

## ВЛИЯНИЕ ГИПЕРГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РУДНОГО ВЕЩЕСТВА УЧАСТКА КАВКАЗ (БОДАЙБИНСКИЙ РАЙОН, ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В. В. Трухачев

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 1 марта 2011 г.

**Аннотация.** Впервые рассмотрены гипергенные изменения осадочно-метаморфических пород бодайбинской подсерии рифея и особенности поведения золота при этих процессах. Установлено наличие зоны окисления, где происходит некоторая концентрация золота и очищение его частиц от примесей.

**Ключевые слова:** золото, гипергенез, кора выветривания, зоны окисления, рифей.

**Abstract.** For the first time are considered hypergene changes of sedimental-metamorphic rocks of badajbinsky riphei subseria and features behaviour gold at these processes. Is shown presence of oxidation zones where there is some concentration of gold and clarification of its particles from impurity.

**Key words:** gold, hypergenesis, aeration bark, oxidation zones, riphei

Бодайбинский золотоносный район находится в центре Ленской золотоносной субпровинции Забайкалья, где в пределах Бодайбинского синклинория были открыты знаменитое месторождение Сухой Лог, а также ряд рудопроявлений, локализованные среди черных сланцев, одним из которых является Васильевское рудное поле, где располагается участок Кавказ (рис. 1). В нем интерес представляют зоны трещиноватости и рассланцевания с кварцево-жильной золоторудной минерализацией. Участок сложен метапесчаниками и метагравелитами бодайбинской подсерии патомской серии верхнего протерозоя, в которых имеются прослои филлитов с сульфидной и кварц-сульфидной минерализацией. В породах имеются зоны окварцевания, представляющие жильные тела и штокверки, их мощность достигает 100 м, протяженность – 650 м. Эти образования принадлежат к мезотермальному, малосульфидному кварцевому и альбит-кварцевому типам. В них помимо преобладающего кварца и менее развитого альбита (от 0 до 25–40 %) присутствуют халцедон, мусковит (от 0 до 5–7 %), хлорит, серицит, амфибол (< 1 %), пирит и гидроокислы железа.

Жильные тела разбиты перекрестными системами микротрещин с развивающимися более поздними трещинами и микрозонами брекчирования, в которых происходит локализация зерен самородного золота. В пределах участка Кавказ, золотоносность развивается по кварцевым жилам,

которые проходят как по терригенным породам, так и по филлитовым зонам (рис. 2).

Всё разнообразие минеральных ассоциаций с признаками сульфидной минерализации можно разделить на 5 типов: 1 – кварцевый, 2 – кварц-амфиболовый, 3 – кварц-мусковитовый, 4 – кварцевый с незначительным содержанием альбита, 5 – кварц-альбитовый, причём в последних трёх типах присутствуют переменные концентрации хлорита. Наиболее продуктивными в отношении первичной золоторудной минерализации являются кварц-мусковитовая (кварц-серицитовая) и кварц-альбитовые ассоциации, содержащие переменные количества мусковита (серицита) и хлорита.

На участке Кавказ встречается золото двух типов: связанное с метасоматическими и гипергенными процессами. Последние выражены в виде образования маломощных кор выветривания и зон окисления сульфидов по зонам дробления и трещиноватости.

*Коры выветривания.* Исходные породы участка Кавказ сложены серыми мелко-среднезернистыми метаалевролитами, тонко- и среднезернистыми метапесчаниками, обломочная фракция которых представлена кварцем, плагиоклазом, калиевым полевым шпатом, мусковитом и редко – биотитом. Цементирующая масса состоит из тонкозернистого материала с переменными содержаниями карбоната, серицита, гидрослюды, хлорита и тонкодисперсного углеродистого вещества.

Выветрелые породы мощностью в первые метры приобретают светло-бурую окраску, увели-

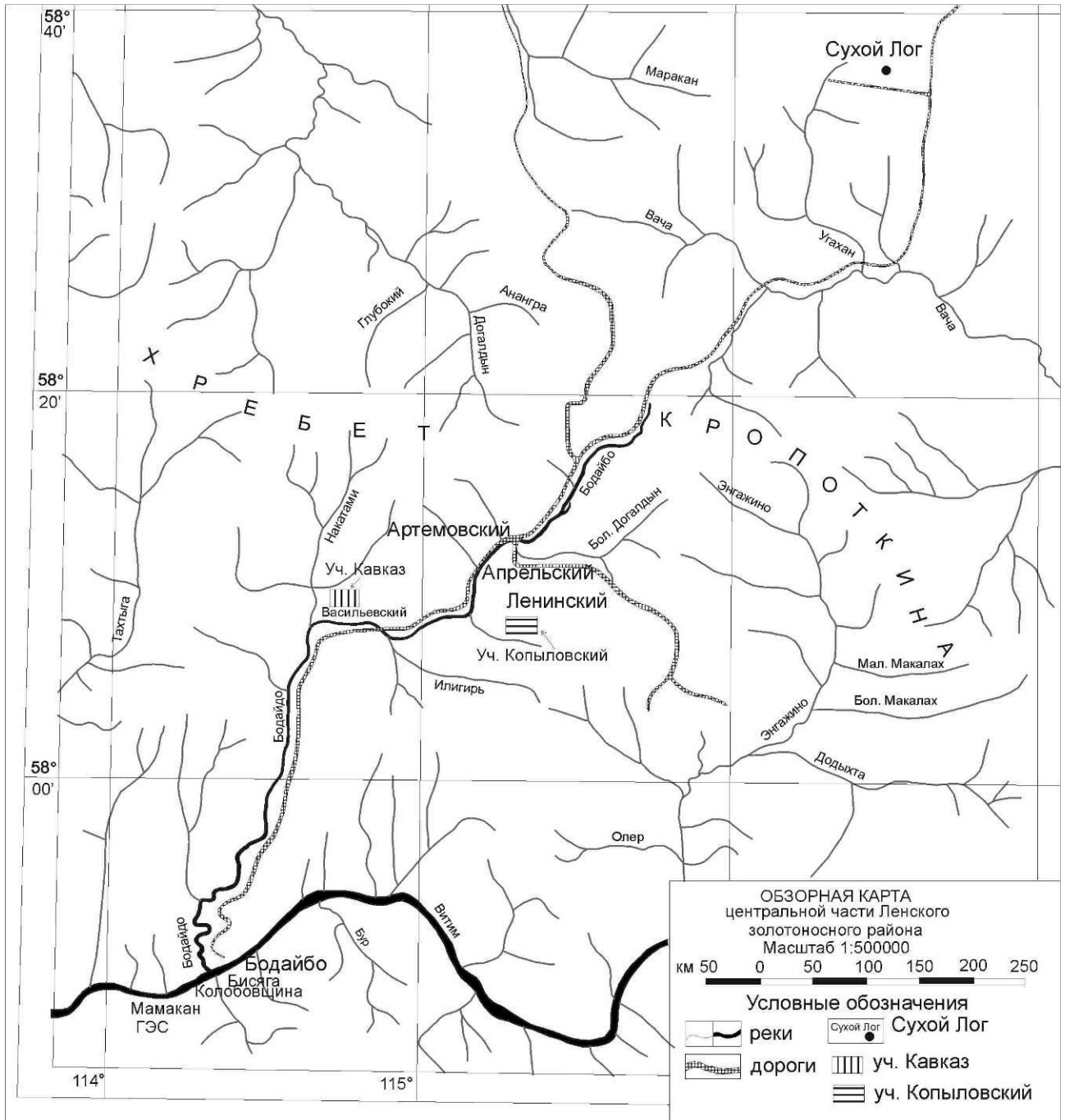


Рис. 1. Обзорная карта центральной части Ленского золотосного района [1]

чивается их пористость, уменьшается прочность. По данным химических анализов в них в два-три раза снижаются содержания MgO и CaO, почти в два раза увеличивается количество железа (таблица). А вот содержания Na в выветрелых породах почти не изменяются по сравнению с материнскими образованиями. Это связано с тем, что он входит в состав альбита, наиболее устойчивого среди полевых шпатов в гипергенезе. Поведение K трудно выявить в связи с резкими скачками содержаний слюд в материнских породах. Вместе с

тем, наличие гидрослюд указывает на вынос этого элемента при гидролизе и его замещение гидроксидом в структуре слюд.

В зоне выветривания многие зерна полевого шпата начинают замещаться пелитовой массой (каолинит) и, в первую очередь, микроклина, что служит диагностическим признаком для его определения. Разлагаются также амфиболы. Массовое развитие приобретают гидрослюды [2, с. 294–300], под микроскопом отличающиеся от слюд пониженными цветами интерференции. Пирит почти

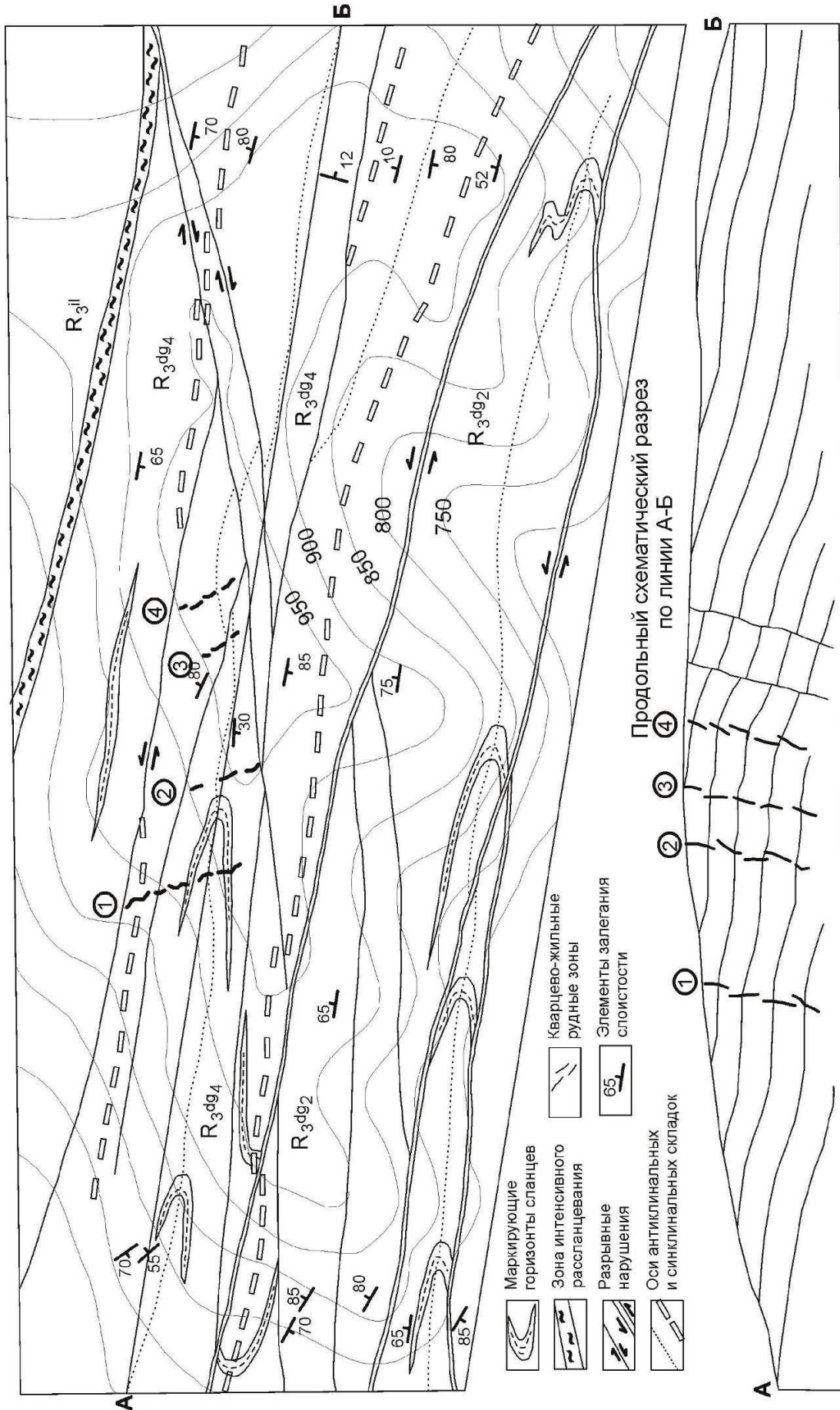


Рис 2. Структурная схема участка Кавказ Васильевского рудного поля. Цифрами в кружках показаны продуктивные зоны золотой минерализации [1]

Таблица

Результаты химического анализа проб основных разновидностей вмещающих пород участка Кавказ

Порода	№ проб	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	Ппп	Σ
Метапесчаник	К-105А-5	3,28	3,01	12,42	65,20	0,15	0,46	4,04	0,79	0,11	6,08	0,01	4,21	99,77
Метапесчаник	К-105А-4	2,95	2,70	11,74	62,60	0,11	0,62	3,70	0,66	0,09	5,61	0,02	8,54	99,34
Метапесчаник	К-5033	3,12	3,69	13,55	59,76	0,15	0,84	2,45	0,83	0,10	10,53	0,02	5,05	100,10
Метапесчаник (ал)*	К-503-1	2,85	0,65	19,44	53,25	0,16	4,28	0,45	1,11	0,19	11,64	0,10	5,75	99,88
Метапесчаник (м/з)*	К-503-8	3,44	0,25	13,81	70,64	0,12	1,28	0,35	0,70	0,13	6,41	0,03	2,71	99,88
Метапесчаник	К-105А-2	3,64	4,53	16,60	58,74	0,21	0,96	0,53	1,10	0,10	8,83	0,03	4,33	99,60

Примечание: аналитик Н. М. Глухова, Институт геологии и минералогии СО РАН) [3]. Список сокращений: ал – алевритовый, м/з – мелкозернистый, Ппп – потеря при прокаливании, \* – окисленная порода.

полностью окисляется и замещается гидроокислами железа.

Зоны окисления тяготеют к участкам дробления и трещиноватости пород с повышенными содержаниями сульфидов, преимущественно пирита. Мощности окисленных пород заметно больше, чем во вмещающих образованиях. При этом выделяются подзоны, сменяющие друг друга сверху вниз:

а) подзона аэрации, где происходили процессы окисления и верхняя часть которой попадает в область воздействия атмосферного кислорода, углекислоты и дождевых вод [4]. Рудные минералы этой подзоны претерпели сильное окисление, в результате чего образовались вторичные оксиды и гидрооксиды железа. Растворы при разложении пирита обогащались сульфатами просачивались глубже, где происходило выщелачивание сульфидов и вынос металлов высококислыми растворами-электролитами. Породы этой зоны весьма ожелезнены, окрашены в бурый цвет, обогащены окислами и гидроокислами железа. В зоне аэрации происходит как высвобождение тонкодисперсного золота из сульфидов [5, с. 63; 6], возникших в результате гидротермальных процессов, так и формирование его более крупных новообразованных частиц (рис. 3). Содержание золота составляет 0,1–3,9 г/т [1];

б) подзона вторичного сульфидного обогащения располагается ниже уровня грунтовых вод. Поступление свободного кислорода из верхней подзоны блокируется и происходит частичное

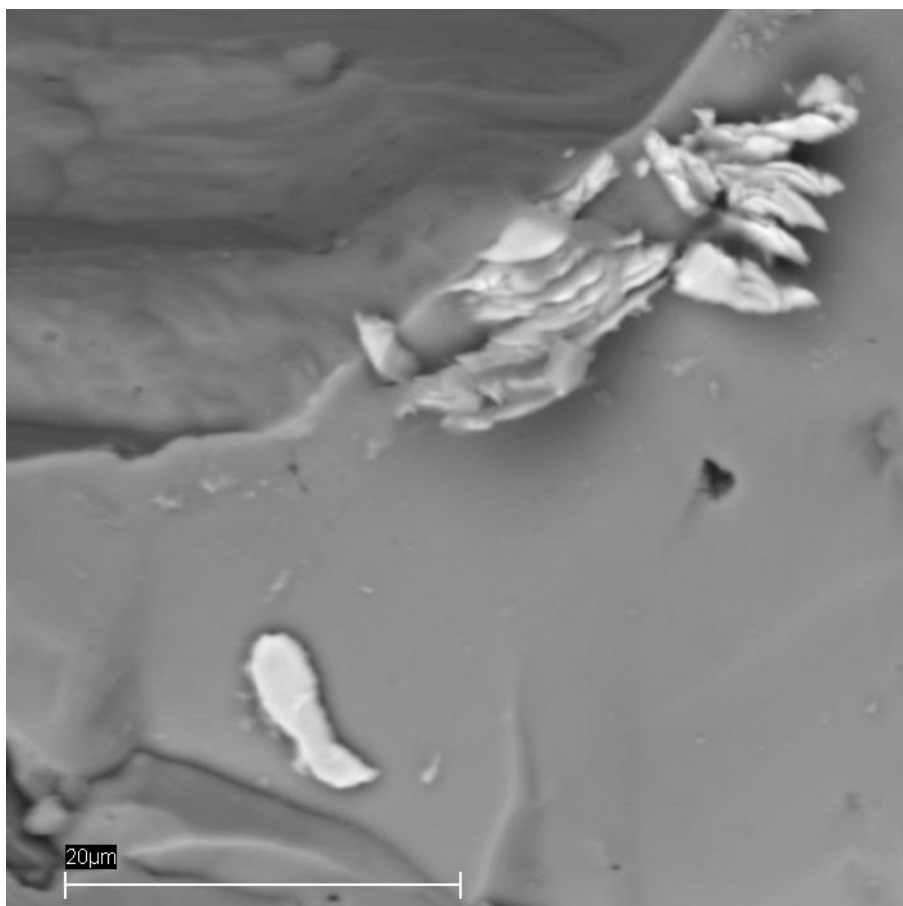
восстановление сульфатной серы в сульфидную. При этом характерно замещение первичных сульфидов вторичными. На поверхности пирита в дефектных участках можно обнаружить кристаллические налеты самородной меди и цинка (рис. 4), которые являются индикаторами фациальных уровней зоны окисления, возникающих в восстановительных условиях [7]. Свободное золото выделяется из растворов в восстановительных условиях. Особо активно этот процесс происходит при фильтрации растворов из верхней зоны аэрации в нижнюю зону сульфидного обогащения, где сосредоточена основная масса выделяющегося золота [8, с. 327], которое является высокопробным и очищенным от элементов-примесей. Золотины обычно мелкие, микроскопические и субмикроскопические. Осадителями золота из гипергенных растворов, могут служить реликтовые выделения свободного Au, для чего характерно появление камер высокопробного золота (рис. 5). Содержание золота составляет порядка 7,6–9,3 г/т;

в) зона застойных вод. Характеризуется отсутствием окислительных процессов. Руды здесь сохранили свой первоначальный облик.

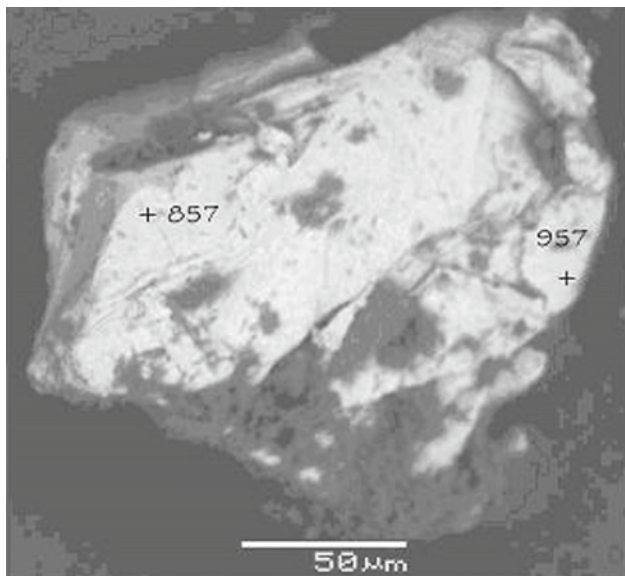
*Выводы.* Золотоносность участка Кавказ связана не только с гидротермальными, но и с экзогенными процессами. Последние представлены маломощными корами выветривания и зонами окисления сульфидов, которые сыграли очень заметную роль в преобразовании вмещающих пород и мобилизации рудного вещества. Рассмотренные сульфиды в пределах участка Кавказ,



**Рис. 3.** Тонкодисперсная вкрапленность зерен самородного золота (от долей  $\mu\text{m}$  до  $2 \mu\text{m}$ ) во вторичном агрегате, состоящем из гидроокислов железа (проба 220409). [Минералого-геохимические исследования Лапухова, 2010 г.]



**Рис. 4.** Нарастание агрегатов самородной меди и цинкита (светлое) на поверхности кристалла пирита (проба 220409). [Минералого-геохимические исследования золоторудного месторождения Кавказ, Лапухов, 2010 г.]



**Рис. 5.** Золото кристаллической формы, край которого подвергся гипергенной очистке. Цифрами показана пробность (обр. № 271-16). [Минералого-геохимические исследования золоторудного месторождения Кавказ, Лапухов, 2010 г.]

можно отнести к различным уровням зоны окисления, что объясняет наличие корродированного и некорродированного пирита. Основная масса золота сосредоточена в зоне вторичного сульфидного обогащения. Здесь золотые агрегаты проходят гипергенную самоочистку, что выражается в наличии высокопробных каёмки в пределах одного агрегата.

*Воронежский государственный университет*  
В. В. Трухачев, аспирант кафедры исторической геологии и палеонтологии  
trukhachevvv@mail.ru  
Тел. 8 (473) 271-76-94

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о результатах поисково-оценочных работ на рудное золото в пределах участка Кавказ (за 1982–1984 гг.) Т. I (фондовые материалы).
2. Калинин Ю. А. Прогнозно-поисковые критерии золотоносных кор выветривания юга Сибири. Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения / Ю. А. Калинин, Н. А. Росляков. – Новосибирск, 2010.
3. Минералого-геохимические исследования золоторудного месторождения Кавказ, Лапухов, Новосибирск, 2010. – 12 с. (фондовые материалы).
4. Булах А. Г. Общая минералогия / А. Г. Булах. – СПб., 1999.
5. Артеева Т. А. Минералогия золота кор выветривания хребта Манитаньрд (Полярный урал). Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения / Т. А. Артеева. – Новосибирск, 2010.
6. Кряжев С. Г. Парагенезисы золота с сульфидами в черных сланцах Сухоложского рудного района : материалы Всероссийской конференции «Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи пикладных исследований» / С. Г. Кряжев, Г. Б. Ганжа, С. С. Двуреченская. – 2010. – т. I.
7. Чертко Н. К. Геохимия и экология химических элементов / Н. К. Чертко, Э. Н. Чертко. – Минск : Издательский центр БГУ, 2008.
8. Колпаков В. В. Типоморфизм самородного золота Федоровского месторождения (Кузнецкий Алатау). Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения / В. В. Колпаков. – Новосибирск, 2010.

*Voronezh State University*  
V. V. Trukhachev, the post graduate student, Chair of Historical Geology and Paleontology  
trukhachevvv@mail.ru  
Tel. 8 (473) 271-76-94