

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 553. 44 (571.54/.55)

**Околорудноизменённые породы свинцово-цинковых месторождений Приаргунской минерагенической зоны****Кудрявцева Н. Г., Богославец Н. Н.**

ФГБУ «ЦНИГРИ», г. Москва, Россия

**Аннотация.** Приведено обобщение материалов по околорудноизменённым породам свинцово-цинковых и колчеданно-полиметаллических месторождений Приаргунской МЗ, приуроченных к карбонатным и алюмосиликатным породам. Геологическое строение месторождений отражено в ряде печатных работ, но характеристика околорудноизменённых пород не приводится, что авторы считают необходимым, так как эти породы являются важным поисковым признаком при поисках скрытого оруденения данного типа. Авторы собрали все имеющиеся материалы по околорудноизменённым породам свинцово-цинковых месторождений Приаргуны, накопленные за прошлое столетие. Новые материалы по этому вопросу получены по разрабатываемому месторождению Нойон-Тологой в вулканогенных породах. Предыдущие исследователи при изучении околорудноизменённых пород в карбонатной среде и алюмосиликатной, пришли к выводу о формировании их в процессе березитизации. При этом в различных по составу породах образуются различные фации березитов: в алюмосиликатных – березиты и лиственитоподобные породы, а в карбонатных – кварц-анкеритовые метасоматиты. Изучение этих пород на месторождении Нойон-Тологой (в алюмосиликатной среде) привело исследователей к такому же выводу о формировании околорудноизменённых пород в процессе березитизации. Целью статьи было показать, что высказанные в 60–70-х годах прошлого столетия предположения подтвердились. Соответственно, метасоматические фации: березиты и лиственитоподобные породы, развитые по алюмосиликатным, и кварц-анкеритовые – по карбонатным породам, являются поисковым признаком на свинцово-цинковое и колчеданно-полиметаллическое оруденение.

**Ключевые слова:** околорудные изменения (окварцевание, серицитизация, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация, березитизация), свинцово-цинковые месторождения.

Для цитирования: Кудрявцева Н. Г., Богославец Н. Н. Околорудноизменённые породы свинцово-цинковых месторождений Приаргунской минерагенической зоны. Руды и металлы. 2025. № 2-3. С. 74–87. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10009.

**Altered wall rocks at lead-zinc deposits in the Priargunsky minerogenic zone****Kudryavtseva N. G., Bogoslavets N. N.**

FSBI "TsNIGRI", Moscow, Russia

**Annotation.** This article summarizes data on altered wall rocks of lead-zinc and polymetallic-VMS deposits confined to carbonate and aluminosilicate rocks in the Priargunskaya metallogenic zone. Geological features of the ore deposits were previously described in a number of publications, but no detailed characteristics of the wallrock alterations were there provided. The authors consider necessary to fill this gap, because the altered rocks represent an important prospecting guide for hidden mineralization of this type. The authors have collected all available data on altered wall rocks at lead-zinc deposits of the Priargunsky region, that were accumulated over the past century. New data on this topic were obtained from the operated Noyon-Tologoy ore deposit associated with volcanic rocks. The previous researchers, when studied the altered wall rocks in the carbonate and aluminosilicate environments, came to conclusion on their formation in the course of beresitization. In this case, different beresite facies form in rocks of different composition: beresites and listvenite-like rocks form in the aluminosilicate varieties, while quartz-ankerite metasomatites form in the carbonate rocks. A study of these rocks at the Noyon-Tologoy deposit (in aluminosilicate environment) led researchers to the same conclusion. The aim of this article was to demonstrate that the assumptions made earlier have been confirmed. Accordingly, the metasomatic facies (beresites and listvenite-like rocks, developed after aluminosilicate varieties, and quartz-ankerite ones, after the carbonate rocks) are considered a prospecting guide for lead-zinc and polymetallic-VMS type mineralization.

**Keywords:** wallrock alterations (silicification, sericitization, chloritization, carbonatization, pyritization, beresitization), lead-zinc deposits.

For citation: Kudryavtseva N. G., Bogoslavets N. N. Altered wall rocks at lead-zinc deposits in the Priargunsky minerogenic zone. Ores and metals. 2025. No. 2-3. pp. 74–87. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10009.



## Введение

В последние годы изучением свинцово-цинковых месторождений Приаргунской металлогенической зоны (Восточное Забайкалье) занимались сотрудники отдела цветных металлов: В. В. Кузнецов, Т. В. Серавина, Т. П. Кузнецова, Н. Н. Богославец, Н. Г. Кудрявцева и др., что отражено в ряде их статей [9–11, 13], посвящённых геологическим, литологическим, минералогическим особенностям месторождений данного типа. По данным этих авторов, месторождения Приаргунской металлогенической зоны подразделены на два типа: в венд-кембрийских осадочных (карбонатных) породах со свинцово-цинковым оруденением и в мезозойских вулканогенных с колчеданно-полиметаллическим [11] (рис. 1).

Однако в этих работах не охарактеризованы околорудноизменённые породы, что необходимо сделать, поскольку они являются важным поисковым признаком при поисках скрытого оруденения. Данная статья является обобщением материалов по околорудноизменённым породам, накопленных за время работ на свинцово-цинковых месторождениях Приаргунья в XX веке, поскольку новые данные получить в настоящее время не представляется возможным (отработка этих месторождений остановлена в 1993–1994 гг.). Новые материалы по этому вопросу получены в последние годы только по разрабатываемому месторождению Нойон-Тологой в вулканогенных породах [10].

Гидротермально-изменённые породы, сопровождающие свинцово-цинковые месторождения Восточного Забайкалья, издавна привлекали внимание исследователей. обстоятельная характеристика околорудноизменённых пород этих месторождений приведена в работах С. С. Смирнова [14], который предложил разделять околорудные изменения в зависимости от состава вмещающих пород, развитых по карбонатным и алюмосиликатным. По его мнению, карбонатные породы (доломиты, известняки) подвержены окварцеванию, доломитизации, пиритизации, в меньшей степени – анкеритизации, серицитизации, а глинозёмсодержащие некарбонатные породы (сланцы, песчаники, гранит-порфиры, лампрофиры

и др.) – окварцеванию, серицитизации, карбонатизации, хлоритизации, пиритизации и редко турмалинизации.

Основные выводы С. С. Смирнова по околорудноизменённым породам были подтверждены при дальнейших исследованиях полиметаллических месторождений Приаргунья, отражённых в сборнике статей ИГЕМ АН СССР за 1963 г. (авторы В. В. Архангельская, В. В. Аристов, В. С. Кормилицын, К. Ф. Кузнецов, Г. М. Лобанова, Д. Б. Плигина, О. П. Полякова, Б. П. Санин, Н. Н. Трофимов, Н. А. Читаева и др.) [2]. По данным этих исследователей, гидротермально-изменённые породы классифицируются по названию одного минерала (окварцевание, серицитизация, карбонатизация и т. д.) без указания их формационной принадлежности.

Детальным минералого-петрографическим изучением околорудноизменённых пород занимались в конце 1960-х – 1970-х годах: Н. Г. Кудрявцева – по Кадаинскому рудному полю [7]; Р. В. Голева, С. Ф. Редькин [3] и Э. С. Кравченко [6] – по Акатуевскому; Е. В. Янишевский – по Благодатской группе месторождений [16]. На основании этих исследований авторы пришли к выводу, что околорудноизменённые породы, развитые как в карбонатной среде (преимущественно карбонатные породы), так и в алюмосиликатной (осадочно-вулканогенные и магматические породы), сформировались при процессе березитизации. При этом в различных по составу породах образуются различные фации березитов: в алюмосиликатных – березиты и лиственитоподобные породы, в карбонатных – кварц-анкеритовые метасоматиты. К такому же выводу пришли более поздние исследователи нового месторождения Нойон-Тологой в алюмосиликатной среде (терригенно-вулканогенной) [10].

## Фактический материал

По данным предыдущих исследователей составлены таблицы, отражающие характер околорудных изменений, развитых преимущественно в карбонатных (табл. 1) и алюмосиликатных (табл. 2) породах.

В таблице 1 приведены околорудные изменения свинцово-цинковых месторождений Нерчинско-Заводского (Покровское, Кадаин-

ское, Михайловское, Каразаргинское, Смирновское, Благодатское, Воздвиженское, Ивановское, Центральное), Кличкинского (Савинское № 5, Почекуевское, Кличкинское) и Александровско-Заводского (Акатуевское) рудных районов. На этих месторождениях преобладает оруденение преимущественно свинцового и/или свинцово-цинкового состава, а форма рудных тел – линзообразная, пластообразная, трубообразная. Рудовмещающими породами являются венд-кембрийские карбонатные породы (доломиты и известняки), включающие прослои алевролитов, песчаников. Кроме того, отмечаются палеозойские гранитоиды, а также дайки гранит-порфиров, лампрофиров мезозойского возраста.

Своеобразие месторождений, приуроченных к карбонатным породам и залегающих среди или в контакте с палеозойскими гранитоидами, состоит в широком развитии контакто-метаморфических (известковые и доломитовые мраморы, плагиоклаз-диопсидовые, кварц-диопсидовые, тремолит-диопсидовые роговики) и контакто-метасоматических (магнезиальные и известковые скарны) [15], характерных для Кадаинского рудного поля. На месторождении Савинское № 5 (Кличкинский рудный район) Б. П. Саниным и Л. Д. Зориной описаны разнообразные известковые скарны (гранатовые, пироксеновые, аксинитовые и др.) [12].

Одни скарны и скарнированные породы располагаются вне рудных зон (месторождение Кадаинское), другие – совпадают с рудными зонами (Савинское № 5). Скарны и роговики подвержены гидротермальному преобразованию, в результате чего образуются: серпентинизация, турмалинизация, аксинитизация, тремолитизация.

*Околорудноизменённые породы, развитые на свинцово-цинковых месторождениях, приуроченные преимущественно к карбонатным породам.* По данным предыдущих исследователей кратко охарактеризуем околорудноизменённые породы, сопровождающие свинцово-цинковое оруденение.

Месторождение Кадаинское (рис. 2) располагается в пределах Кадаинского рудного

поля, приуроченного к крупному блоку нижнепалеозойских карбонатных пород, находящихся среди палеозойских гранитоидов. Карбонатные породы состоят из переслаивания доломитов и известняков, содержащих прослои углеродсодержащих алевролитов, часто превращённых в сланцы, и песчаников. Последние пронизаны дайками гранит-порфиров, лампрофиров и диоритов. Все эти образования подвержены околорудным изменениям.

По данным Н. Г. Кудрявцевой [7], на месторождении Кадаинское в результате околорудного изменения карбонатных пород (известняков) формируется метасоматическая зональность: во внешней зоне первичный кальцит замещается гидротермальным доломитом, который распространяется на 50–70 м, в редких случаях на 150 м от рудного тела. Промежуточная зона характеризуется замещением доломита анкеритом и пиритом при сохранении реликтов первичного кальцита и гидротермального доломита. Эта зона отслеживается не более чем на 25–30 м от рудного тела. Внутренняя зона представлена кварц-анкеритовыми метасоматитами, образующимися в результате замещения доломита кварцем. Количество кварца колеблется от 5 до 40 %, анкерита — от 45 до 80 %. Кроме того, здесь присутствует серицит (до 5 %) и пирит (5–10 %). Данные метасоматиты развиты только вблизи рудных тел и отслеживаются не далее чем на 10 м от рудного тела.

При околорудном изменении доломитов формируется сходная метасоматическая зональность: неизменённый доломит → доломит + анкерит + пирит → доломит + анкерит + кварц + пирит → анкерит + кварц + пирит. Таким образом, в результате околорудного изменения известняков и доломитов на месторождении Кадаинское образуются кварц-анкеритовые (с пиритом) метасоматиты.

На месторождении Акатуевское (рис. 3) [3] карбонатные породы подвержены доломитизации, в результате чего во внешней зоне образуются гидротермальные доломиты мощностью до 40 м, вытянутые на 250 м от рудного тела. Такие же крупные тела гидротермальных доломитов, как на месторождении Ака-

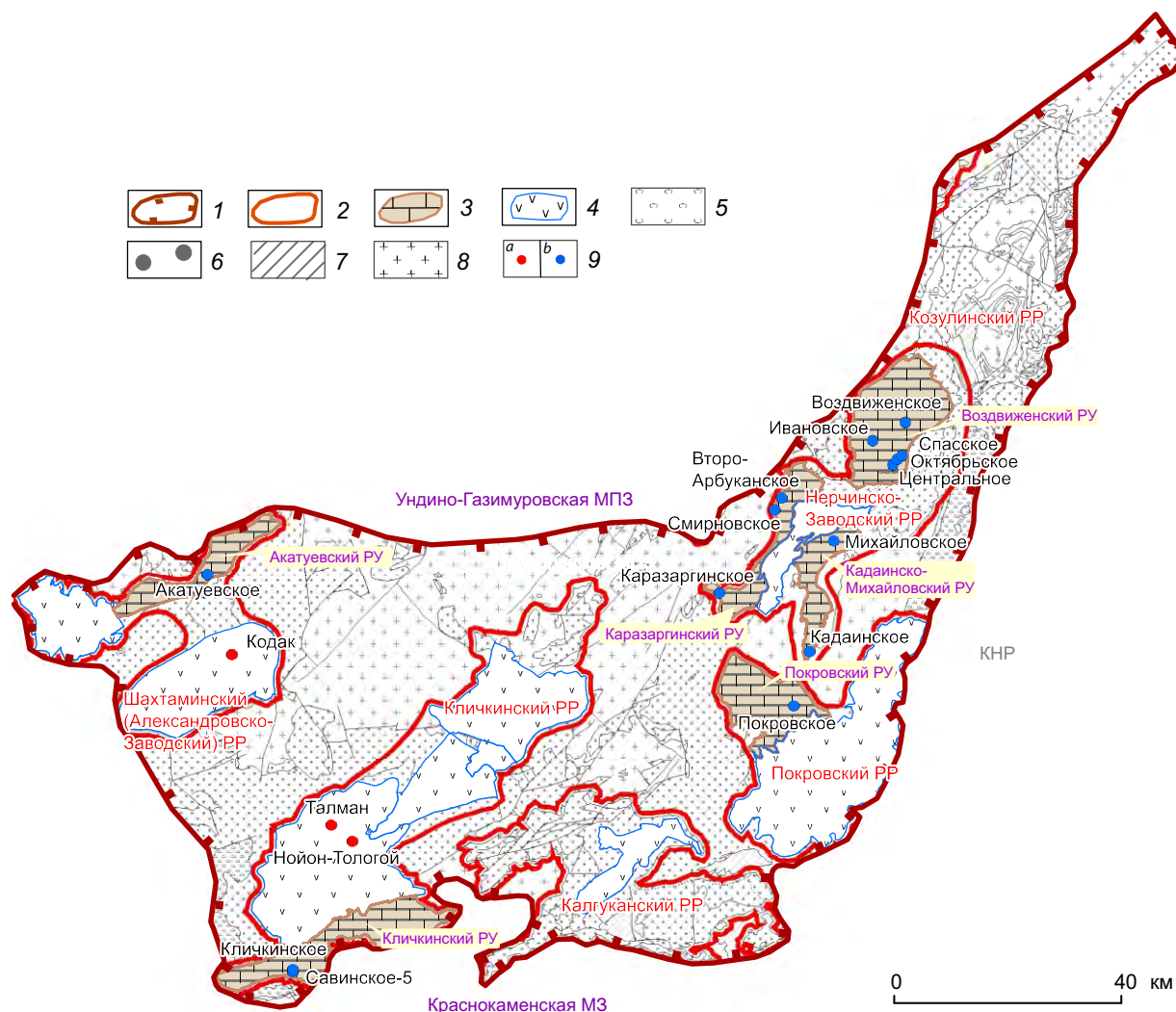


Рис. 1. Карта размещения свинцово-цинковых месторождений в пределах Приаргунской минерагенической зоны (с использованием материалов [9]):

1, 2 – границы: 1 – минерагенической зоны, 2 – рудных районов; 3, 4 – поля развития пород рудоносных формаций: 3 – вулканогенно-карбонатно-терригенной (V-С), 4 – вулканогенно-кремнисто-терригенной ( $J_{2-3}$ ); 5 – породы надрудной (угленосная моласса), 6, 7 – подрудных формаций: 6 – терригенная моласса, 7 – сланцево-карбонатная; 8 – интрузивные массивы нерасчленённые; 9 – месторождения и рудопроявления: а – колчеданно-полиметаллические в осадочно-вулканогенных породах, б – свинцово-цинковые и свинцово-цинково-колчеданные в терригенно-карбонатных породах

Fig. 1. Schematic map showing distribution of lead-zinc deposits within the Priargunskaya minerogenic zone (compiled using data from [8]):

1, 2 – boundaries: 1 – minerogenic zone, 2 – ore regions; 3, 4 – fields of distribution of the ore-bearing formations: 3 – volcanogenic-carbonate-terrigenous (V-С), 4 – volcanogenic-cherty-terrigenous ( $J_{2-3}$ ); 5 – rocks of the above-ore formations (coal-bearing molasse), 6, 7 – rocks of the under-ore formations: 6 – terrigenous molasse, 7 – shale-carbonate; 8 – intrusive massifs undivided; 9 – ore deposits and ore occurrences: а – polymetallic-VMS deposits in volcanosedimentary rocks, б – lead-zinc and lead-zinc-VMS deposits in terrigenous-carbonate rocks

Таблица 1. Околорудноизменённые породы, сопровождающие свинцово-цинковое оруденение, приуроченное преимущественно к карбонатным породам на различных месторождениях Приаргунского полиметаллического пояса

Table 1. Altered wall rocks accompanying lead-zinc mineralization confined mainly to carbonate rocks in various ore deposits of the Priargunsky polymetallic belt

| Вмещающие<br>породы                              | Рудный район                                                                         |                                                                                      |                                                                                                         |                                                                                                          |                                                                                                         |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                  | Нерчинско-Заводский                                                                  |                                                                                      |                                                                                                         |                                                                                                          |                                                                                                         |
|                                                  | Рудный узел                                                                          |                                                                                      |                                                                                                         |                                                                                                          |                                                                                                         |
|                                                  | Покровский                                                                           | Кадаинско-Михайловский                                                               | Каразаргинский                                                                                          |                                                                                                          |                                                                                                         |
|                                                  | Месторождение (автор)                                                                |                                                                                      |                                                                                                         |                                                                                                          |                                                                                                         |
| 1                                                | 2                                                                                    | 3                                                                                    | 4                                                                                                       | 5                                                                                                        | 6                                                                                                       |
| Доломиты                                         | Покровское<br>(Р. И. Заворотных)                                                     | Кадаинское<br>(О. П. Полякова,<br>Н. Г. Кудрявцева)                                  | Михайловское<br>(В. Н. Кузнецов и др.)                                                                  | Каразаргинское<br>(Н. А. Читаев)                                                                         | Смирновское<br>(Н. Н. Трофимов,<br>О. П. Полякова)                                                      |
|                                                  | Перекристаллизация,<br>окварцевание,<br>анкеритизация,<br>пиритизация                | Перекристаллизация,<br>окварцевание,<br>пиритизация,<br>анкеритизация                | Перекристаллизация,<br>окварцевание,<br>пиритизация                                                     | Перекристаллизация,<br>окварцевание                                                                      | Перекристаллизация,<br>окварцевание,<br>пиритизация                                                     |
| Известняки                                       | Окварцевание,<br>доломитизация,<br>серпентинизация,<br>оталькование                  | Окварцевание,<br>доломитизация,<br>анкеритизация,<br>пиритизация,<br>серпентинизация | Окварцевание,<br>доломитизация,<br>анкеритизация,<br>пиритизация                                        | Окварцевание,<br>доломитизация,<br>серпентинизация,<br>турмалинизация                                    | Окварцевание,<br>доломитизация                                                                          |
| Сланцы, роговики,<br>развитые за счёт<br>сланцев | Серитизация,<br>карбонатизация,<br>пиритизация                                       | Серпентинизация,<br>карбонатизация,<br>пиритизация,<br>окварцевание                  | Серпентинизация,<br>карбонатизация,<br>хлоритизация,<br>окварцевание,<br>пиритизация,<br>турмалинизация | Окварцевание,<br>турмалинизация                                                                          | Окварцевание,<br>хлоритизация,<br>пиритизация                                                           |
| Песчаники                                        | Окварцевание,<br>анкеритизация,<br>хлоритизация,<br>серицитизация,<br>турмалинизация |                                                                                      | Окварцевание,<br>карбонатизация,<br>хлоритизация,<br>серпентинизация,<br>пиритизация,<br>турмалинизация | Окварцевание,<br>карбонатизация,<br>хлоритизация,<br>серпентинизация,<br>альбитизация,<br>турмалинизация | Окварцевание,<br>хлоритизация,<br>пиритизация                                                           |
| Граниты<br>и гранит-<br>порфиры                  |                                                                                      | Окварцевание,<br>серпентинизация,<br>хлоритизация,<br>карбонатизация,<br>пиритизация |                                                                                                         | Окварцевание,<br>серпентинизация,<br>хлоритизация,<br>карбонатизация,<br>пиритизация                     | Окварцевание,<br>серпентинизация,<br>хлоритизация,<br>карбонатизация,<br>пиритизация,<br>турмалинизация |
| Лампрофиды,<br>диориты                           |                                                                                      | Карбонатизация,<br>серпентинизация,<br>хлоритизация,<br>окварцевание,<br>пиритизация | Карбонатизация,<br>серпентинизация,<br>хлоритизация,<br>окварцевание,<br>пиритизация                    |                                                                                                          | Карбонатизация,<br>окварцевание,<br>серицитизация,<br>хлоритизация,<br>пиритизация,<br>турмалинизация   |



Продолжение таблицы 1

| Вмещающие породы                           | Рудный район                                                           |                                                                        |                                                          |                                                                        |                                                                        |                                                                        |                                                          |                                                          |                                                                           |                                                                           | Шахтаминский |  |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------|--|
|                                            | Нерчинско-Заводский                                                    |                                                                        |                                                          |                                                                        |                                                                        | Кличинский                                                             |                                                          |                                                          |                                                                           |                                                                           |              |  |
|                                            | Воздвиженский                                                          |                                                                        |                                                          |                                                                        |                                                                        | Кличинский                                                             |                                                          |                                                          |                                                                           |                                                                           |              |  |
|                                            | Месторождение (автор)                                                  |                                                                        |                                                          |                                                                        |                                                                        |                                                                        |                                                          |                                                          |                                                                           |                                                                           | Акагуевский  |  |
| 1                                          | Благodatское (В. С. Кормилицын)                                        | Воздвиженское (А. Н. Кулагашев)                                        | Ивановское (К. Ф. Кузнецов)                              | Центральное (К. Д. Шолкин, Л. Н. Ленок)                                | 10                                                                     | 11                                                                     | 12                                                       | 13                                                       | Акагуевское (Д. Б. Плигина)                                               | 14                                                                        |              |  |
| Доломиты                                   | Перекристаллизация, окварцевание                                       | Перекристаллизация, окварцевание                                       | Перекристаллизация, окварцевание                         | Перекристаллизация, окварцевание                                       | Окварцевание, пиритизация                                              | Окварцевание, пиритизация                                              | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                 | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                 | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                                  | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                                  |              |  |
| Известняки                                 | Окварцевание, доломитизация, пиритизация                               | Окварцевание, доломитизация                                            | Окварцевание, доломитизация                              | Окварцевание, доломитизация                                            | Окварцевание, доломитизация, аксинитизация                             | Окварцевание, карбонатизация, анкеритизация, аксинитизация             | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                 | Окварцевание, карбонатизация, аксинитизация              | Окварцевание, доломитизация, анкеритизация, серпентинизация               | Окварцевание, доломитизация, анкеритизация, серпентинизация               |              |  |
| Сланцы, роговики, разбитые за счёт сланцев | Серицитизация, окварцевание, пиритизация                               | Серицитизация, окварцевание, пиритизация                               | Серицитизация, окварцевание, пиритизация                 | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                               | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                               | Серицитизация, карбонатизация, окварцевание, аксинитизация             | Серицитизация, окварцевание, пиритизация                 | Серицитизация, окварцевание, пиритизация                 | Окварцевание, карбонатизация, хлоритизация, серицитизация, турмалинизация | Окварцевание, карбонатизация, хлоритизация, серицитизация, турмалинизация |              |  |
| Песчаники                                  | Окварцевание, карбонатизация, серицитизация                            | Окварцевание, карбонатизация, серицитизация                            | Окварцевание, карбонатизация, серицитизация              | Окварцевание, карбонатизация, серицитизация, хлоритизация              | Окварцевание, карбонатизация, серицитизация, хлоритизация              | Окварцевание, карбонатизация, серицитизация, аксинитизация             | Окварцевание, карбонатизация, серицитизация, пиритизация | Окварцевание, карбонатизация, серицитизация, пиритизация | Окварцевание, карбонатизация, серицитизация, хлоритизация, турмалинизация | Окварцевание, карбонатизация, серицитизация, хлоритизация, турмалинизация |              |  |
| Граниты и гранито-порфиры                  | Альбитизация, серицитизация, хлоритизация, пиритизация                 | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                               | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                 | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                               | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                               | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                               | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                 | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                 | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                                  | Окварцевание, серицитизация, пиритизация                                  |              |  |
| Лампро-фиры, диориты                       | Карбонатизация, серицитизация, хлоритизация, окварцевание, пиритизация | Карбонатизация, серицитизация, хлоритизация, окварцевание, пиритизация | Карбонатизация, серицитизация, окварцевание, пиритизация | Карбонатизация, серицитизация, окварцевание, хлоритизация, пиритизация | Карбонатизация, серицитизация, окварцевание, хлоритизация, пиритизация | Карбонатизация, окварцевание, хлоритизация, пиритизация, аксинитизация | Карбонатизация, окварцевание, хлоритизация, пиритизация  | Карбонатизация, окварцевание, хлоритизация, пиритизация  | Карбонатизация, окварцевание, хлоритизация, серицитизация, пиритизация    | Карбонатизация, окварцевание, хлоритизация, серицитизация, пиритизация    |              |  |

Примечание. Таблица 1 составлена по материалам авторов, использованным из работы [2].

Таблица 2. Околорудноизменённые породы, сопровождающие колчеданно-свинцово-цинковое оруденение, приуроченное преимущественно к алюмосиликатным породам на различных месторождениях Приаргунско-го полиметаллического пояса

Table 2. Altered wall rocks accompanying lead-zinc-VMS mineralization confined mainly to aluminosilicate rocks at various ore deposits of the Priargunsky polymetallic belt

| Вмещающие породы                              | Александрово-Заводский район                                               |                                                                            |                                                                            |                                                                                        | Кличкинский рудный район                                                                             |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               | Александрово-Заводский рудный узел                                         |                                                                            |                                                                            |                                                                                        | Кличкинский рудный узел                                                                              |
|                                               | Месторождение (автор)                                                      |                                                                            |                                                                            |                                                                                        |                                                                                                      |
|                                               | Меркурьевское (Гора Меркурьевская) (Н. В. Горлов)                          | Гора Яковлевская (Н. В. Горлов)                                            | Гора Кулаковской (Н. В. Горлов)                                            | Кодак (Н. Н. Богославец)                                                               | Нойон-Тологой (В. В. Кузнецов и др.)                                                                 |
| 1                                             | 2                                                                          | 3                                                                          | 4                                                                          | 5                                                                                      | 6                                                                                                    |
| Эффузивы и их туфы (средне-основного состава) | Окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация, турмалинизация    | Окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация, турмалинизация    | Окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация, турмалинизация    | Серицитизация, хлоритизация, карбонатизация, окварцевание, пиритизация, турмалинизация | Карбонатизация (доломит, магнезиальный доломит, кальцит), окварцевание, серицитизация, гематитизация |
| Песчаники, конгломераты, сланцы, алевролиты   | Окварцевание, серицитизация, карбонатизация, турмалинизация, гематитизация | Окварцевание, серицитизация, карбонатизация, турмалинизация, гематитизация | Окварцевание, серицитизация, карбонатизация, турмалинизация, гематитизация | Окварцевание, серицитизация, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация                 | Окварцевание, серицитизация, карбонатизация, пиритизация                                             |
| Диориты, гранодиорит-порфиры, лампрофиры      | Окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация                    | Окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация                    | Окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация                    | Окварцевание, хлоритизация, серицитизация, карбонатизация, пиритизация                 | Окварцевание, серицитизация, карбонатизация, пиритизация                                             |

Примечание. Таблица 2 составлена по материалам авторов, заимствованным из работ [2, 9].

туевское, встречены В. С. Кормилицыным на месторождении Воздвиженское [2] и Е. В. Янишевским – на месторождении Благодатское [16]. Во внутренней зоне карбонатные породы замещаются кварцем и железомарганцевыми карбонатами (манган-кальцитового и манган-анкеритового ряда), которые распространены на 100 м от рудного тела.

Таким образом, на месторождении Акатувское, так же как и на месторождении Кадаинское, вблизи рудных тел формируются кварц-анкеритовые метасоматиты (с пиритом). На других свинцово-цинковых месторожде-

ниях Приаргунья, приуроченных к карбонатным породам, также развиты процессы гидротермального изменения: доломитизация, анкеритизация, окварцевание, пиритизация (см. табл. 1).

Кроме того, на месторождениях данного типа, где карбонатные породы подвержены контактовому метаморфизму и образуются скарны, скарнированные породы или роговики различного состава, появляются и другие виды их преобразования. Так, на месторождении Савинское № 5 (рис. 4) скарны и скарнированные породы подвержены аксинити-

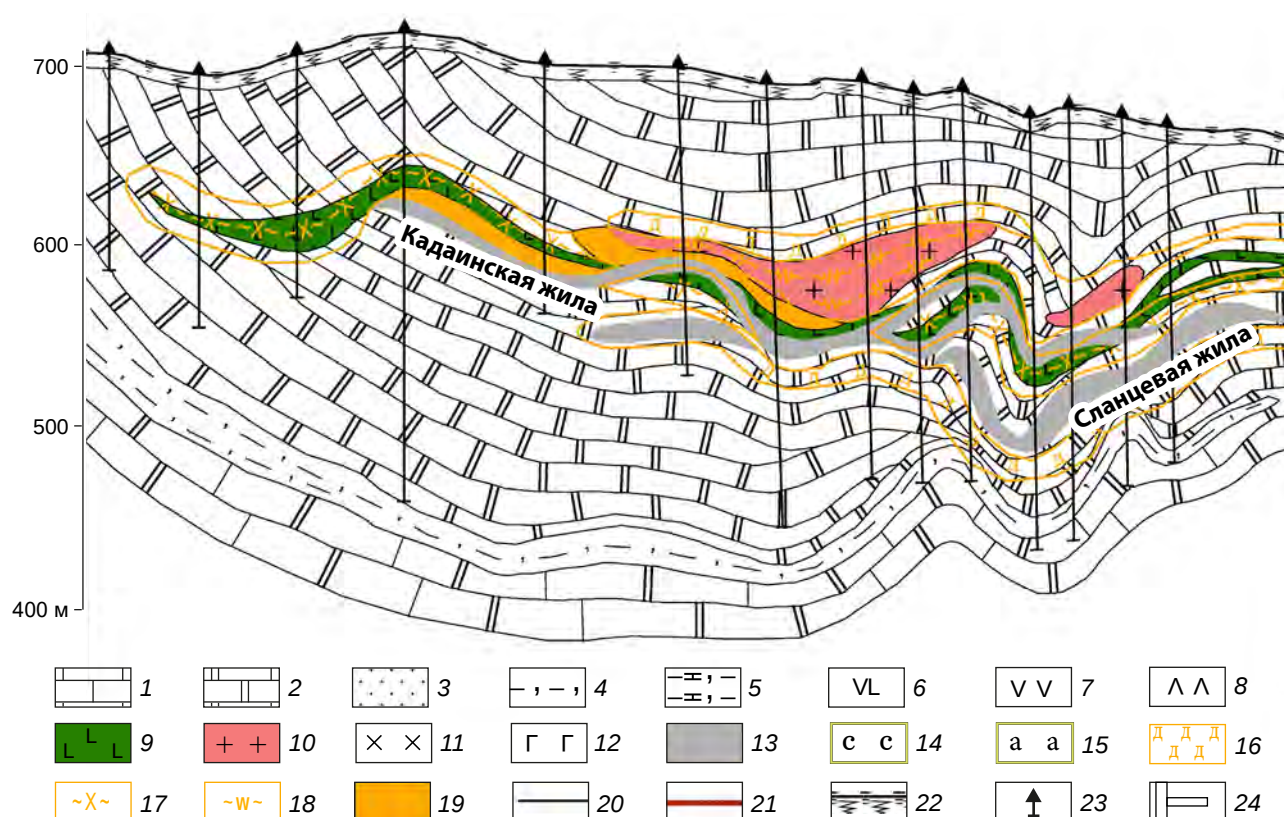


Рис. 2. Схематический продольный разрез через свинцово-цинковое месторождение Кадаинское (с использованием материалов [9]):

фациальные и литологические разновидности рудовмещающих отложений: 1, 2 – фации карбонатных пород: 1 – известняки, доломитистые известняки, 2 – доломиты, известковистые доломиты; 3–5 – терригенные отложения: 3 – песчаники, туфопесчаники, 4 – углеродистые алевролиты и аргиллиты, 5 – углеродисто-карбонатные алевролиты; 6–8 – вулканогенные породы: 6 – лавы андезибазальтов, 7 – лавы андезитов, 8 – лавы дацитов; 9–12 – интрузивные и субвулканические породы: 9 – лампрофиты, 10 – граниты, гранодиориты, 11 – диориты, 12 – габбро-долериты; 13 – свинцово-цинковые и свинцово-цинково-колчеданные рудные тела; 14 – скарноиды, роговики; 15 – аксинитизированные породы; 16–19 – околорудноизменённые породы: 16 – доломитизированные, окварцованные, 17 – окварцованные, карбонатизированные, хлоритизированные (с пиритом), 18 – окварцованные, карбонатизированные, серицитизированные (с пиритом), 19 – кварц-анкеритовые (с пиритом) метасоматиты; 20 – геологические границы; 21 – тектонические нарушения; 22 – четвертичные отложения; 23 – скважины; 24 – шахты, штольни

Fig. 2. Schematic longitudinal section along the Kadayinskoe lead-zinc deposit (compiled using data from [8]):

The facies and lithological varieties of the ore-accommodating formations: 1, 2 – carbonate rock facies: 1 – limestones, dolomitic limestones, 2 – dolomites, calcareous dolomites; 3–5 – terrigenous deposits: 3 – sandstones, tuffaceous sandstones, 4 – carbonaceous siltstones and claystones, 5 – carbonaceous-carbonate siltstones; 6–8 – volcanic rocks: 6 – andesibasalts lavas, 7 – andesite lavas, 8 – dacite lavas; 9–12 – intrusive and subvolcanic rocks: 9 – lamprophyres, 10 – granites, granodiorites, 11 – diorites, 12 – gabbro-dolerites; 13 – lead-zinc and lead-zinc-VMS ore bodies; 14 – skarnoids, hornfelses; 15 – axenitized rocks; 16–19 – altered wall rocks: 16 – dolomitized, silicified, 17 – silicified, carbonatized, chloritized (with pyrite), 18 – silicified, carbonated, sericitized (with pyrite), 19 – quartz-ankerite (with pyrite) metasomatites; 20 – geological boundaries; 21 – tectonic faults; 22 – Quaternary deposits; 23 – drill holes; 24 – shafts, adits

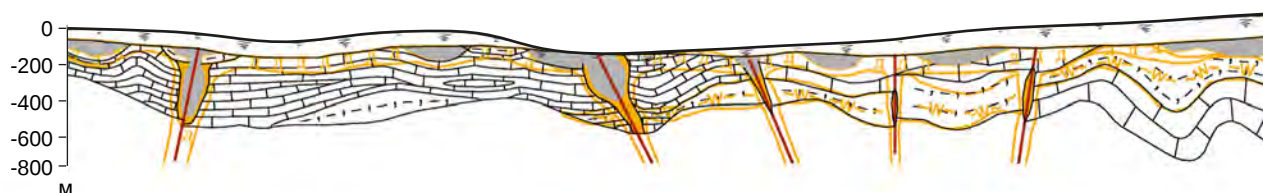


Рис. 3. Схематический продольный разрез через месторождение Акатуевское (с использованием материалов [9]): условные обозначения см. на рис. 2

Fig. 3. Schematic longitudinal section along the Akatuevskoe deposit (compiled using data from [8]):

See Fig. 2 for legend

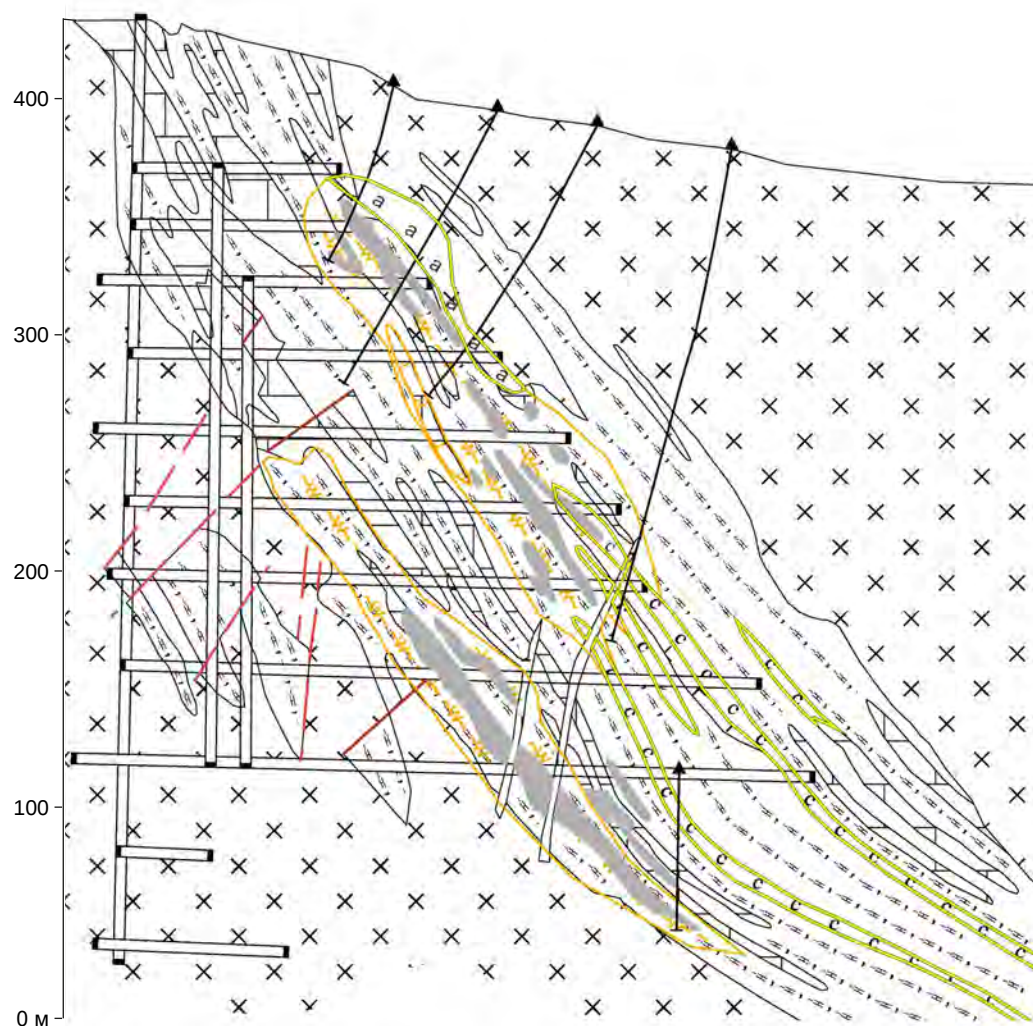


Рис. 4. Схематический разрез через центральную часть месторождения Савинское № 5 (с использованием материалов [9]): условные обозначения см. на рис. 2

Fig. 4. Schematic section across the central part of the Savinskoe No. 5 deposit (compiled using data from [8]):

See Fig. 2 for legend



зации, на месторождениях Кадаинское, Ака-туевское, Покровское диопсидовые роговики – серпентинизации, турмалинизации.

В пределах характеризуемых месторожде-ний кроме карбонатных пород отмечаются и алюмосиликатные (сланцы, песчаники, кон-гломераты, граниты, гранит-порфиры, лам-профиры, диориты), которые также подвер-жены околорудному изменению (см. табл. 1). Так, на месторождении Кадаинское измене-ние углистых сланцев и гранит-порфиров вы-ражается преимущественно в окварцевании, серицитизации, пиритизации, а на контакте с рудными телами формируются кварц-сери-цитовые (с пиритом) метасоматиты, мощность которых не превышает 1–3 метра. Породы среднего состава (лампрофиры, диориты) под-вержены окварцеванию, серицитизации, хло-ритизации, карбонатизации, в результате че-го образуются породы серицит-хлорит-кварц-анкеритовые или серицит-кварц-анкеритовые (с пиритом), а вблизи рудных тел — кварц-анкеритовые метасоматиты. Последние име-ют небольшую мощность (1–2 м), светлую ок-раску и макроскопически трудно отличаемы от карбонатных пород.

Околорудные изменения, направленные в сторону образования кварц-серицитовых и кварц-серицит-анкеритовых парагенезисов, классифицируются как березиты [1], а про-цесс их формирования – как березитизация. При околорудном изменении лампрофиров образуется фация, промежуточная между бе-резитами и лиственитами. К такому же вы-воду пришли Р. В. Голева и С. Ф. Редькин [3] для Акатуевского рудного поля, где за счёт гранит-порфиров сформированы метасомати-ты фации березитов (кварц-серицит-карбонат-пирит), а за счёт лампрофиров – фация, близ-кая к лиственитам.

Таким образом, формирование околоруд-ных метасоматитов происходит при едином процессе березитизации [4], а их состав опре-деляется составом вмещающих пород: собст-венно березиты образуются по породам кис-лого состава, листвениты – средне-основного, а кварц-анкеритовые – по карбонатным поро-дам. Процесс березитизации соответствует

стадии кислотного выщелачивания [5], при котором происходит вынос почти всех ком-понентов, за исключением калия. Когда ак-тивность калия в растворе уменьшается, а на-трия – увеличивается, образуются кварц-аль-битовые метасоматиты, что наблюдается на Михайловском рудном поле.

Поскольку на других свинцово-цинковых месторождениях Приаргунья, приуроченных к карбонатным породам (см. табл. 1), разви-ты сходные с месторождениями Кадаинского, Акатуевского и Кличкинского рудных узлов околорудноизменённые породы, то их тоже можно рассматривать как образовавшиеся в процессе березитизации.

*Околорудноизменённые породы, сопрово-ждающие месторождения Приаргунья, при-уроченные к алюмосиликатным породам.* В табл. 2 приведены околорудные изменения месторождений Александровско-Заводского (Меркурьевское, Кодак и др.) и Кличкинского (Нойон-Тологой) рудных районов. На дан-ных месторождениях преобладает оруденение колчеданно-полиметаллического состава, а форма рудных тел – жильная, прожилково-вкрапленная. Вмещающими породами явля-ются поздне-среднеюрские эффузивы и их ту-фы, песчаники, конгломераты, алевриты, редко – карбонатные породы. При этом эф-фузивные и интрузивные породы средне-ос-новного состава, а также осадочные породы окварцованы, серицитизированы, хлоритизи-рованы, карбонатизированы, пиритизирова-ны. Значительно развита на этих месторож-дениях турмалинизация.

Следовательно, в результате метасомати-ческого преобразования алюмосиликатных пород образуются парагенетические ассоци-ации: кварц-серицит-хлорит-карбонат-пирит или кварц-серицит-карбонат-пирит, которые отвечают фациям березитов, а процесс око-лорудного изменения классифицируется как березитизация. К такому же выводу пришли исследователи нового месторождения Нойон-Тологой [10] (рис. 5), где в результате гидро-термально-метасоматического преобразования дациты, андезиты, андезибазальты карбонати-зированы, окварцованы, серицитизированы,

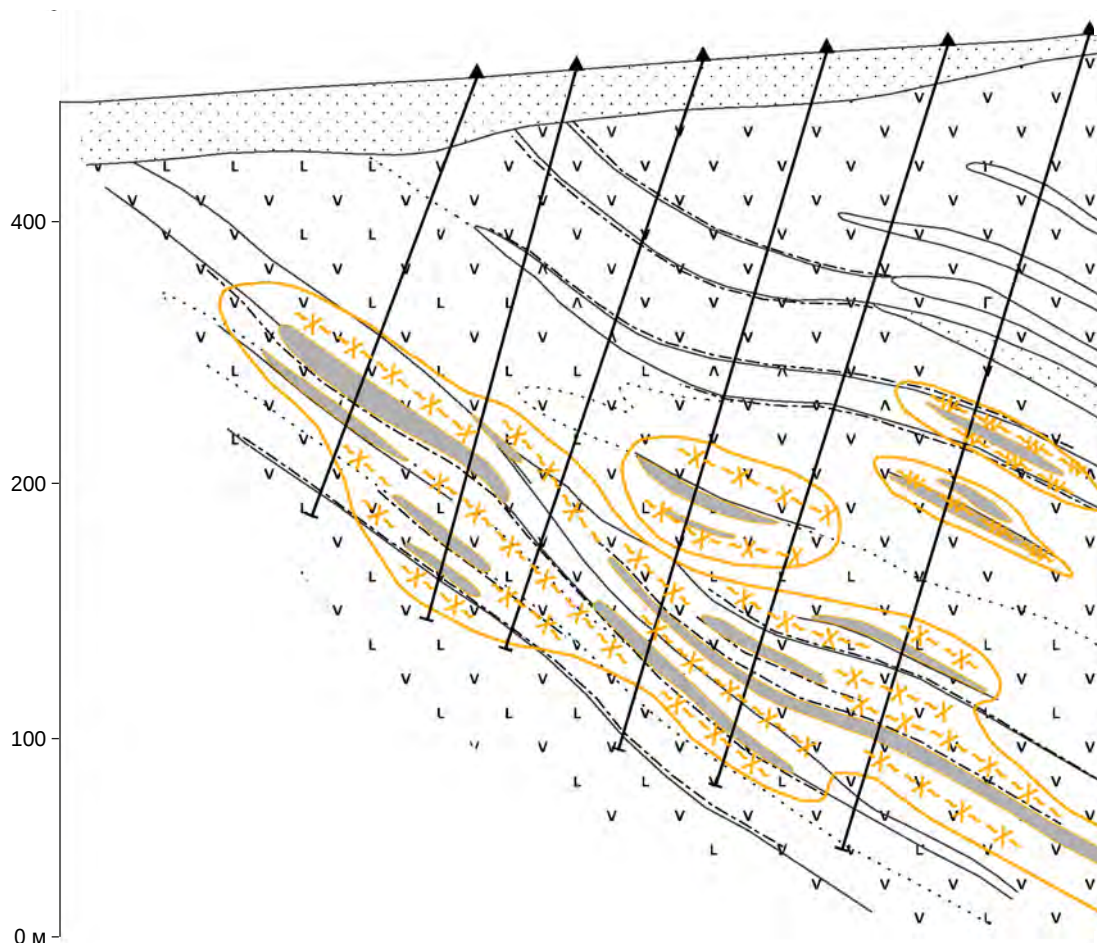


Рис. 5. Схематический разрез через месторождение Нойон-Тологой (с использованием материалов [10]): условные обозначения см. на рис. 2

Fig. 5. Schematic section across the Noyon-Tologoy deposit (compiled using data from [9]): See Fig. 2 for legend

пиритизированы. Такому же изменению подвержены осадочные породы (алевролиты, песчаники). Образованные при этом окolorудно-изменённые породы кварц-серицит-карбонатного состава (с пиритом) классифицируются как березиты [1, 4, 5].

В соответствии с вышесказанным окolorудноизменённые породы на месторождениях свинца и цинка Приаргунья образовались (по словам В. А. Жарикова и Б. И. Омеляненко [4]) при едином процессе березитизации. Различия в проявлении процесса березитизации в карбонатных и алюмосиликатных породах обусловлены составом исходных пород. При окolorудном метасоматозе пород кислого состава и сланцев образуется фация собст-

венно березитов (кварц-серицит-карбонат-пирит), при изменении пород средне-основного состава – фация, близкая к лиственитам (кварц-серицит-хлорит-пирит), а при изменении карбонатных пород – фация кварц-анкеритовых (с пиритом) метасоматитов.

Для месторождения Аномалия № 1 Кадаинского рудного поля был рассчитан привнос-вынос вещества на 1 м<sup>3</sup> по различным литологическим разностям пород [8], в результате чего установлено, что в карбонатных породах происходил привнос K<sub>2</sub>O, MnO, FeO, SiO<sub>2</sub>, а в алюмосиликатных – привнос K<sub>2</sub>O и SiO<sub>2</sub>. Между остальными элементами происходил диффузионный обмен между карбонатной и алюмосиликатной средами.



Изучение химизма процесса околорудного изменения карбонатных и алюмосиликатных пород, характеризующегося привнесением калия, подтверждает вывод, что этот процесс аналогичен березитизации.

### Закключение

1. Изучение околорудноизменённых пород на месторождениях Приаргунской металлогенической зоны как в карбонатной, так и в алюмосиликатной среде привело исследователей 60-х – 70-х годов к выводу о формировании их в процессе березитизации. Изучение этих пород в последние годы на эксплуатируемом месторождении Нойон-Тологой [10] подтвердило ранее высказанную точку зрения.

2. Локальное распространение околорудных изменений типа березитизации и их тесная связь с рудными телами (свинцово-цинковыми и колчеданно-полиметаллическими) позволяют использовать их в качестве поис-

кового признака при поисках слепых рудных тел. Так, на месторождении Аномалия № 1, в выявлении и изучении которого принимал участие один из авторов [8], в фиксируемой с поверхности зоне изменений в карбонатных породах свинцово-цинковые рудные тела были вскрыты на глубине 60 м. При этом зоны изменения, развитые по известнякам, выделяются по светло-жёлтой окраске, а по доломитам – буровато-коричневой или шоколадно-коричневой.

В заключение необходимо отметить, что охарактеризованные околорудноизменённые породы, развитые на свинцово-цинковых и колчеданно-полиметаллических месторождениях Восточного Забайкалья, играют важную роль при прогнозе и поисках только в сочетании с другими геологическими поисковыми критериями, в особенности с литолого-стратиграфическими.

### Список литературы

1. Бородаевский Н. Н., Бородаевская М. Б. Уральские листвениты, березиты и родственные им породы / Уральское петрографическое совещание (Тезисы докладов). – Свердловск, 1961. – № 2. – С. 91–93.
2. Вопросы геологии и генезиса некоторых свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья / Труды ИГЕМ АН СССР. Вып. 83. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1963. – 212 с.
3. Голева Р. В., Редькин С. Ф. О гидротермальном изменении алюмосиликатных пород на Акатуевском рудном поле (Восточное Забайкалье) // Геология рудных месторождений. – 1968. – № 1. – С. 41–57.
4. Жариков В. А., Омеляненко Б. И. Некоторые проблемы изучения вмещающих пород в связи с металлогеническими исследованиями / Изучение закономерностей размещения минерализации при металлогенических исследованиях. – М.: Недра, 1965. – С. 119–188.
5. Коржинский Д. С. Очерк метасоматических процессов / Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – С. 335–453.
6. Кравченко Э. С. Геохимические особенности гидротермального изменения карбонатных пород, вмещающих полиметаллические рудные тела Акатуевского рудного поля (Восточное Забайкалье). Автореферат диссертации, представленной на соискание ученой степени канд. г.-м. наук. – Иркутск, 1967. – 23 с.
7. Кудрявцева Н. Г. Некоторые особенности гидротермально-изменённых пород Кадаинского рудного поля (Восточное Забайкалье) // Геология и разведка. – 1967. – № 12. – С. 45–54.
8. Кудрявцева Н. Г., Филатов Е. И. Гидротермально изменённые породы полиметаллического месторождения Аномалия № 1 (Восточное Забайкалье) / Труды ЦНИГРИ. Вып. 96, ч. II. – М.: ЦНИГРИ, 1971. – С. 87–98.
9. Кузнецов В. В., Брель А. И., Богославец Н. Н., Елишина С. Л., Кузнецова Т. П., Серавина Т. В. Металлогения Приаргунской структурно-формационной зоны // Отечественная геология. – 2018. – № 2. – С. 32–43.
10. Кузнецов В. В., Брель Л. И., Кузнецова Т. П., Серавина Т. В., Мигачёв И. Ф., Донец А. И., Кудрявцева Н. Г., Богославец Н. Н., Елишина С. Л.

Особенности строения и минералогическая характеристика руд полиметаллического месторождения в вулканогенных ассоциациях (VMS) Нойон-Тологой // Отечественная геология. – 2021. – № 6. – С. 65–84.

11. Кузнецов В. В., Серавина Т. В., Донец А. И., Кудрявцева Н. Г., Кузнецова Т. П., Филиппова С. С. История изучения и основные особенности свинцово-цинково-колчеданных месторождений типа MVT Приаргунской минерагенической зоны // Отечественная геология. – 2023. – № 5. – С. 3–25.
12. Санин Б. П., Зорина Л. Д. Геология и геохимия Кличкинского рудного узла и прогноз оруденения. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд., 1978. – 184 с.
13. Серавина Т. В., Кузнецова Т. П., Кузнецов В. В., Богославец Н. Н. Колчеданно-полиметаллические месторождения Приаргунской минераге-

нической зоны / Материалы IX научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных и цветных металлов – состояние и перспективы». – М. : ЦНИГРИ, 2019. – С. 198–199.

14. Смирнов С. С. Полиметаллические месторождения и металлогения Восточного Забайкалья. – М. : Изд. АН СССР, 1961. – 507 с.
15. Филатов Е. И., Кудрявцева Н. Г. О магнезиальных скарнах Кадаинского рудного поля // Геология и разведка. – 1967. – № 9. – С. 57–62.
16. Янишевский Е. В. О влиянии гидротермально-измененных карбонатных пород на образование полиметаллических рудных тел и их морфологию на Благодатском месторождении (Восточное Забайкалье) // Геология и разведка. – 1966. – № 4. – 20 с.

## References

1. Borodaevskii N. N., Borodaevskaya M. B. Ural'skie listvenity, berezity i rodstvennye im porody [Ural listvenites, beresites and related rocks], Ural'skoe petrograficheskoe soveshchanie (Tezisy докладов) [Ural petrographic conference (Abstracts of reports)], Sverdlovsk, 1961, No 2, pp. 91–93.
2. Voprosy geologii i genezisa nekotorykh svintsovo-tsinkovykh mestorozhdenii Vostochnogo Zabaikal'ya [Geology and genesis issues of some lead-zinc deposits of Eastern Transbaikalia], *Trudy IGEN AN SSSR. Vypusk 83* [Proceedings of the IGEN USSR Academy of Sciences. Issue 83], Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1963, 212 p.
3. Goleva R. V., Red'kin S. F. O gidrotermal'nom izmenenii alyumosilikatnykh porod na Akatuevskom rudnom pole (Vostochnoe Zabaikal'e) [On hydrothermal alteration of aluminosilicate rocks in the Akatuevsky ore field (Eastern Transbaikalia)], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of ore deposits], 1968, No 1, pp. 41–57. (In Russ.)
4. Zharikov V. A., Omel'yanenko B. I. Nekotorye problemy izucheniya vmeshchayushchikh porod v svyazi s metallogenicheskimi issledovaniyami [Some problems of studying host rocks in connection with metallogenetic studies], *Izuchenie zakonomernostei razmeshcheniya mineralizatsii pri metallogenicheskikh issledovaniyakh* [Study of mineralization distribution patterns during metallogenic studies], Moscow, Nedra Publ., 1965, pp. 119–188.
5. Korzhinskii D. S. Ocherk metasomaticheskikh protsessov [Essay on metasomatic processes], *Osnovnye problemy v uchenii o magmatogennykh rudnykh mestorozhdeniyakh* [Main problems in the theory of magmatogenic ore deposits], Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1955, pp. 335–453.
6. Kravchenko E. S. Geokhimicheskie osobennosti gidrotermal'nogo izmeneniya karbonatnykh porod, vmeshchayushchikh polimetallicheskie rudnye tela Akatuevskogo rudnogo polya (Vostochnoe Zabaikal'e) [Geochemical features of hydrothermal alteration of carbonate rocks hosting polymetallic ore bodies of the Akatuevsky ore field (Eastern Transbaikalia)] (abstract of a dissertation submitted for the degree), Irkutsk, 1967, 23 p.
7. Kudryavtseva N. G. Nekotorye osobennosti gidrotermal'no-izmenennykh porod Kadainskogo rudnogo polya (Vostochnoe Zabaikal'e) [Some features of hydrothermally altered rocks of the Kadayinsky ore field (Eastern Transbaikalia)], *Geologiya i razvedka* [Geology and exploration], 1967, No 12, pp. 45–54. (In Russ.)
8. Kudryavtseva N. G., Filatov E. I. Gidrotermal'no izmenennye porody polimetallicheskogo mestorozhdeniya Anomaliya № 1 (Vostochnoe Zabaikal'e)



- [Hydrothermally altered rocks of the Anomaly No. 1 polymetallic deposit (Eastern Transbaikalia)], *Trudy TsNIGRI. Vypusk 96, chast' II* [Proceedings of TsNIGRI. Issue 96, part II], Moscow, TsNIGRI Publ., 1971, pp. 87–98.
9. Kuznetsov V. V., Brel' A. I., Bogoslavets N. N., Elshina S. L., Kuznetsova T. P., Seravina T. V. Metallogeniya Priargunskoi strukturno-formatsionnoi zony [Metallogeny of the Argun structural-formational zone], *Otechestvennaya geologiya* [National geology], 2018, No 2, pp. 32–43. (In Russ.)
  10. Kuznetsov V. V., Brel' L. I., Kuznetsova T. P., Seravina T. V., Migachev I. F., Donets A. I., Kudryavtseva N. G., Bogoslavets N. N., Elshina S. L. Osobennosti stroeniya i mineralogicheskaya kharakteristika rud polimetallicheskogo mestorozhdeniya v vulkanogennykh assotsitsiyakh (VMS) Noion-Tologoi [Structural features and mineralogical characteristics of ores of the polymetallic deposit in volcanogenic associations (VMS) Noyon-Tologoi], *Otechestvennaya geologiya* [National geology], 2021, No 6, pp. 65–84. (In Russ.)
  11. Kuznetsov V. V., Seravina T. V., Donets A. I., Kudryavtseva N. G., Kuznetsova T. P., Filippova S. S. Istoriya izucheniya i osnovnye osobennosti svintsovo-tsinkovo-kolchedannykh mestorozhdenii tipa MVT Priargunskoi mineragenicheskoi zony [History of the study and the main features of lead-zinc-pyrite deposits of the MVT type of the Priargunsky mineragenic zone], *Otechestvennaya geologiya* [National geology], 2023, No 5, pp. 3–25. (In Russ.)
  12. Sanin B. P., Zorina L. D. Geologiya i geokhimiya Klichkinskogo rudnogo uzla i prognoz orudeneniya [Geology and geochemistry of the Klichinsky ore cluster and mineralization forecast], Novosibirsk, Siberian branch of Nauka Publ., 1978, 184 p.
  13. Seravina T. V., Kuznetsova T. P., Kuznetsov V. V., Bogoslavets N. N. Kolchedanno-polimetallicheskie mestorozhdeniya Priargunskoi mineragenicheskoi zony [Pyrite-polymetallic deposits of the Priargunskaya mineragenic zone], Materialy IX nauchno-prakticheskoi konferentsii "Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza, poiskov i otsenki mestorozhdenii blagorodnykh i tsvetnykh metallov – sostoyanie i perspektivy" [Proceedings of the IX scientific and practical conference "Scientific and methodological foundations for forecasting, prospecting and evaluating deposits of precious and non-ferrous metals – status and prospects"], Moscow, TsNIGRI Publ., 2019, pp. 198–199.
  14. Smirnov S. S. Polimetallicheskie mestorozhdeniya i metallogeniya Vostochnogo Zabaikal'ya [Polymetallic deposits and metallogeny of Eastern Transbaikalia], Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1961, 507 p.
  15. Filatov E. I., Kudryavtseva N. G. O magnezial'nykh skarnakh Kadainskogo rudnogo polya [On magnesian skarns of the Kadayinsky ore field], *Geologiya i razvedka* [Geology and exploration], 1967, No 9, pp. 57–62. (In Russ.)
  16. Yanishevskii E. V. O vliyaniy gidrotermal'no-izmenennykh karbonatnykh porod na obrazovanie polimetallicheskikh rudnykh tel i ikh morfologiyu na Blagodat'skom mestorozhdenii (Vostochnoe Zabaikal'e) [On the influence of hydrothermally altered carbonate rocks on the formation of polymetallic ore bodies and their morphology at the Blagodat'skoye deposit (Eastern Transbaikalia)], *Geologiya i razvedka* [Geology and exploration], 1966, No 4, 20 p. (In Russ.)

**Кудрявцева Нелли Георгиевна** (ngkudryavtseva@tsnigri.ru)

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник

**Богославец Николай Николаевич**

старший научный сотрудник

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов», г. Москва, Россия