.
11. *Новиков И.С., Дак А.И.* // Геоморфология. 1999. № 4. С. 92–99.
12. *Тихонов П.С., Горяинова Л.Н., Матвеева Л.Ф.* Перспективы развития золотодобычи в Забайкалье. Чита, 2003. С. 93–94.
13. *Tolstykh N.D., Krivenko A.P., Lavrentév Yu.G., Korolyuk V.N.* // Eur. J. Miner. 2000. V. 12. P. 431–440.
14. *Кривенко А.П., Изох А.Э., Толстых Н.Д., Гонгальский Б.И.* // ДАН. 1995. Т. 342. № 5. С. 640–643.
15. *Толстых Н.Д., Кривенко А.П., Пальчик Н.А., Изох А.Э.* // ДАН. 1997. Т. 356. № 5. С. 669–672.