

Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет



НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

***ЛОМОНОСОВСКИЕ  
ЧТЕНИЯ***

***СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ***

***Подсекция  
геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых***

Руководитель – зав. кафедрой, профессор Старостин В.И.

СБОРНИК  
ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Москва  
2024

## Содержание:

1. Рудные провинции как очаги землетрясений В.И.Старостин . . . . .	2
2. Естественные ограничения на использование редких металлов в новых энергетических технологиях А.Л. Дергачев, Е.М. Шемякина . . . . .	3
3. Новые данные о бактериальной природе железомарганцевых руд Мирового океана В.В. Авдонин, Н.Е. Сергеева, Е.А. Жегалло . . . . .	5
4. Опыт использования лазерного искрового анализатора серии Lazer Z для экспрессного приближенно-количественного определения химического состава пород и руд (на примере кимберлитов Якутии) А.А. Бурмистров, Н.Н. Анисимов . . . . .	7
5. Формирование никеленосных кор выветривания А.А. Борисов, М.А. Богуславский . . . . .	9
6. Месторождение Наседкино (Восточное Забайкалье) М.А. Якушик, Д.М.Коршунов, М.А. Богуславский . . . . .	12
7. Тектоническое положение и палединамические реконструкции Могочинского террейна (Восточное Забайкалье) И.И. Попов, М.А. Богуславский . . . . .	15
8. Минеральный состав и особенности золотого парагенезиса месторождения Наседкино (Забайкальский край) М.А. Богуславский, Е.И. Ярцев, Г.Н.Овсянников . . . . .	17
9. Гидротермальная зональность и оценка эрозионного среза медно-золото-порфириновых месторождений рудного узла Малмыж А.С. Якубчук, Э.И. Хазиахметов . . . . .	20

## РУДНЫЕ ПРОВИНЦИИ КАК ОЧАГИ ЗЕМЛЯТряСЕНИЙ

В. И. Старостин

Представленный в настоящем докладе материал - начало нового подхода к рассмотрению рудообразования, как проявление сейсмичности на геоэлектрохимической основе. Этот вывод сделан на основании работ трех исследователей. В работах И.С. Гольдберга, приведены данные по мобилизации рудообразующих элементов из породообразующих минералов горных пород. Этот процесс происходит в осцилляционном режиме под действием электрической энергии, генерируемой в земной коре при движении гидротермальных растворов.

Работа Gideon Gustavo Alvarez позволила «увидеть» в полученных экспериментальных данных по кинетике электрохимической мобилизации элементов из минералов не случайную осцилляцию, а процесс простых периодических колебаний (SPM), при которых полная энергия системы сохраняется. При этом выделяется энергия, удельная величина которой, соизмерима с удельной энергией сильных землетрясений. Такой процесс дает основание рассматривать очаги землетрясений как устойчивые энергетические центры в геологической истории Земли и центры рудообразования.

Этот вывод хорошо согласуется с процессами рудообразования в металлогенических провинциях, их пространственном положении и временных проявлениях в истории Земли, рассмотренные в работах В.И Старостина по металлогении.

В обобщающем виде эти данные позволяют связывать рудообразование и сейсмичность в единый процесс эволюции геологической среды в истории Земли при участии электрической энергии, генерируемой в земной коре.

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В НОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

А.Л. Дергачев, Е.М. Шемякина

Одной из проблем на пути перехода к низкоуглеродной энергетике в перспективе станет резкое увеличение потребления металлов, необходимых для ветровых установок и фотовольтаики. Найдется не много примеров, когда бы металлы, пользующиеся столь ограниченным распространением в природе, не имеющие равноценных заменителей и с таким трудом поддающиеся повторному использованию после утилизации оборудования в исторически кратчайшие сроки приобретали бы настолько важное значение для развития цивилизации. Именно по этой причине требуют специального анализа связанные с этим новые вызовы.

Потребности в In, Cd, Ge, Te, Se, Ga, оцененные на основе компьютерной модели для сценария IEA 2DS, до 2050 г. превзойдут возможности существующей минерально-сырьевой базы этих элементов. Еще одной проблемой может стать невозможность для горно-металлургического комплекса произвести эти металлы в количестве, достаточном для энергетического перехода. Естественными причинами этого являются, в частности, отсутствие собственных месторождений этих металлов, очень низкие концентрации их в сырьевых материалах и сопряженные с этим трудности их извлечения из руд и вторичного сырья.

Общей особенностью металлов, играющих критически важную роль для развития технологий фотовольтаики, является то, что они получаются только попутно при переработке руд цинка (In, Cd и отчасти Ge), меди (Se, Te) и бокситов (Ga), где их содержания очень низки. Внедрение тонкопленочных солнечных панелей типов CdTe, a-SiGe и SIGS потребовало бы значительного увеличения добычи Cu и Zn сверх уровня их глобального потребления в мировой экономике, даже если бы суммарная доля этих технологий к 2050 г. не превысит 30% установленной мощности солнечной электрогенерации, предусмотренной сценарием IEA 2DS.

Однако стоимость попутных продуктов, заключенных в этих рудах, намного меньше, чем стоимость главных металлов, и масштабы производства In, Cd, Ge, Te, Se, Ga будут определяться не спросом на них, а потребностью в Cu, Zn и Al. Дополнительные риски для успеха альтернативной энергетики создает невозможность для горно-металлургического комплекса при нынешнем уровне технологий обеспечить необходимый масштаб попутной добычи этих металлов из медных и цинковых руд, без разбалансирования рынка, сокращения промышленных запасов и падения цен на главные металлы (Cu и Zn).

Одним из следствий расширенного использования солнечных панелей на основе CdTe и связанного с этим неизбежного увеличения предложения Cu сверх спроса на нее явится также перепроизводство экологически небезопасного As. С другой стороны, менее острой станет проблема перепроизводства Cd, избыток которого на рынке возникнет при увеличении добычи цинковых руд для извлечения In и Ge, необходимых для солнечных панелей типов CIGS и a-SiGe.

В истории развития цветной металлургии сквозное извлечение всех попутных компонентов медных и цинковых руд, особенно Ge и Te, всегда было низким. С одной стороны это означает, что существуют перспективы повышения сквозного извлечения первичных металлов из руд, хотя это и потребует времени, разработки рентабельных технологий более полного попутного извлечения Se, Te, Cd, Ga, Ge, In из руд и больших капитальных вложений. С другой стороны использование накопившихся за многие десятилетия отходов металлургического производства позволило бы несколько уменьшить нагрузку на недра и снизить остроту проблемы перепроизводства главных металлов. Этим же целям служит расширенное использование альтернативных источников сырья, получение металлов из которых не связано с производством Cu и Zn (зола уноса угольных электростанций для Ge, руды золото-теллуридных месторождений для Te и т.д.).

НОВЫЕ ДАННЫЕ О БАКТЕРИАЛЬНОЙ ПРИРОДЕ  
ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ РУД МИРОВОГО ОКЕАНА  
В.В. Авдонин, Н.Е.Сергеева, Е.А. Жегалло (ПИН РАН)

Оксидные железомарганцевые руды океанского дна представлены формациями железомарганцевых конкреций (ЖМК) и кобальтоносных корок (КМК). Конкреционные руды в виде скоплений округлых стяжений полупогруженных в рыхлый осадок усеивают океанское дно на обширных площадях глубоководных абиссальных котловин. Кобальтоносные корки образуют сплошные покровы, облегающие выходы коренных пород на склонах подводных гор. По составу корки близки конкрециям, но отличаются выдержанной стратификацией (рис. 1).

С момента первого обнаружения конкреций (1873 г. во время рейса «Челенджера») и до настоящего времени природа оксидных руд остается загадочной. И это несмотря на то, что и конкреции, и корки чрезвычайно широко распространены на океанском дне и повсюду доступны для изучения.

Длительный процесс изучения оксидных руд можно условно разделить на три этапа. **В первый этап** были получены сведения о пространственном размещении руд, произведена предварительная минералого-геохимическая и технологическая оценка в основном на макроскопическом уровне.

Основным содержанием **второго этапа** можно считать выделение промышленных объектов – месторождений, рудных залежей, перспективная оценка ресурсов. Изучение состава и строения руд проводилось главным образом на микроскопическом уровне и ограничивалось вниманием к пяти главным компонентам – Mn, Co, Ni, Cu, Mo.

**На третьем (современном) этапе** проводится выделение эксплуатационных участков и блоков, детальная промышленная оценка их. Круг потенциально извлекаемых элементов расширился и охватывает цветные, редкие, благородные металлы.

С середины 90-х годов мы тоже занялись изучением ЖМК и КМК на сканирующем электронном микроскопе. В результате электронно-микроскопического исследования было установлено, что в образовании железомарганцевых конкреций и кобальтоносных корок главную роль сыграли бактериальные маты, образованные специфическими бактериями. За это время достаточно хорошо изучено строение ЖМК и КМК. Были обнаружены остатки организмов, принимающие участие в строении этих руд. Наиболее часто встречаются кокколлиты, радиолярии, спикулы губок, фораминиферы, панцири диатомовых, но все они не являлись основным строителями корок и конкреций. Детальное изучение субмикроскопических текстур и структур ЖМК и КМК, сопоставление наблюдаемых форм с материалами микробиологических и бактериальных палеонтологических исследований позволило

обосновать вывод о том, что железомарганцевые конкреции являются своеобразными онколитами, а кобальтоносные корки – строматолитами и что основой их строения являются бактериальные маты.

Нитчатые железобактерии могут сохраняться как в виде fossilized трихомов, или их отпечатков, а кроме того могут встречаться участки минерализованных свободных ЭПС (гликокаликса). Сохранность различных объектов может сильно отличаться не только в отдельных слоях, но также и в одном образце на небольшом расстоянии друг от друга, что отражает различное физиологическое состояние бактерий в составе одного сообщества. Их изучение необходимо проводить при увеличениях от  $\times 3000$  и больше, при меньшем увеличении железобактерии не видно. Во всех слоях нитчатые железобактерии присутствуют не как единичные экземпляры, а как массовый материал, следовательно, они являются основными матообразователями. Коккоидные бактерии встречаются значительно реже.

Мы рассматриваем и корки и конкреции как продукты жизнедеятельности бактериальных сообществ (рис. 2), которые в процессе эволюции приобрели способность окислять двухвалентные соединения железа и марганца и осаждают оксиды металлов в кристаллической или аморфной форме внутри и на поверхности клеток, формируя таким образом структурный каркас построек. Вероятнее всего продуктами окисления извлеченных металлов являются аморфные слабо окристаллизованные оксиды (гидрооксиды) марганца и железа, отлагающиеся в клетках, связывающиеся с клеточными стенками или накапливающиеся в гликокаликсе. Таким образом, происходит постепенное заполнение кристаллическими или аморфными минералами всех элементов бактериальной структуры. Впоследствии в процессе диагенеза они преобразуются в преобладающие в оксидных рудах вернадит, ферроксигити др. минералы. К этому необходимо добавить, что растущие корки и конкреции имея высокую пористость и тонкодисперсное строение, обладали большой сорбционной емкостью. По этой причине оксидные руды насыщались комплексом цветных, редких, редкоземельных металлов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин В. В., Кругляков В. В., Лыгина Т. И., Мельников М. Е., Сергеева Н. Е. Оксидные железомарганцевые руды океана: генетическая интерпретация текстур и структур. М.: ГЕОС. 2014. 163 с.
2. Авдонин В.В., Жегалло Е.А., Сергеева Н.Е. Бактериальная природа оксидных железомарганцевых руд Мирового океана. М.: ГЕОС. 2020. 250 с.  
Бактериальная палеонтология. Под. ред. А.Ю. Розанова. М.: РАН. 2021. 124 с.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИСКРОВОГО АНАЛИЗАТОРА СЕРИИ LAZER Z  
ДЛЯ ЭКСПРЕССНОГО ПРИБЛИЖЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОРОД И РУД  
(на примере кимберлитов Якутии)

А.А. Бурмистров, Н.Н. Анисимов

Для проведения анализов использовались пробы (таблетки), изготовленные из перетертого материала 8 образцов, отобранных из 4 кимберлитовых трубок. В пробы был отобран материал из связующей тонкозернистой массы кимберлитов, не содержащий ксеногенного материала и автолитов. Пробы были проанализированы в лаборатории химико-аналитических исследований ГИН РАН. XRF - Tiger S8 (Bruker). Аналитик Ермолаев Б.В., на содержания окисного и закисного железа (по ГОСТ: НСАМ230-х. 2014 и НСАМ50-х. 2016). Аналитик Рудченко М.В. Из этих проб были сделаны таблетки, по которым с помощью лазерного анализатора LAZER Z-300 были получены цифровые спектры, каждый из которых состоял из 22766 пиков, соответствующих химическим элементам, входящим в их состав. Это определило достаточно высокую степень достоверности статистического сравнения проб, которое, в соответствии с рекомендациями известного специалиста по лазерной спектроскопии А.В. Аграфенина, было осуществлено путем древовидного кластерного анализа полученных спектров. На дендрограмме, приведенной на рис. 1, А, выделяются 2 кластерных группы проб, средний химический состав которых приведен в табл. 1. Группы отличаются достаточно значительно только по некоторым компонентам, которые имеют достаточно высокую изменчивость. На дендрограмме, построенной по данным химических анализов проб (рис. 1, Б), также выделяются 2 группы проб, идентичных показанным на рис. 1, А. Следует отметить, что данные проведенных химических анализов не охватывают большое число элементов-примесей, содержащихся в кимберлитах, что было в частности показано в работе [1]. А на цифровых спектрах все они имеют свои пики, которые учитываются в статистическом анализе. Это привело к некоторым различиям в структуре кластерных групп, что видно при их попарном сравнении по рис. 1, А и 1, Б, соответственно. Выбранный способ выделения групп позволил получить наиболее контрастное их разделение, при котором среднее расстояние между ними гораздо больше, чем расстояния между самими пробами. Другие способы построения дендрограмм дали такие же по набору проб группы, но разделение их было менее контрастным. Расстояния между группами малы по сравнению с максимальным, которое равно 2, что связано с близостью составов всех проб в целом.

Дендрограмма на рис. 1, А может использоваться для экспрессной оценки химического состава новых проб кимберлитов по данным лазерной спектроскопии, а при расширении числа



проб и при прогнозной оценке уровня алмазоносности кимберлитовых тел, который обычно имеет значимую статистическую связь с содержанием в них ряда химических компонентов [1].

Табл.1. Средний химический состав (%) проб кимберлитов в кластерных группах.

№№пр.	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	ППП
21,24,12,10	0,9	29,2	4,5	28,0	0,5	8,9	0,8	0,1	0,5	8,4	0,5	0,4	7,8	16,5
1,5,,29,2	0,9	20,4	4,9	26,3	0,7	18,9	0,7	0,1	1,0	3,3	1,0	0,7	15,3	20,9

### Литература

Василенко В.Б., Кузнецова Л.Г., Зинчук Н.Н. Петрохимическая фактография кимберлитовой провинции Восточной Сибири. Новосибирск. Параллель. 2019. 764 с.

А

Б

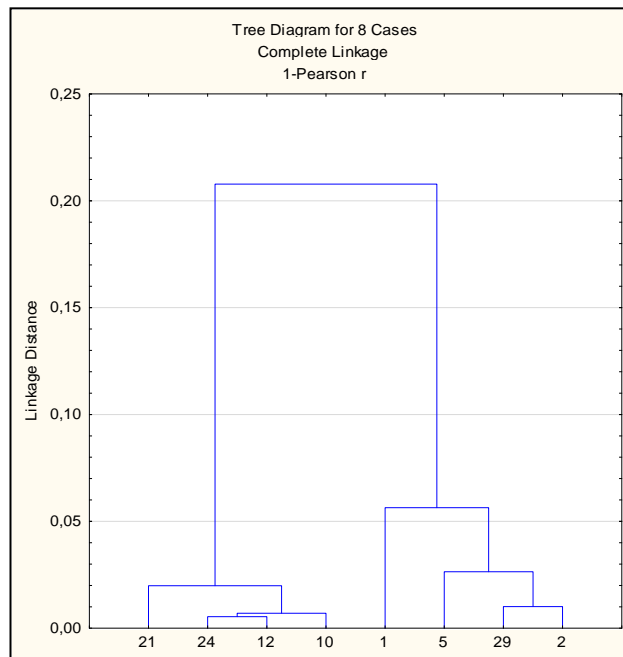
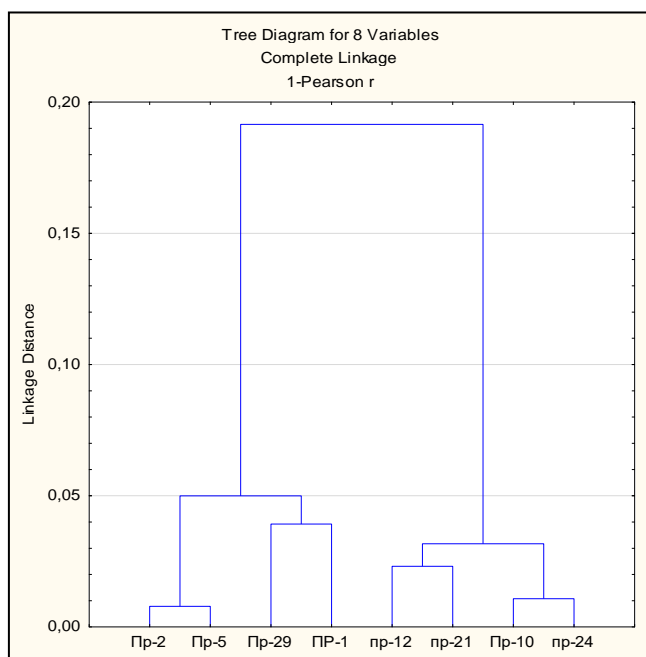


Рис. 1 (А, Б). Разделение проб на группы методом древовидного кластерного анализа: А – по данным лазерной спектроскопии, Б – по данным химических анализов (на горизонтальных осях дендрограмм указаны номера проб, на вертикальных - значения расстояний объединения (1 - коэфф. корреляции), способ объединения в группы – критерий полной связи).

## ФОРМИРОВАНИЕ НИКЕЛЕНОСНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

А.А. Борисов, М.А. Богуславский

Месторождения никеля в мире представлены тремя основными геолого-промышленными типами: сульфидные медно-никелевые, силикатные никелевые и гидротермальные арсенидные. Наибольшее количество мировых запасов никеля (63 %) связано с силикатно-никелевым типом [1], представляющим из себя коры выветривания ультраосновных пород. В России ведущими в запасах и добыче являются месторождения медно-никелевого типа.

Условия формирования никеленосных кор выветривания рассмотрены на примере Буруктальского месторождения силикатного никеля, расположенного в Оренбургской области на Урале. Среди факторов, влияющих на его формирование, выделяются *палеогеографические, палеоклиматические, петрологические, морфологические* и *эндогенные*.

Ключевым фактором для формирования кор является расположение древних морей, поскольку образование кор выветривания происходит только в периоды регрессий, а при наступлении моря происходит их размывание. С точки зрения морфологии рельефа для накопления мощной коры поверхность суши должна быть выровненной, чтобы эрозионные процессы были подавлены, а аккумулятивные имели возможность развиваться. Подобные условия характерны для периодов платформенной стадии развития суши с длительным тектоническим покоем, в периоде между процессами горообразования.

Сочетание этих условий на Южном Урале в районе Буруктальского месторождения, а именно наличие пенепленизированной поверхности в условиях суши, отмечалось во время двух периодов: в мезозое (верхний триас, юра) и кайнозое (верхний олигоцен).

Интенсивность процессов корообразования зависит от климатических условий. Кора выветривания развивается при разложении и дезинтеграции пород, которые наиболее интенсивно происходят при влажном и жарком тропическом климате.

Жаркий и влажный климат в районе Уральского поднятия, к которому приурочено Буруктальское месторождение, характерен для периода конца палеозоя – начала мезозоя: первой эпохи широкого корообразования. После меловой трансгрессии и последовавшей затем в начале палеогена регрессии в начале палеогена осушенные пространства этой огромной складчатой области длительное время находились в климатических условиях, хотя и изменившихся в худшую сторону (уменьшение тепла и влаги), все же достаточно благоприятных для возобновления корообразования [2].

Состав коры выветривания обусловлен, в первую очередь, химическим и минеральным составом коренных пород. Для накопления гипергенного никеля при выветривании необходимо изначально более высокое содержание металла в исходном субстрате. Например, на породах

основного состава при прочих благоприятных условиях могут формироваться мощные коры, но промышленные скопления никеля при этом не образуются. Более высокие содержания металла характерны для ультраосновных пород и именно при выветривании ультрамафитов образуются месторождения силикатного никеля.

В Буруктальском массиве ультраосновных пород, представленном серпентинитами, дунитами, перидотитами, содержание никеля составляет в среднем 0,2 % поэтому он является благоприятным субстратом для формирования никеленосных кор.

Помимо влияния экзогенных процессов, обогащение Буруктальского месторождения никелем может быть связано с эндогенными факторами. Наиболее богатые участки рудных тел часто оказываются приурочены к жильным породам основного и среднего состава, являющимися выходами глубинных никельсодержащих источников. Обогащенные никелем флюиды достигали зоны гипергенеза и формировали там ряд минералов. Именно элювий является наиболее благоприятной средой сорбции никеля в минералах монтмориллонита, хлорита, серпентина и гетита [3].

Основные этапы развития коры выветривания Буруктальского массива ультрабазитов приведены на рисунке 1.

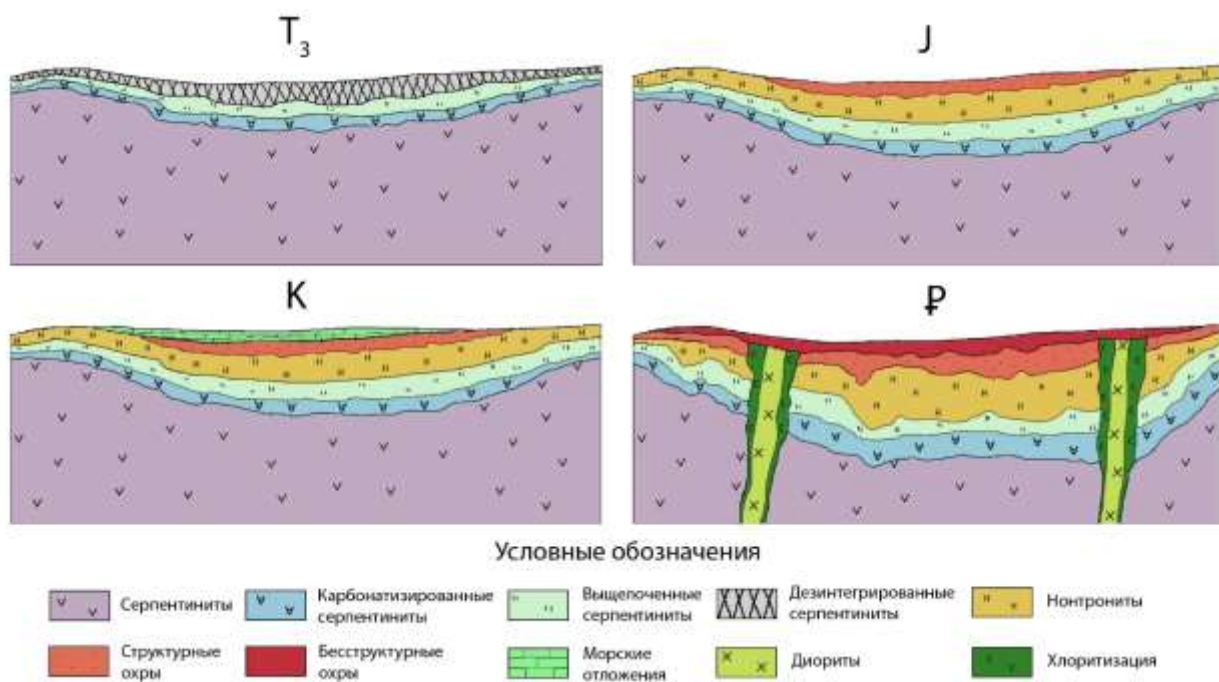


Рисунок 1. Развитие коры выветривания Буруктальского массива ультрабазитов

Первый этап корообразования Буруктальского массива (мезозойский) приурочен к периоду верхнего триаса: в это время сочетание всех необходимых условий (пенеплен, регрессия и жаркий климат) приводит к развитию процессов дезинтеграции и выщелачивания серпентинитов.

На протяжении юрского периода условия, благоприятные для выветривания, сохранялись, при этом происходило развитие кор с формированием характерной зональности: наиболее интенсивно проработанные охры в верхней части разреза, зоны нонтронитизации – в средней части и более слабо измененные участки выщелоченных пород в нижней части разреза. После юры суша начинает постепенно опускаться, верхнемеловое море практически целиком покрывает Южный Урал и процессы корообразования приостанавливаются.

Регрессия в начале палеогена знаменует второй период корообразования – палеозойский. В этот период мезозойская кора повторно подвергается процессам выветривания, при этом увеличивается ее мощность и сложность строения. Свой вклад в накопление никеля вносят и жильные тела более поздних фаций. Дайки диоритов несут с собой никеленосные флюиды, метасоматически прорабатывающие окружающие породы. Наиболее активно процессы метасоматоза происходят в среде элювия, при этом в корах выветривания формируются новые участки хлоритовых руд, приуроченные к жильным телам.

Таким образом, среди факторов, благоприятных для корообразования, можно выделить следующие: регрессия моря, наличие пенеценизированной поверхности, тропический климат. Для накопления промышленных содержаний никеля в корах выветривания необходимо повышенное содержание металла в субстрате, что характерно для пород ультраосновного состава. Дополнительное обогащение кор выветривания никелем может быть связано также с эндогенными процессами и привнесом халькофильных компонентов глубинными гидротермальными растворами, что подтверждает приуроченность наиболее богатых участков рудных тел к интрузивным породам основного состава. Сочетание всех приведенных выше условий привело к формированию никеленосной коры выветривания Буруктальского месторождения.

#### Список литературы:

1. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. ФБУ «ГКЗ», М., 2007
2. Никитин К.К., Глазовский А.А. Никеленосные коры выветривания ультрабазитов и методы их изучения. Москва: Недр, 1970 г. – 216 стр.
3. Сагдиева Р.К., Таловина И.В., Воронцова Н.И. Современные взгляды на формирование никеленосных кор выветривания ультраосновных массивов на Урале. ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 6. С. 278–288.

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЕ НАСЕДКИНО (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

М.А. Якушик<sup>1</sup>, Д.М. Коршунов<sup>2</sup>, М.А. Богуславский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт экспериментальной минералогии РАН (г. Черноголовка), Геологический институт РАН (г. Москва), Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (г. Москва).

<sup>2</sup> Геологический факультет Московского Государственного университета (г. Москва)

Месторождение Наседкино (Могочинский район, восточное Забайкалье) расположено в пределах Могочинского-Карийского золоторудного района, который, в свою очередь расположен в так называемой «Архейской глыбе» восточного Забайкалья (Лейфман и др., 1965). Архейская глыба – выступ древних архейских ультраметаморфизованных пироксен-гранатовых и калишпат-плагиоклазовых гнейсов. Её прорывают разновозрастные интрузии позднепротерозойского и палеозой-кайнозойского возраста. В позднеюрское время протекал активный вулканизм, и территория архейской глыбы частично перекрыта диорит-порфирами и туфами кислого состава (Гаврикова, Коротаев, 1981). В Могочинско-Карийском золоторудном районе известно несколько крупных месторождений золота: Наседкино, Итакинское (Сурьянская горка) и, отделённое от них Могочинско-Бушулейским глубинным разломом, Ключевское. Все эти месторождения имеют ряд общих черт, хотя и несколько отличаются с точки зрения рудной минерализации (Абрамов и др., 2022). Вся группа месторождений связана с комплексом магматических кислых интрузий юрского возраста амуджиканского комплекса.

К настоящему времени месторождения Ключевское и Итакинское достаточно подробно изучены и широко представлены в литературе (Мельников и др., 1970; Криволицкая, Гонгальский, Абрамов, 2019, 2022 и др.), в то время как месторождение Наседкино практически не изучено. В данном исследовании показаны предварительные результаты петролого-геохимического изучения данного месторождения.

Магматические породы амуджиканского комплекса в пределах месторождения Наседкино представлены кислыми крутопадающими дайками и штоками нормального и умеренно-щелочного ряда. В основном это граниты, сиениты, диориты и грано-сиениты, а также их субвулканические аналоги. В редких случаях встречаются кварцевые сиениты. Для данного исследования анализировались методами рентгено-флуоресценции и масс спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой только интрузивные породы, все порфировые разности были исключены.

По геохимическим данным гранитоиды месторождения Наседкино попадают в поля составов I-типа гранитов. По индексу насыщения алюминием породы характеризуются как высокоглиноземистые: у всех изученных образцов индекс ASI ( $Al/(Na - 1.67P + Na + K)$ ) выше единицы.

При рассмотрении Fe-индекса ( $FeO/(FeO+MgO)$  вес.%) выделяются две генерации: высокомагнезиальные (Fe-индекс ~0,5) и «близкожелезистые» (Fe-индекс ~0,7).

По кальциевости ( $CaO/FeO^*+MgO+TiO_2$  вес.%) выделяются две группы: низко (0,4-0,5) и высококальциевая (1-1,2). На те же две группы разделяются образцы и по индексу MAlI ( $Na_2O+K_2O-CaO$  вес.%) щелочно-известковые (около 4) и щелочные (8-12). Этот тренд отражает предпочтительное плавление плагиоклаза относительно слюд с ростом водного давления. То, что происходило плавление плагиоклаза в рестите мы также наблюдаем при изучении спектров РЗЭ, которые характеризуются положительным наклоном спектра и преобладанием легких РЗЭ над тяжелыми. Во всех образцах присутствует ярко выраженная положительная европиевая аномалия 1,7-3,2.

Мы предполагаем, что образцы образовались в результате коровых выплавов из амфиболитов или гранулитов (коровых пород с большим содержанием плагиоклаза и неодородных по содержанию слюд, скорее всего биотита). Также существенное влияние в образование расплавов оказывало парциальное давление водного флюида, различие в объёме этого давление показывает разделение на две группы, которые выражаются в различия в геохимических индексах в которых присутствует кальций.

Несмотря на петрологическую схожесть магматических пород месторождения Наседкино, Итакинское и Ключевское, по геохимическим данным они сильно отличаются. Так, для месторождения Наседкино характерна отчётливая положительная европиевая аномалия, а также чёткое разделение пород на щелочно-известковую серию и щелочную, чего не было показано для Итакинского месторождения. В целом все изученные образцы месторождения Наседкино разделены на две обособленные группы, что также не наблюдается в других месторождения этого района. Таким образом, в пределах месторождения Наседкино изученные породы либо не относятся к амуджиканскому комплексу, либо находятся в другой «эволюционной зоне» этого комплекса, которые не были встречены в других месторождениях Могочинского района.

## Литература

Абрамов Б. Н. Источники рудоносных флюидов Au, Mo, W и Pb-Zn месторождений восточного Забайкалья (по данным распределения редких и редкоземельных элементов) // Известия Томского политехнического университета. 2019. № 7 (330). С. 71–83.

Абрамов Б. Н., Калинин Ю. А., Боровиков А. А. Итакинское золоторудное месторождение: изотопный состав, вероятные источники рудного вещества (Восточное Забайкалье) // Геология рудных месторождений. 2022. № 2. С. 6–22.

Гаврикова С. Н., Кортаев М. Ю. Соотношение гранитизации и магнезиального скарнообразования в Могочинском выходе архейских гранулитов (Северо-Восточное Забайкалье) // Доклады Академии наук. 1981. № 4 (256). С. 942–945.

Лейфман Е.М., Кирилюк В.П., Сиворонов А.А. объяснительная записка к геологической карте СССР N-50-XXIV. 1966 М.: Недра. 37 с.

Мельникова К. М., Стафеева Л.П., Шевырев И.А., Алкин В.С. Особенности геологического строения Итакинского золоторудного месторождения (восточное Забайкалье) // Известия Томского политехнического университета. 1970. С. 340–345.

## ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ПАЛЕОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ МОГОЧИНОСКОГО ТЕРРЕЙНА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

И.И. Попов, М.А. Богуславский

Обширная территория, восточнее Байкала и к южнее Алдана, издавна привлекала внимание геологов богатством и разнообразием своих недр. Однако, сложное геологическое строение этой территории вместе с малой обнаженностью региона, делает непростой задачей его изучение и вместе с тем установление его тектонического строения и положения относительно других структур.

В глобальном масштабе изучаемый регион находится на стыке Сибирского кратона и Монголо-Охотского пояса. Несмотря на то, что история изучения этих структур переваливает уже за сотню лет, глядя на схемы разных эпох, можно сказать, что фундаментально наши представления и споры вокруг них не сильно изменились.

Представления о ее тектоническом строении неоднократно менялись на протяжении последней сотни лет геологических исследований региона и эволюции нашего понимания геологических процессов. Черский считал Прибайкалье древней архейской глыбой, «Древнем теменем Азии». В 20-х Ферсманом (9) был выделен Монголо-Охотский пояс, а Обручевым (6) предложено тектоническое зонирование Забайкалья. С 30-х при разработке тектонически и металлогенических концепций для данного региона активно стали применять тогда общепринятую и наиболее разработанную геосинклинальную теорию (1, 7, 8). Проводится системное и широкомасштабное геологическое изучение региона, появляется множество разнообразных интерпретаций тектонического строения региона. Вплоть до 60-х идут активные споры возрасте природе складчатости, когда был обоснован их мезозойский возраст (1963). Однако к этому времени развилась новая, вызывавшая споры концепция тектоно-магматической активизации, в рамках которой многие исследователи рассматривали тектоническое строение и металлогению региона (4). В 70-х стала набирать популярность мобилистская плейт-тектоническая концепция, начали выходить результаты региональных геофизических исследований, благодаря чему появилась первая работа по тектоническому районированию и образованию написанная в рамках новой концепции (3). К 90-м она развилась и стала общепринятой, была разработана и опробована методика террейнового анализа, позволяющая по-новому рассмотреть тектоническое строение древних кратонов и эволюции их образования (10, 2). Кроме того, стали появляться данные по абсолютной датировке. Все это, как и в 30-х годах прошлого века, привело к новой волне работ, базирующихся



на сопоставимых, а иногда и общих методах, данных и сторонних интерпретациях, но по-разному рассматривающих строению, районированию и становлению региона.

Однако при решении практических задач, связанных с разведкой недр для применения многих аналитических методов необходимо однозначное понимание структуры и развития изучаемого региона. В обозрении истории геологического изучения региона и цель данной работы.

### Список литературы

- [1] Архангельский А. Д., Шатский Н. С., Схема тектоники СССР, *Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы*, отд. геол., 1933, № 4.
- [2] Глебовицкий В.А., Хильтова В.Я., Козаков И.К., Тектоническое строение Сибирского кратона: интерпретация геолого-геофизических, геохронологических и изотопно-геохимических данных, *Геотектоника*, 2008, № 1, с. 12-26
- [3] Гафаров Р.А., Лейтес А.М. Федоровский В.С., Прозоров Ю.И., Савинская М.С., Сабинский К.А., Тектоническое районирование фундамента Сибирской платформы и этапы становления его континентальной коры, *Геотектоника*, 1978, № 1, с. 43-57
- [4] Корольков А.Т., Геодинамика золоторудных районов юга Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007
- [5] Нагибина М.С., Тектоника и магматизм Монголо-Охотского пояса. М. Изд-во АН СССР, 1963
- [6] Обручев В. А., Геологический обзор Сибири. М. Госиздат, 1927.
- [7] Тетяев М. М., Геотектоника СССР. М.-Л., ГОНТИ, 1938.
- [8] Мазарович А.Н., Основы геологии СССР. М.-Л., ОНТИ, 1938.
- [9] Ферсман А. Е., Монголо-Охотский металлический пояс, *Поверхность и недра*, 1926, № 3.
- [10] Rosen O.M., Condie K.C., Natapov L.M., Nozhkin AD. Archean and Early Proterozoic evolution of the Siberian craton: a preliminary assessment // *Archean crustal evolution* / Ed. K.C. Condie. Amsterdam: Elsevier, 1994. P. 411-459.

## МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОГО ПАРАГЕНЕЗИСА МЕСТОРОЖДЕНИЯ НАСЕДКИНО (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

М.А. Богуславский, Е.И. Ярцев, Г.Н. Овсянников

Месторождение Наседкино (Малоурюмское) расположено в Могочинском районе Забайкальского края, в северо-восточной части Восточного Забайкалья, в южной части Олекминского Становика Витимо-Олекминской горной страны, в западной части хребта Черемного. С геологической точки зрения месторождение относится к итака-могоча-кулинской рудной зоне золото-медно-молибденового пояса Восточного Забайкалья.

Зоны активной метасоматической проработки, содержащие рудоносный парагенезис, связаны со скарнами, вероятно, из-за их низкой прочности относительно других пород месторождения – плагиогнейсов, диоритов, гранодиоритов, гранитов, граносиенитов амуджиканского комплекса, их порфиров и порфиритов различного состава. Наличие скарнов и нестойких минералов в их составе создало благоприятную легкопроницаемую для метасоматического флюида среду. Золоторудный парагенезис накладывается на более ранние известковые скарны, кварц-турмалиновые метасоматиты, Na-пропилиты и кварцевые эпидозиты, в меньшей степени на магматические и метаморфические породы.

Говоря о генетических особенностях гидротермальных золоторудных месторождений, можно отметить, что золото тяготеет к более поздним метасоматическим изменениям. В процессе развития гидротермальной системы остаточный флюид может содержать соединения, позволяющие переносить золото. Сложность гидротермальных систем состоит в том, что нередко они имеют пульсационный характер и одни флюиды накладываются на другие и могут повторяться во времени с изменением источника.

Пирит в аншлифах руд встречен минимум трех различных генераций. Первая генерация, вероятно, самого раннего пирита представлена мелкими идиоморфными зернами, которые без системы разбросаны по всей площади породы. Вторая генерация пирита входит в золотоносный парагенезис. Этот пирит дает довольно крупные идиоморфные кристаллы в составе с никелем, кобальтом и мышьяком до 6 масс. % (табл. 1). Висмут-теллуровая минерализация развита по границам зерен пирита этой генерации. Последняя третья генерация пирита представлена крупными идиоморфными кристаллами, близкими к своему теоретическому составу (табл. 1).

Парагенезис высокопробного золота, включенного в зигенит – довольно необычная минеральная ассоциация. Она описана для медно-порфирового месторождения Jinchang в Китае (Zhao et al., 2014) и для Fe-Cu скарнов Алтае-Саянской складчатой области (например, Синявинское) (Gaskov et al., 2010). В обоих случаях авторы интерпретируют ассоциацию с золотом как наложенную по отношению к скарнам. Китайский коллектив авторов (Zhou et al.,

2019) предлагает схему совместной миграции  $Au^{3+}$  и  $Ni^{3+}$  в магматическом процессе, что не противоречит литературным данным по Восточному Забайкалью, где связь золоторудной минерализации прослеживается с породами амуджиканского комплекса (Куликова, Зорина, 2012, Абрамов и др., 2022). При минералогическом исследовании установлена положительная корреляция золотоносных парагенезисов и, следовательно, золото могло отлагаться в процессе К-пропилитизации.

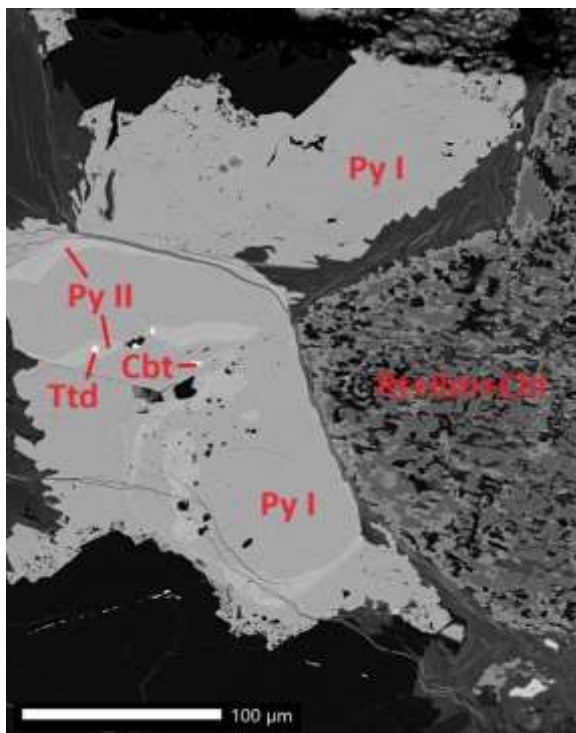


Рисунок 1. Первая и вторая генерации пирита в ассоциации с золотоносным парагенезисом: включениями кобальтина (Cbt), арсенопирита (Apy), тетрадимита (Ttd), халькопирита (Csp) и козалита (Csl).

Таблица 1. Химический состав (масс. %) пирита 1 и 2 генерации из золотосодержащих метасоматитов месторождения Наседкино. Прочерк означает, что содержание элемента ниже предела обнаружения.

	Fe	Co	Ni	S	As	Сумма
Пирит 1	45,64	-	-	51,96	-	97,6
Пирит 2	43,18	0,43	3,03	53,01	-	99,65
Пирит 2	46,88	0,89	0,31	53,14	1,13	102,35
Пирит 2	40,81	4,85	0,59	49,31	6,71	102,27
Пирит 3	45,21			52,01		

Рудоносный парагенезис одержит минералы Au-Bi-Te-Pb-S: пирит, козалит, тетрадимит, висмутин, аргентотеннантит, самородный висмут, галенит. Вероятно, сростания галенита и висмутина – более поздние продукты распада безмедистого козалита. Содержит высокопробное

золото в теллуридах висмута. Халькопирит, хоть и может частично принадлежать к данной ассоциации, все же, чаще более ранний.

В качестве репера парагенезиса с золотом может быть выделен пирит содержащий кобальт, никель, мышьяк. Пирит более ранней и поздней генерации не содержит примесей. Исследуя пирит, можно судить о наличии или отсутствии золоторудной минерализации.

## Литература

1. Коротаяев М.Ю. Скарны и апоскарновые метасоматиты Урюмского рудного узла: (Сев.-Вост. Забайкалье): Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. геол.-минерал. наук : (04.00.08). - М. : Изд-во МГУ, 1981. - 19 с
2. Zhao Y. et al. Siegenite: A new gold-bearing mineral //Acta Geologica Sinica. – 2014. – Т. 88. – С. 1485-1493.
3. Gaskov, I. V., Borisenko, A. S., Babich, V. V., Naumov, E. A. The stages and duration of formation of gold mineralization at copper-skarn deposits (Altai–Sayan folded area) //Russian Geology and Geophysics. – 2010. – Т. 51. – №. 10. – С. 1091-1101.
4. Zhao Y., Liu H., Qin K. Discussion on Au transportation mechanism in melt-magma-fluid in porphyry Cu deposit—A case study from Jinchang porphyry Au (Cu) deposit, Heilongjiang province, China //Ore Geology Reviews. – 2019. – Т. 111. – С. 102968.

## ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ И ОЦЕНКА ЭРОЗИОННОГО СРЕЗА МЕДНО-ЗОЛОТО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО УЗЛА МАЛМЫЖ

А.С. Якубчук, Э.И. Хазиахметов

Медно-золото-порфировый рудный узел Малмыж в Хабаровском крае открыт в 2006 году. Он занимает площадь около 10х4 км, вытянутую в северо-восточном направлении. В его пределах известно 14 порфировых центров с утвержденными в 2021 году совокупными запасами 2 370 млн т руды @ 0.35% Cu, 0.15 г/т Au и 0.7 г/т Ag, содержащими 8.3 млн т меди, 347 т золота и 1676 т серебра. Вместе с геологоразведочными работами бюджет проекта оценивается в 248 млрд рублей.

При проведении детальной разведки было установлено наклонное положение отдельных порфировых систем с падением на северо-запад под углом около 70°. Для выяснения природы этого наклона (тектонической или первично-магматической) и глубины эрозионного среза нами детально изучены три порфировых центра (Свобода, Долина и Центральный), находящиеся на северо-востоке, в центре и на юго-западе рудного узла. Нами проанализирована их рудно-гидротермальная зональность, исследованы гидротермальные изменения в контрольных образцах керн, отобранных из разных зон гидротермальных изменений, и проведено сопоставление с опубликованными моделями порфировых систем, разработанных для крупных порфировых провинций мира.

В результате исследования было выявлено, что наиболее глубокий эрозионный срез регистрируется для участка Центральный на юго-западе рудного узла, тогда как на участке Долина (в центре) рудно-гидротермальная зональность соответствует примерно среднему уровню порфировой системы (сэродировано не менее 500 м), а на участке Свобода на северо-востоке порфировый центр является наименее эродированным. Особенности морфологии богатой (>0.4% Cu) минерализации в трех порфировых центрах и зон гидротермальных изменений в них указывают, что наклонное положение порфировых центров обусловлено преимущественно пост-рудными тектоническими причинами. Данные выводы могут быть использованы для практической оценки рудного потенциала менее изученных порфировых центров рудного узла.