

ГЕАЛОГІЯ · ГЕОЛОГИЯ · GEOLOGY

УДК 552.161/23(476-15)

<https://doi.org/10.65207/1680-2373-2025-2-5-18>

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД ПЕРСПЕКТИВНОГО УЧАСТКА «ЛЯЦКОЕ» (КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ ЗАПАДА БЕЛАРУСИ)

О. А. Піскун, А. А. Толкачикова, Е. А. Александрович

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»

Филиал «Институт геологии»

ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь

E-mail: fundament@geologiya.by, gmkf@geologiya.by

Представлены результаты исследования кристаллических пород малоизученного участка «Ляцкое», расположенного на западе Беларуси. Определены их минералого-петрографические и геохимические особенности. Основное внимание уделено метасоматически измененным образованиям. Установлено, что проявление «Ляцкое» металлогенически специализировано на цветные и редкие металлы и относится к сульфидно-полиметаллической рудной формации жильного типа.

Ключевые слова: кристаллический фундамент, участок «Ляцкое», метасоматические породы, петрография, геохимия.

ВВЕДЕНИЕ

Перспективный с точки зрения обнаружения металлических полезных ископаемых участок «Ляцкое» расположен в Щучинском районе Гродненской области в 6 километрах западнее г. Щучина. В строении кристаллического фундамента данной территории принимают участие стратифицированные образования щучинской серии, прорванные породами чарнокит-эндербитового, голеновского, осмоловского, мостовского, березовского и песковского комплексов (рис. 1). Сам участок расположен восточнее основной ветви Щучинского глубинного разлома в контуре Щучинского гранулитового блока (область развития пород щучинской серии). В поле силы тяжести достаточно отчетливо картируются локальные разломы субширотного и северо-западного простираний сбросо-сдвиговой кинематики, деформирующие Щучинский разлом. В магнитном поле участок расположен в контурах локальных магнитных аномалий изометричной формы интенсивностью 1100–1200 нТл, что, вероятно, связано с наличием в составе пород повышенного содержания магнетита.

В процессе проведения геолого-гидрогеологической съемки масштаба 1:200000 листа N-35-XIX (Щучин) в 1966 г. была пробурена скв. ІІІ (Щучин) 7, вскрывшая стратифицированные породы щучинской серии, где в отдельных интервалах

наблюдалась сульфидная вкрапленность. В последующие годы Мостовской геологосъемочной партией в 1970–1974 гг. проводились работы по глубинному геологическому картированию среднего масштаба в пределах зоны Щучинского разлома. Было пробурено 2 скв. М (Мосты) 134 и 185 глубиной 343,8 и 322,5 м соответственно, установившие наличие прожилково-вкрапленной рудной минерализации, представленной пиритом, магнетитом, халькопиритом, арсенопиритом и галенитом [5]. Изучаемая площадь была выделена как перспективная на выявление металлических полезных ископаемых на основании как структурных признаков (именно в этом месте Щучинская зона смятия делает изгиб и меняет свое направление с субмеридионального на северо-восточное), так и фактического наличия участка сульфидной минерализации. По данным спектрального анализа зафиксированы концентрации меди – 0,05% и цинка – 0,01% [5]. Есть предположение, что формирование рудного участка «Ляцкое» связано с процессами гидротермально-метасоматической деятельности в Щучинской тектонической зоне. Немаловажным фактором является наличие в данной структурной разломной зоне уже известных рудопроявлений «Шниппки» и «Ельня», специализированных на цветные, редкие и благородные металлы (медь, молибден, свинец, цинк, вольфрам, серебро) [3; 4].

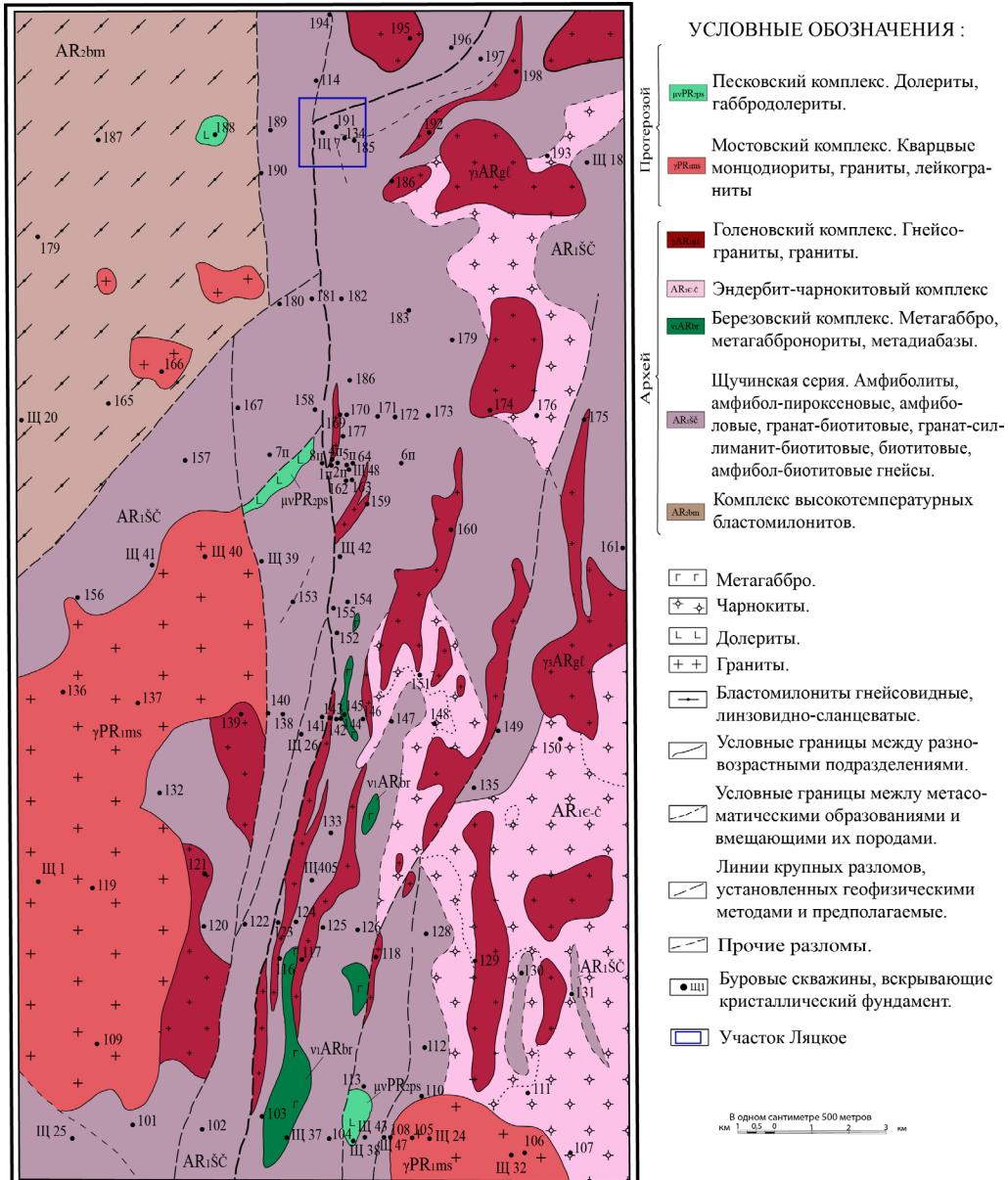


Рисунок 1 – Расположение участка «Ляцкое» на схематической геологической карте запада Беларуси

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для изучения послужили образцы пород из керна 10 скважин, пробуренных Мостовской геолог съёмочной партией (1970–1973 гг.) и Белорусской геолого-гидрологической экспедицией республиканского унитарного предприятия «Белгеология» (1996–1999 гг.), вскрывшие породы фундамента как непосредственно на участке «Ляцкое», так и вблизи от него. С использованием поляризационных микроскопов Альтами ПОЛАР 312, Carl Zeiss Axioskop 40 A Poi оптическим микроскопическим методом изучено около 210 шлифов разных типов пород как первичных неизмененных образований, так и метасоматически измененных. Для выявления особенностей их химизма использовались

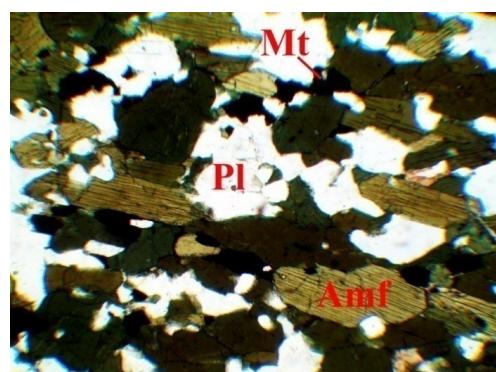
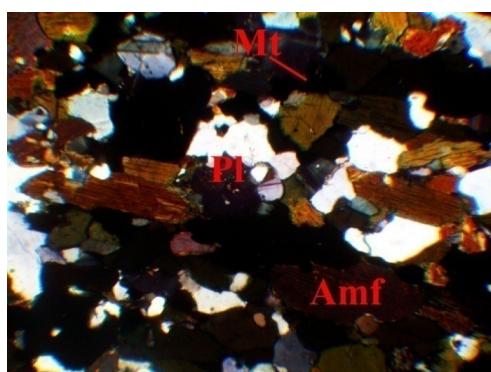
аналитические данные 22 полных силикатных анализов [6] и 54 спектрально-количественного анализа, выполненных в различных лабораториях (ПО «Центрказгеология», г. Караганда; Центральная лаборатория РУП «Белгеология»; Институт минералогии и геохимии редких элементов, г. Москва). Процесс исследований заключался в комплексном анализе структурно-геологических, петрографических, минералогических и геохимических данных. Для определения степени накопления рассеянных элементов были вычислены кларки концентрации (K_k) – отношения средних содержаний микроэлементов в породах к кларкам соответствующих элементов в главных типах магматических и осадочных пород земной коры, определенных А. П. Виноградовым [2].

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД

Породы кристаллического фундамента в пределах рудопроявления «Ляцкое» вскрыты тремя скважинами – Щ 7, М 134 и М 185. С учетом выполненных петрографических исследований среди них были установлены следующие типы пород: амфиболиты, плагиогнейсы и гнейсы щучинской серии, образованные по ним метасоматические образования, а также прорывающие стратифицированные образования – граниты. Близость участка к тектонической зоне Щучинского разлома во многом определила текстурно-структурные особенности слагаемых его пород. По всему вскрытому скважинами разрезу фундамента

встречаются образования, претерпевшие влияние процессов катаклиза и милонитизации. В отдельных интервалах они изменены (истерты) до состояния ультрамилонитов. Породы подверглись гидротермально-метасоматическому воздействию, что привело к их калишпатизации, хлоритизации, скаполитизации, окварцеванию, биотитизации и эпидотизации.

Амфиболиты (рис. 2) представляют собой породы с массивной или слабо выраженной полосчатой текстурой и мелкозернистой гранонематобластовой структурой. В основном они сложены плагиоклазом – 50–55 % и амфиболом – 45–50 %, с присутствием биотита и кварца (до 5 %). Из акцессорных и рудных минералов (< 1 %) встречаются магнетит и апатит.



Здесь и далее – фото шлифа: слева – с анализатором; справа – без анализатора;
видимое поле шлифа 3,0×2,5 мм

Рисунок 2 – Амфиболит, скв. М 134, гл. 343,0 м

Плагиогнейсы и гнейсы (рис. 3–5) являются доминирующим типом пород. Наиболее распространенными являются биотитовые и амфибол-биотитовые разности, реже встречаются амфиболовые и гранат-биотитовые гнейсы. Текстуры пород от массивной и нечетко гнейсовой до неясно слоистой и милонитовой; структура – средне-, мелкозернистая гранобластовая, нематогранобластовая и лепидогранобластовая. Часто

с признаками окварцевания, катаклиза, калишпатизации и скаполитизации. Минеральный состав (%): плагиоклаз – 40–45, биотит – 10–15, кварц – 7–15, калиевый полевой шпат – 3–7, ±амфибол – 5–15, ±гранат – 5–10, ±пироксены – 3–7, иногда эпидот до 1–2. Из акцессорных минералов встречаются магнетит, сульфиды, апатит, циркон, сфен; из вторичных – серицит-пелитовый материал, скаполит.

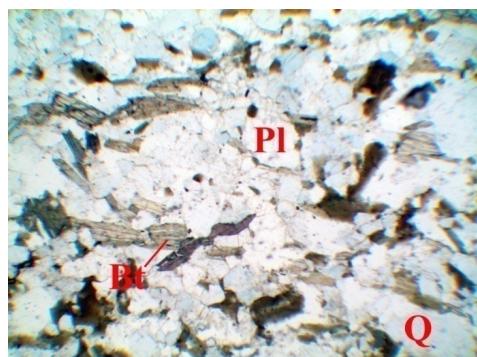


Рисунок 3 – Плагиогнейс биотитовый, скв. Щ 7, гл. 224,7 м

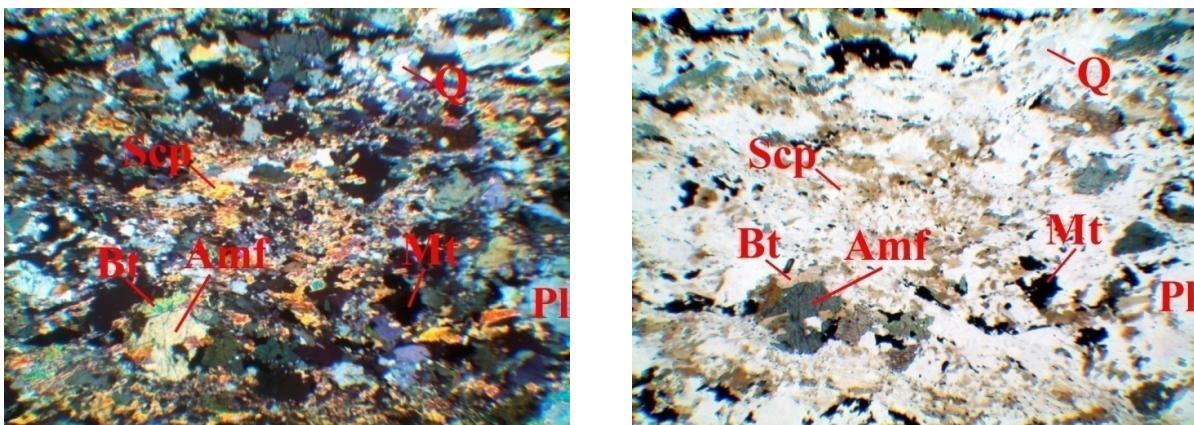


Рисунок 4 – Плагиогнейс амфибол-биотитовый, скв. М 134, гл. 303,0 м

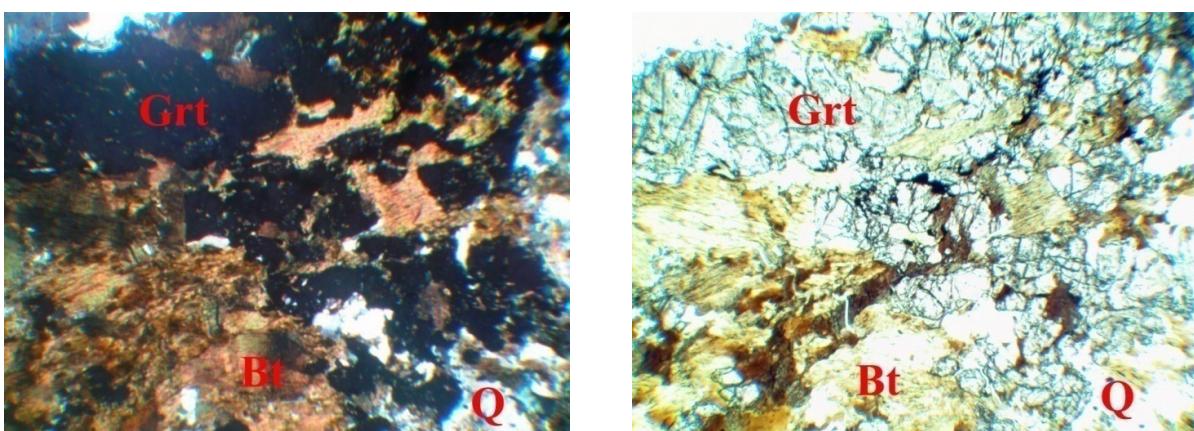


Рисунок 5 – Плагиогнейс гранат-биотитовый, скв. М 185, гл. 280,0 м

Граниты (рис. 6) образуют маломощные тела и жилы среди гнейсов и амфиболитов. Текстура массивная, структура гипидиоморфнозернистая, гранитовая. За счет катахлаза и милонитизации породы местами приобретают гнейсовидный

облик с милонитовой и бластопорфировой структурой и неяснослоистой очковой текстурой. Минеральный состав (%): калиевый полевой шпат 20–45, плагиоклаз 25–40, кварц 25–30, биотит 5–7. Аксессорные минералы – магнетит; вторичные – пеллит-серцицитовый материал.

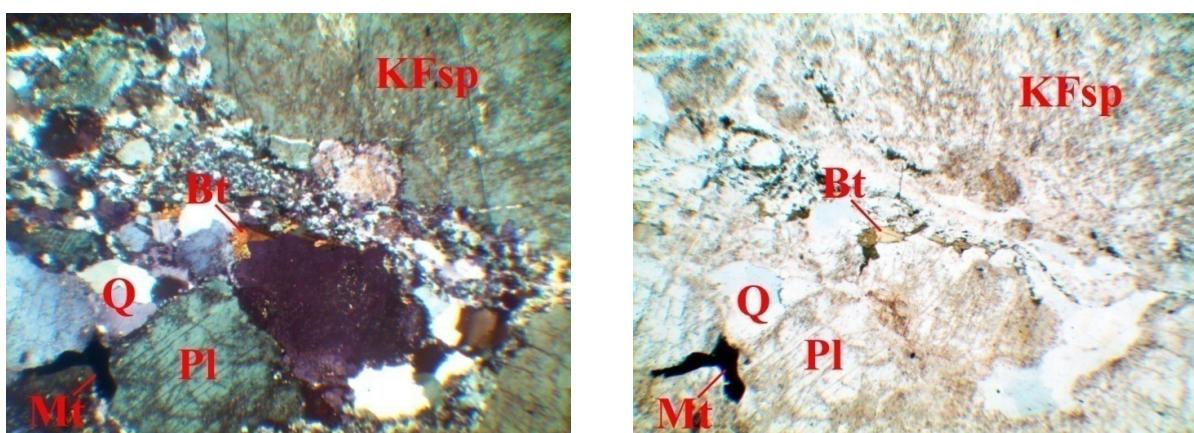


Рисунок 6 – Гранит, скв. М 185, гл. 306,5 м

Среди **метасоматитов** (рис. 7–11) в зависимости от преобладания тех или иных минералов выделяются **эпидот-кварц-плагиоклазовые и эпидот-кварц-амфибол-плагиоклазовые разности**. Текстура пород массивная, местами сланцеватая, структура – тонкозернистая, гранобластовая. Характерно широкое проявление процессов

сериицитизации и скаполитизации, а также отмечается обильная вкрапленность сульфидных минералов. Минеральный состав (%): плагиоклаз – 45–50, кварц – 15–30, ±амфибол – 15–20, эпидот – 10–15, сульфиды – 3–5, магнетит – 2–3, скаполит – 1. Вторичные минералы – хлорит, серицит.

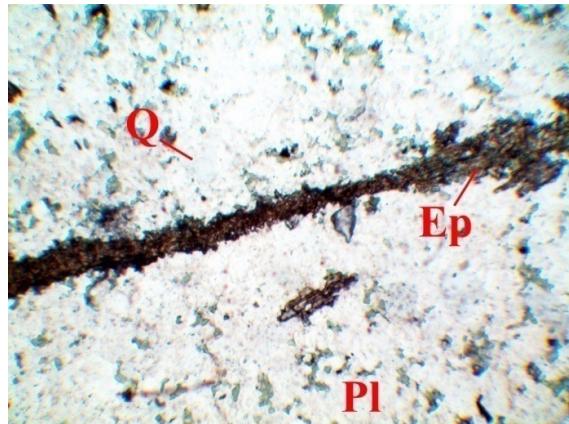
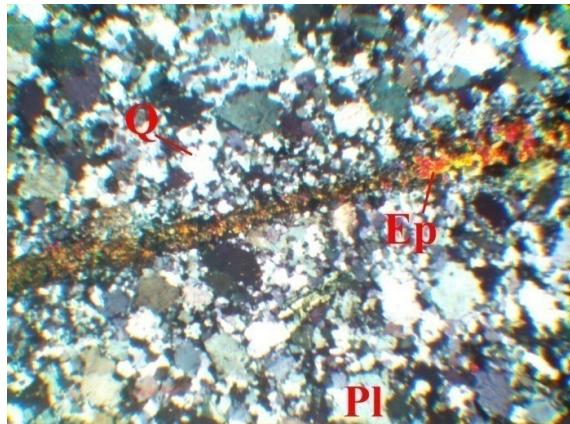


Рисунок 7 – Метасоматит эпидот-кварц-плагиоклазовый, скв. М 134, гл. 312,0 м

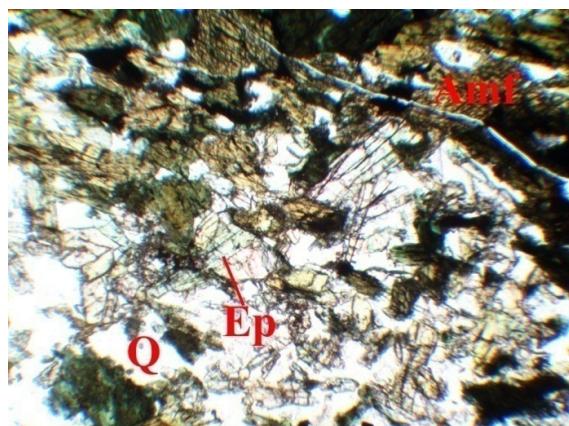
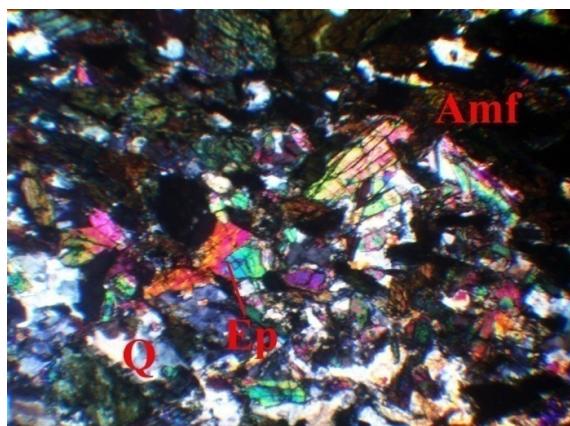


Рисунок 8 – Метасоматит эпидот-кварц-амфибол-плагиоклазовый, скв. М 134, гл. 318,5 м

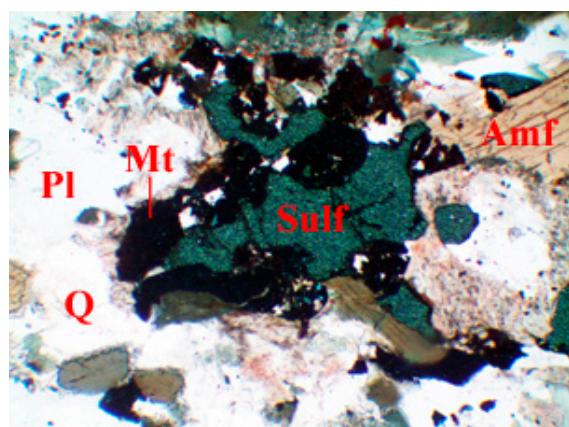
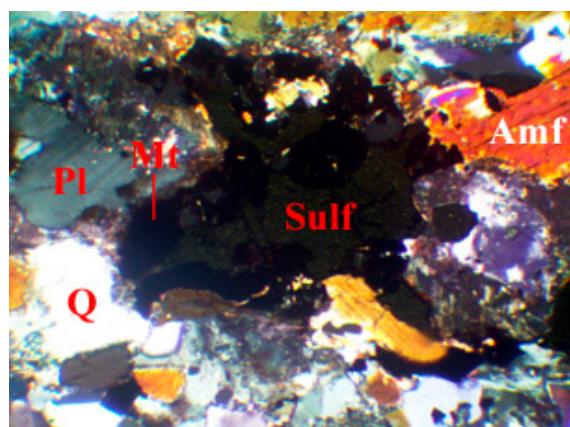


Рисунок 9 – Метасоматит эпидот-кварц-амфибол-плагиоклазовый с сульфидами, скв. М 134, гл. 324,0 м (видимое поле шлифа 1,0×1,5 мм)

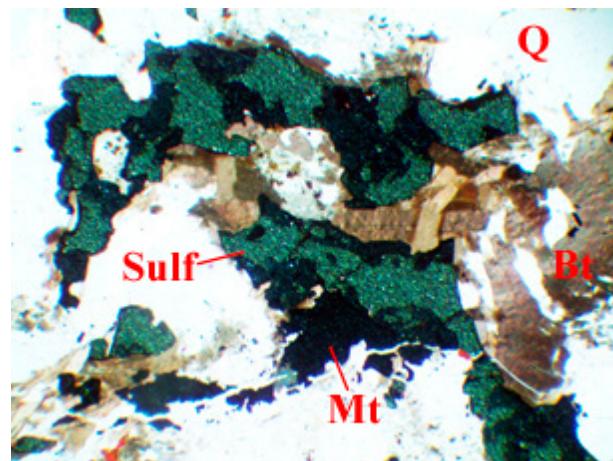
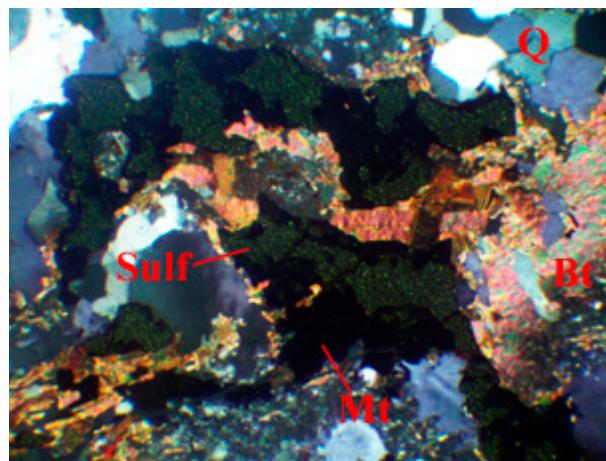


Рисунок 10 – Метасоматит эпидот-кварц-амфибол-плагиоклазовый с сульфидами, скв. М 134, гл. 348, 0 м
(видимое поле шлифа 1,0×1,5 мм)

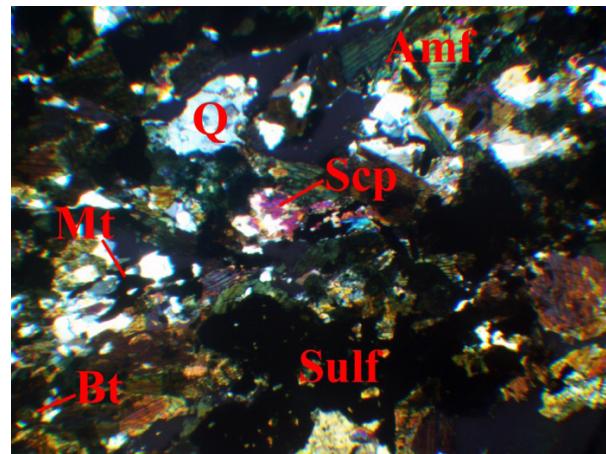


Рисунок 11 – Метасоматит эпидот-кварц-амфибол-плагиоклазовый с сульфидами, скв. ІІ 7, гл. 257,2 м

Плагиоклаз в метасоматитах представлен олигоклаз-андезином. Он формирует неправильной формы зерна размером не более 0,4–0,5 мм. Для него характерно обильное замещение вторичными минералами, такими как серицит-пелитовым агрегатом, скаполитом. Полисинтетические двойники проявлены плохо и в большинстве индивидов не различимы. Кварц представлен в виде неправильных, угловатых зерен размером 0,3–0,4 мм. В породе распространен как в виде одиночных зерен, так и небольших скоплений и прожилков. Амфибол – роговая обманка формирует неправильно-призматической, удлиненно-неправильной формы зерна и бесформенные выделения бледно-зеленого и сине-зеленого цвета. Размер отдельных зерен не превышает 0,5–0,6 мм. Эпидот образует неправильные округлые комковатые выделения, а также удлиненно-призматические зерна. Наблюдаются

в породе в виде скоплений, а также заполняет трещинки. Размер зерен от 0,3 до 0,5–0,6 мм. В ассоциации с эпидотом можно часто наблюдать рудные минералы и амфибол. Рудные минералы представлены магнетитом, который формирует зерна в виде мелкой вкрапленности размером не более 0,1–0,2 мм, и сульфидами, образующими неправильные, угловатые выделения, реже идиоморфные зерна размером до 1,0–1,5 мм. Скаполит присутствует в виде бесцветных зерен со слегка зеленоватым плеохроизмом, развивающимся по плагиоклазу. Их размер не превышает 0,2–0,3 мм.

Среди метасоматитов отдельно выделяется группа олигоклазитов (рис. 12). Они представляют собой мелкозернистую породу с массивной текстурой и гранобластовой структурой. Состоит из плагиоклаза (олигоклаз) до 90–95 %, кварца – 3–5 % и слюды – 1–2 %.

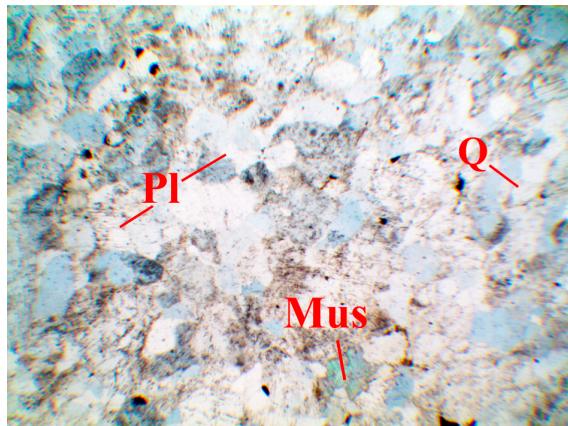
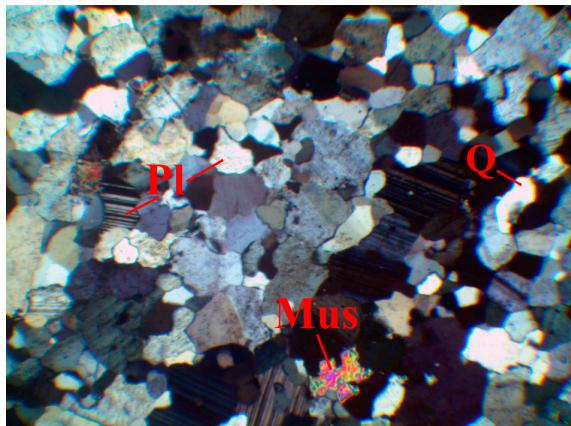


Рисунок 12 – Олигокласит, скв. ІІ 7, гл. 231,4 м

Милониты, ультрамилониты, бластомилониты (рис. 13–15). Все разновидности представляют собой нечетко полосчатые мелко- и тонкозернистые разности, состоящие из тонкоперетертого агрегата кварца, биотита и полевых шпатов, среди которых иногда наблюдаются реликты – порфирокласти плагиоклаза и калиевого полевого шпата, уцелевшие от дробления.

Текстура пород мелкоочковая, сланцеватая; структура – гетеробластовая, тонкомилонитовая, линзокластическая, бластопорфировая, реликтовая порфировая. Главными пордообразующими минералами в них являются (%): плагиоклаз – 40–45, кварц – 25–35, биотит – 5–40, калиевый полевой шпат – 5–10. Аксессорные минералы – магнетит, эпидот, циркон, сульфиды.

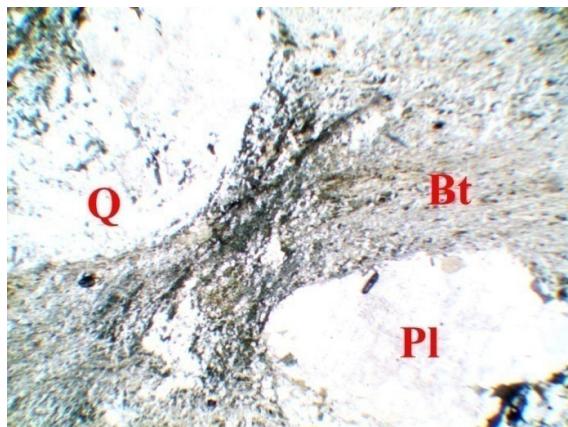
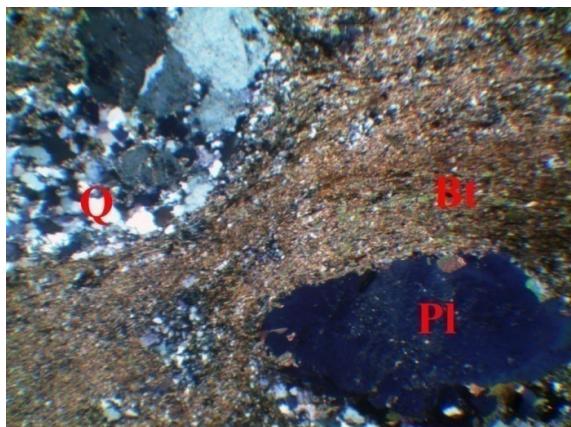


Рисунок 13 – Милонит, скв. М 185, гл. 254,2 м

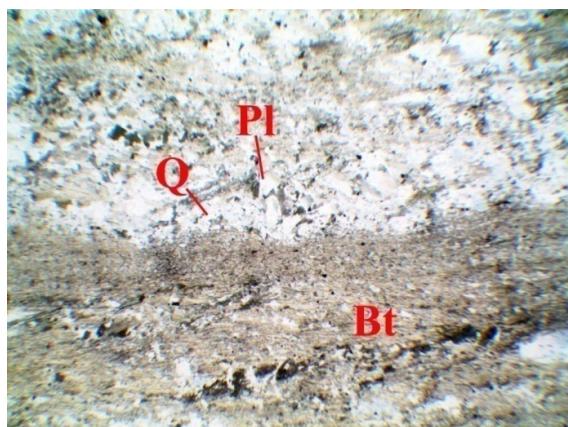
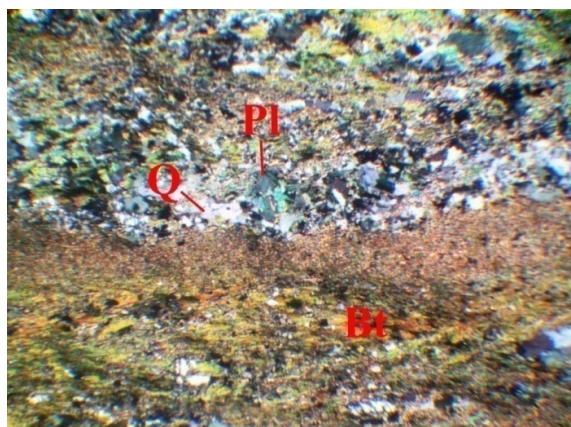


Рисунок 14 – Ультрамилонит, скв. М 185, гл. 283,0 м

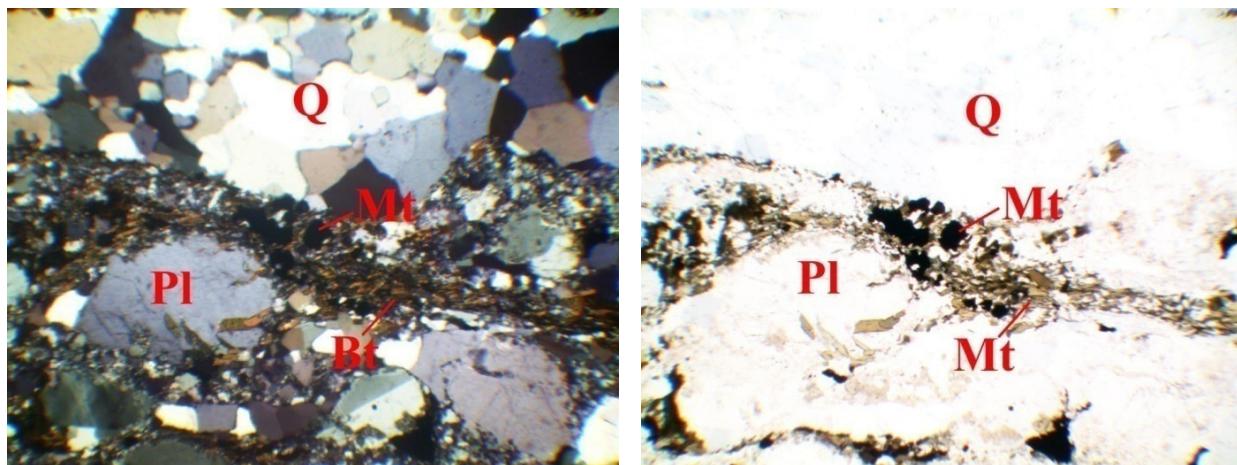
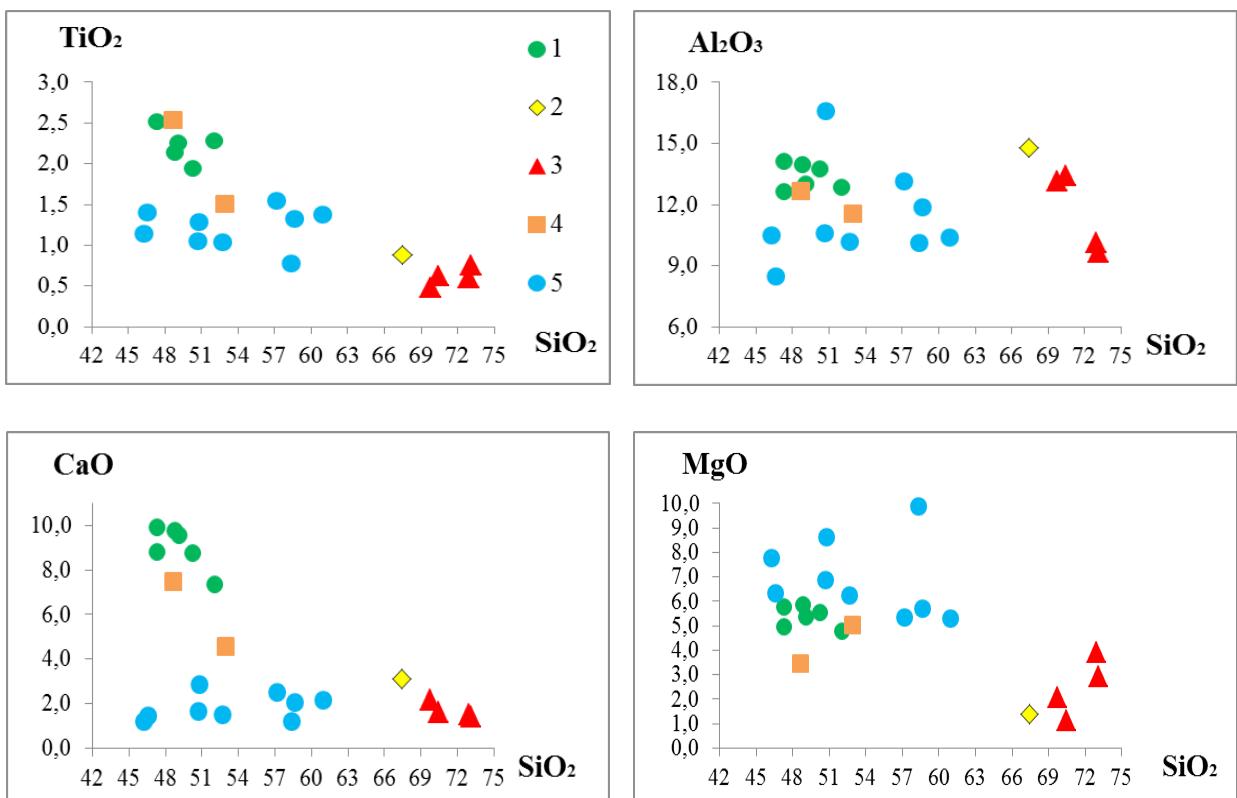
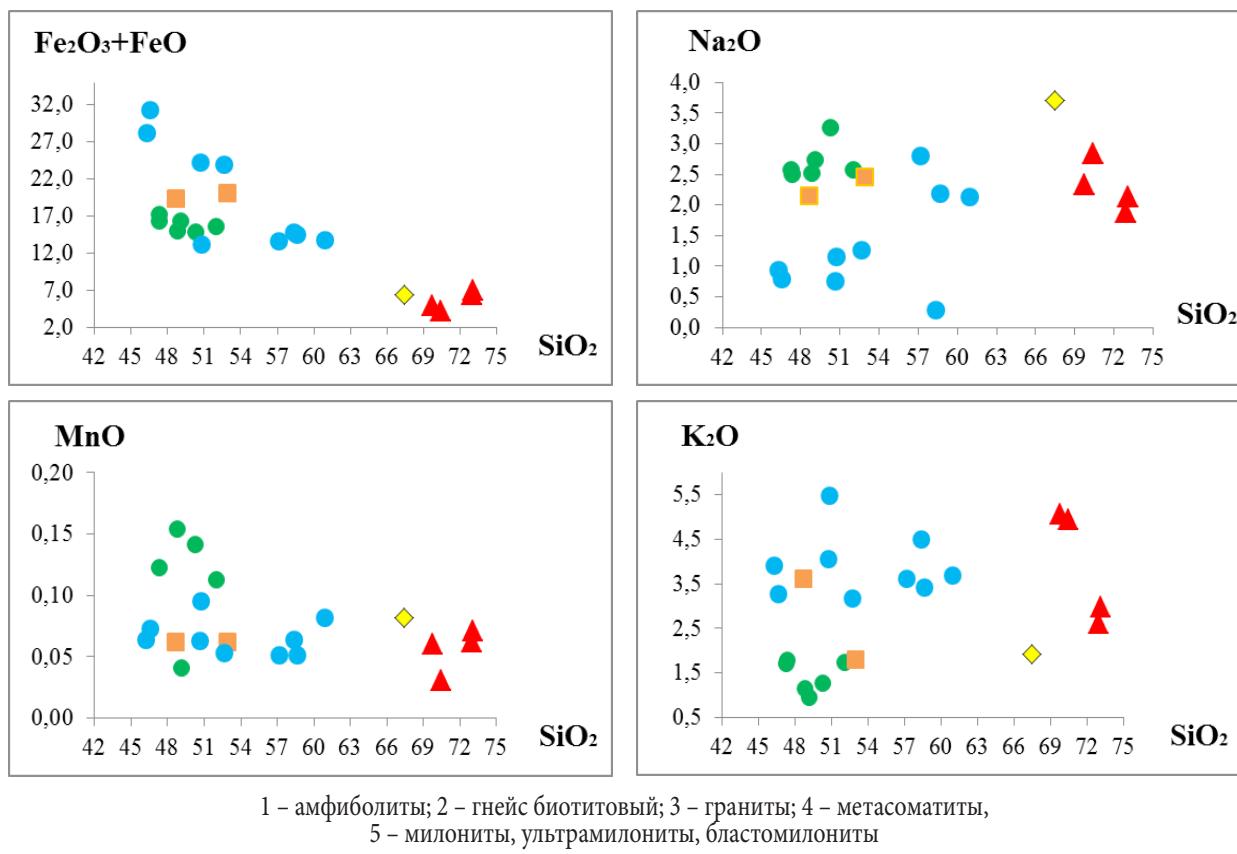


Рисунок 15 – Бластомиленит, скв. М 134, гл. 229,0 м

Неизмененные породы щучинской серии (амфиболиты и гнейсы) участка «Ляцкое» петрохимически относятся к образованиям нормально-щелочного ряда, тип щелочности – натриевый. Амфиболиты – это породы среднего состава с содержанием кремнезема 47–52 %. Для них характерна от умеренной до повышенной железистость ($F_{\text{общ}} = 0,7\text{--}0,8$), повышенная титанистость ($t' = 13\text{--}18$), низкая глиноземистость ($a' = 0,6\text{--}0,7$); закисное железо преобладает над окисным, натрий – над калием.

Отмечается высокое содержание CaO (7,4–9,9 %) и суммы железа ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} = 15\text{--}17$ %) по сравнению с остальными породами. На диаграмме (рис. 16) амфиболиты образуют довольно компактную группу. Плагиогнейсы и гнейсы изучаемого участка относятся к образованиям кислого состава ($\text{SiO}_2 = 67\%$) и характеризуются повышенной железистостью ($F_{\text{общ}} = 0,82$), титанистостью ($t' = 14$) и глиноземистостью ($a' = 1,9$), преобладанием закисного железа над окисным, натрия над калием.



Рисунок 16 – Распределение оксидов относительно SiO_2 в породах кристаллического фундамента участка «Ляцкое»

Граниты относятся к породам кислого состава с содержанием кремнезема 70–73 % и соответствуют образованиям нормальнощелочного и низкощелочного ряда, тип щелочности – калиевый. Породы характеризуются умеренной и повышенной железистостью ($F_{\text{общ}} = 0,6–0,8$), титанистостью ($t' = 9–15$) и глиноземистостью ($a'l' = 1–2$).

В рассмотренных породах наблюдается определенная петрохимическая дифференциация макрокомпонентов (рис. 16): с увеличением SiO_2 в породах уменьшается содержание оксидов титана, кальция, магния, суммы железа и увеличивается концентрация оксида калия.

Метасоматиты характеризуются меньшим содержанием оксидов магния и натрия, иногда кальция, и в некоторых случаях значительно обогащены калием (табл. 1, № 1, 2; рис. 16). Для пород характерна высокая железистость ($F_{\text{общ}} = 0,8–0,9$), повышенная титанистость ($t' = 8–13$), низкая глиноземистость ($a'l' = 0,5–0,6$). Отмечается высокое содержание суммы железа ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} = 19–20 \%$), в калишпатизированных разностях – оксидов калия (до 3,6 %) и кальция (до 7,5 %; развитие скаполита). Породы относятся к образованиям нормальнощелочного и умереннощелочного рядов.

Таблица 1 – Химический состав (мас. %) измененных пород участка «Ляцкое»

| Компоненты | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO_2 | 48,68 | 52,94 | 50,68 | 58,64 | 46,59 | 57,17 | 60,93 | 50,77 | 58,36 | 52,68 | 46,26 |
| TiO_2 | 2,54 | 1,50 | 1,05 | 1,33 | 1,40 | 1,55 | 1,38 | 1,29 | 0,78 | 1,04 | 1,14 |
| Al_2O_3 | 12,65 | 11,53 | 10,61 | 11,86 | 8,50 | 13,12 | 10,38 | 16,61 | 10,14 | 10,17 | 10,47 |
| Fe_2O_3 | 8,67 | 11,80 | 11,27 | 5,89 | 17,21 | 5,19 | 5,12 | 4,83 | 4,57 | 11,79 | 14,58 |
| FeO | 10,64 | 8,26 | 12,98 | 8,56 | 14,04 | 8,33 | 8,54 | 8,28 | 10,20 | 12,11 | 13,66 |
| MnO | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,05 | 0,08 | 0,10 | 0,06 | 0,05 | 0,06 |
| MgO | 3,48 | 5,05 | 6,89 | 5,68 | 6,32 | 5,35 | 5,28 | 8,61 | 9,88 | 6,22 | 7,75 |
| CaO | 7,50 | 4,59 | 1,65 | 2,07 | 1,45 | 2,49 | 2,16 | 2,87 | 1,22 | 1,52 | 1,22 |

| | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Na₂O | 2,15 | 2,46 | 0,75 | 2,19 | 0,79 | 2,80 | 2,12 | 1,15 | 0,29 | 1,26 | 0,94 |
| K₂O | 3,62 | 1,80 | 4,05 | 3,42 | 3,27 | 3,62 | 3,68 | 5,47 | 4,51 | 3,17 | 3,91 |
| P₂O₅ | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,31 | 0,35 | 0,34 | 0,32 | 0,01 | - | - | - |
| SO₃ | 1,17 | 2,16 | - | - | - | - | - | 0,14 | 1,95 | 2,40 | 2,80 |
| П.п.п. | 1,77 | 1,56 | 3,97 | 2,28 | 3,05 | 1,60 | 1,64 | 4,10 | 3,91 | 4,56 | 3,92 |
| Сумма | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| S_{сф} | 0,45 | 0,84 | 8,11 | 0,92 | 2,49 | 0,69 | 0,61 | - | 0,04 | 0,05 | 0,09 |
| F_{общ} | 0,85 | 0,80 | 0,78 | 0,72 | 0,83 | 0,72 | 0,72 | 0,61 | 0,60 | 0,79 | 0,78 |
| Fe₂O₃ + FeO | 19,31 | 20,06 | 24,25 | 14,44 | 31,25 | 13,52 | 13,67 | 13,11 | 14,77 | 23,89 | 28,24 |
| FeO* | 18,44 | 18,88 | 23,12 | 13,86 | 29,53 | 13,00 | 13,16 | 12,62 | 14,31 | 22,71 | 26,78 |
| t' | 13,16 | 7,49 | 4,33 | 9,21 | 4,49 | 11,45 | 10,08 | 9,84 | 5,28 | 4,35 | 4,05 |
| al' | 0,56 | 0,46 | 0,34 | 0,59 | 0,23 | 0,70 | 0,55 | 0,76 | 0,41 | 0,34 | 0,29 |
| FeO / Fe₂O₃ | 1,23 | 0,70 | 1,15 | 1,45 | 0,82 | 1,60 | 1,67 | 1,71 | 2,23 | 1,03 | 0,94 |
| Al₂O₃ / Na₂O | 5,89 | 4,70 | 14,23 | 5,42 | 10,76 | 4,68 | 4,89 | 14,42 | 35,19 | 8,06 | 11,14 |
| FeO* / MgO | 5,30 | 3,74 | 3,36 | 2,44 | 4,67 | 2,43 | 2,49 | 1,47 | 1,45 | 3,65 | 3,45 |
| Na₂O / K₂O | 0,59 | 1,36 | 0,18 | 0,64 | 0,24 | 0,77 | 0,58 | 0,21 | 0,06 | 0,40 | 0,24 |
| Na₂O + K₂O | 5,77 | 4,26 | 4,80 | 5,61 | 4,06 | 6,42 | 5,81 | 6,63 | 4,79 | 4,43 | 4,85 |

Примечание – 1–2 – метасоматически измененные породы; 3–11 – милониты, ультрамилониты, бластомилониты. Анализы взяты из [6]. $F_{общ} = (Fe_2O_3 + FeO + MnO) / (Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO)$, мас. % – общая железистость пород; $al' = Al_2O_3 / (Fe_2O_3 + FeO + MgO)$, мас. % – коэффициент глиноземистости по род; $t' = (TiO_2 \times 100) / (Fe_2O_3 + FeO)$, мас. % – титанистость пород; $FeO^* = FeO + 0,9 \times Fe_2O_3$ – мас. % – общее железо. В потери при прокаливании (П.п.п.) включены содержания CO₂; прочерк – содержание элемента не определялось или данные отсутствуют.

Милониты, ультрамилониты, бластомилониты – группа пород, включающая образования, претерпевшие воздействие катаклистического метаморфизма с наложенными процессами метасоматоза. Их главной особенностью является то, что не всегда есть возможность определить исходную породу, по которой они образовались. Установленные разности относятся к образованиям основного и среднего состава (SiO₂ = 46–61%) (табл. 1, № 3–11) нормальнощелочного и умереннощелочного рядов. Почти все породы характеризуются от умеренной до повышенной железистостью ($F_{общ} = 0,6$ –0,8) и титанистостью ($t' = 4$ –11), низкой глиноземистостью ($al' = 0,2$ –0,8); калий значительно преобладает над натрием, закисное железо – над окисным. Сумма железа в отдельных магнетитсодержащих разностях достигает 24–31%.

Метасоматически измененные породы характеризуются изменчивостью концентрации петрогенных компонентов, обусловленной проявлением здесь различных наложенных диффторических, гидротермальных и деформационных процессов. В них увеличивается концентрация суммы железа (в магнетитсодержащих породах достигает 19–31%) и содержание калия (до 4–6%), появляется сульфидная

серра ($S_{сф} = 0,04$ –2,49%; в единичном случае до 8%).

Для микроэлементного состава неизмененных метаморфических пород щучинской серии характерно некоторое обогащение Sc, Sn, Y, Yb, амфиболиты – Zr, Nb, La, гнейсы – Pb, Ba, Zr [1].

Результаты анализа и интерпретации данных спектрально-полуколичественного анализа показали, что в некоторых метасоматически измененных породах, вскрытых скв. Щ 7 и М 134, содержание меди составляет 80–150 г/т (в 2–5 раза выше кларка по [2]) (табл. 2, 3), олова – 10–20 г/т (в 7–13 раз выше кларка), ванадия – 300–600 г/т (Кк = 3–6), кобальта – 40–100 г/т (Кк = 4–10), скандия – 50–100 г/т (Кк = 4–7). В отдельных пробах фиксируется повышенная концентрация редкоземельных элементов (РЗЭ) – иттрия до 150 г/т, иттербия до 20 г/т, лантана до 200–300 г/т и церия до 600 г/т, что превышает кларковые значения в 4–7 раз.

В целом можно отметить, что обогащенность рудными элементами коррелируется с теми породами, которые наиболее преобразованы процессами динамометаморфизма (рис. 17), в результате которых образовывались высокопроницаемые зоны, способствовавшие внедрению гидротермальных растворов.

Таблица 2 – Содержание микроэлементов (г/т) и кларки концентраций (Кк) микроэлементов в метасоматически измененных породах участка «Ляцкое» (скв. III 7)

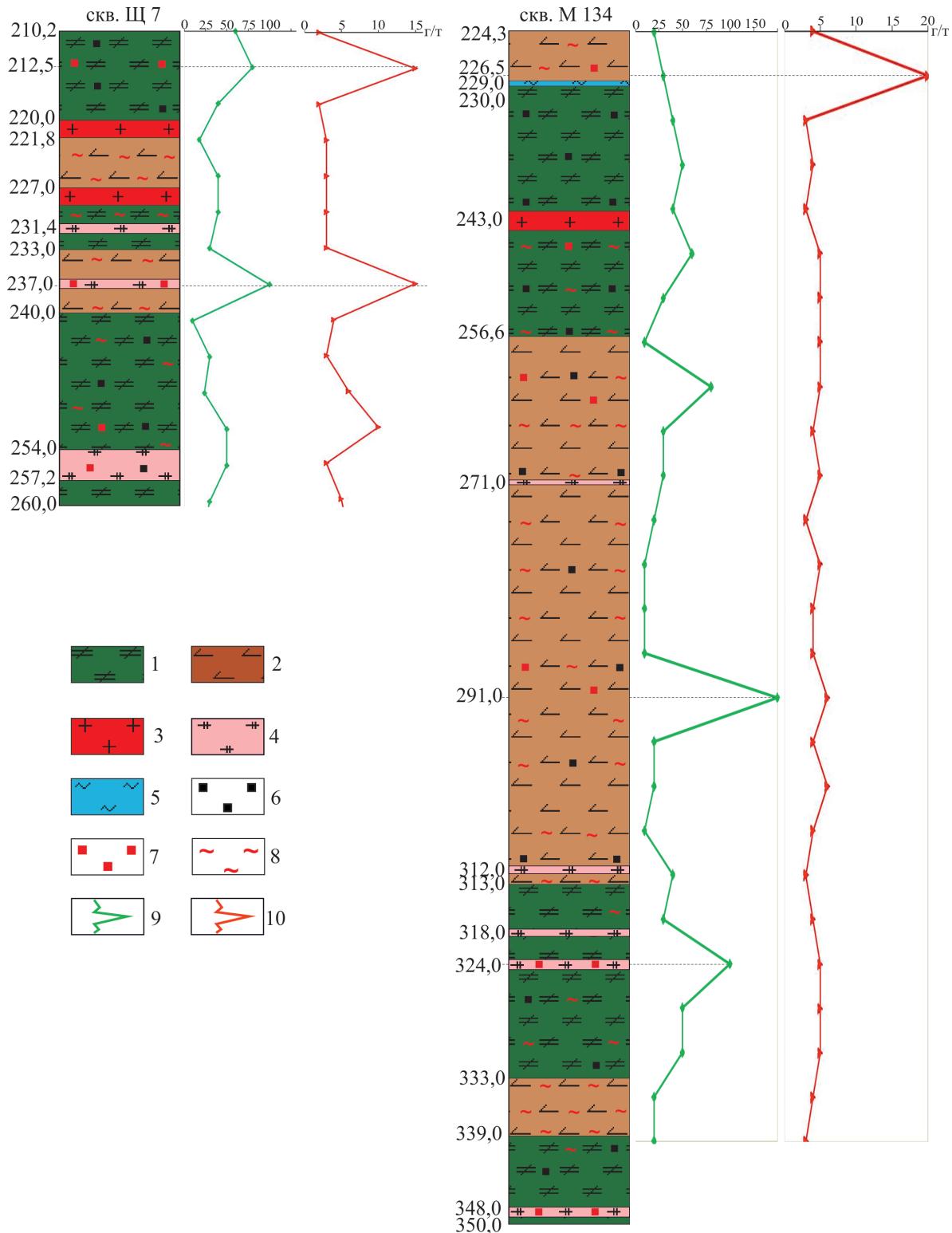
| Элементы | Содержание, г/т | | | | | | Кларки концентрации | | | | | |
|----------|-----------------|-------|------|-------|-------|------|---------------------|------|-----|------|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Ti | 8000 | 10000 | 1500 | 10000 | 10000 | 3000 | 1,0 | 1,3 | 0,7 | 1,3 | 1,3 | 0,4 |
| V | 600 | 400 | 100 | 400 | 300 | 200 | 6,0 | 4,0 | 2,5 | 4,0 | 3,0 | 2,0 |
| Cr | 80 | 200 | 40 | 200 | 200 | 100 | 1,6 | 4,0 | 1,6 | 4,0 | 4,0 | 2,0 |
| Ni | 40 | 80 | 30 | 80 | 60 | 50 | 0,7 | 1,5 | 3,8 | 1,5 | 1,1 | 0,9 |
| Co | 40 | 100 | 10 | 60 | 40 | 30 | 4,0 | 10,0 | 2,0 | 6,0 | 4,0 | 3,0 |
| Sc | 50 | 100 | 10 | 100 | 100 | 40 | 3,6 | 7,1 | 1,4 | 7,1 | 7,1 | 2,9 |
| Cu | 80 | 80 | 100 | 30 | 20 | 10 | 2,3 | 2,3 | 5,0 | 0,9 | 0,6 | 0,3 |
| Pb | 6 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,2 |
| Zn | 40 | 50 | 30 | 80 | 80 | 30 | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 1,1 | 1,1 | 0,4 |
| Ag | – | – | – | – | – | 0,3 | – | – | – | – | – | 4,3 |
| Mo | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 2,2 |
| Sn | 15 | 5 | 5 | 15 | 10 | 4 | 10,0 | 3,3 | 1,7 | 10,0 | 6,7 | 2,7 |
| Ga | 20 | 30 | 30 | 40 | 20 | 20 | 1,0 | 1,5 | 1,5 | 2,0 | 1,0 | 1,0 |
| Sr | 100 | 100 | 100 | – | 100 | 200 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | – | 0,1 | 0,3 |
| Be | 1,5 | 0,8 | 2,0 | 0,8 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,3 |
| Zr | 100 | 200 | 100 | 300 | 100 | 60 | 0,4 | 0,8 | 0,5 | 1,2 | 0,4 | 0,2 |
| Nb | 15 | 10 | 30 | 20 | 10 | – | 0,8 | 0,5 | 1,5 | 1,0 | 0,5 | – |
| Y | 150 | 50 | 20 | 30 | 40 | 20 | 4,4 | 1,5 | 0,7 | 0,9 | 1,2 | 0,6 |
| Yb | 20 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1,5 | 5,7 | 0,6 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,4 |
| La | 10 | 20 | 30 | 200 | 20 | – | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 4,4 | 0,4 | – |

Примечание – 1 – 212,8 м; 2 – 235,0 м; 3 – 237,0 м; 4 – 237,1 м; 5 – 242,0 м; 6 – 258,8 м. Пропуск (здесь и далее) – элемент не определялся или ниже границы чувствительности метода. Кларки концентраций всех элементов рассчитаны в сравнении с кларками соответствующего состава пород по А. П. Виноградову [2]. Цветовые обозначения: Кк < 0,20; Кк = 0,21–0,70; Кк = 0,71–1,50; Кк = 1,51–2,00; Кк = 2,01–2,50; Кк = 2,51–5,00; Кк = 5,01–10,00.

Таблица 3 – Содержание микроэлементов (г/т) и кларки концентраций (Кк) микроэлементов в метасоматически измененных породах участка «Ляцкое» (скв. М 134)

| Эле- менты | Содержание, г/т | | | | | | | | Кларки концентрации | | | | | | | |
|---------------|-----------------|------|-------|-------|------|------|------|-------|---------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Ti | 4000 | 4000 | 10000 | 10000 | 3000 | 2000 | 5000 | 10000 | 0,5 | 0,5 | 1,3 | 1,3 | 0,4 | 0,3 | 0,6 | 1,3 |
| V | 60 | 50 | 150 | 300 | 50 | 50 | 80 | 150 | 0,6 | 0,5 | 1,5 | 3,0 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 1,5 |
| Cr | 20 | 20 | 60 | 200 | 15 | 20 | 20 | 150 | 0,4 | 0,4 | 1,2 | 4,0 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 3,0 |
| Ni | 10 | 20 | 50 | 80 | 10 | 20 | 10 | 80 | 0,2 | 0,4 | 0,9 | 1,5 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 1,5 |
| Co | 10 | 20 | 40 | 40 | 10 | 15 | 15 | 50 | 1,0 | 2,0 | 4,0 | 4,0 | 1,0 | 1,5 | 1,5 | 5,0 |
| Sc | 10 | 10 | 100 | 80 | 10 | 5 | 10 | 100 | 0,7 | 0,7 | 7,1 | 5,7 | 0,7 | 0,4 | 0,7 | 7,1 |
| Cu | 20 | 30 | 8 | 80 | 10 | 150 | 20 | 100 | 0,6 | 0,9 | 0,2 | 2,3 | 0,3 | 4,3 | 0,6 | 2,9 |
| Pb | 10 | 20 | 8 | 6 | 10 | 30 | 25 | 10 | 0,7 | 1,3 | 0,5 | 0,4 | 0,7 | 2,0 | 1,7 | 0,7 |
| Zn | 30 | 30 | 80 | 40 | 30 | 50 | 30 | 100 | 0,4 | 0,4 | 1,1 | 0,6 | 0,4 | 0,7 | 0,4 | 1,4 |
| Mo | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,1 | 4,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | – | 1,1 | 1,1 |
| Sn | 4 | 20 | 5 | 4 | 5 | 6 | 6 | 5 | 2,7 | 13,3 | 3,3 | 2,7 | 3,3 | 4,0 | 4,0 | 3,3 |
| Ga | 20 | 25 | 20 | 30 | 20 | 20 | 20 | 25 | 1,0 | 1,3 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,3 |
| Sr | 200 | 200 | 200 | 200 | 100 | 100 | 100 | 200 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 |
| Be | 1,0 | 0,8 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 0,6 | 6,0 | 1,5 | 0,6 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,3 | 3,3 | 0,8 |
| Zr | 800 | 500 | 250 | 150 | 500 | 200 | 600 | 300 | 3,1 | 1,9 | 1,0 | 0,6 | 1,9 | 0,8 | 2,3 | 1,2 |
| Nb | 40 | 40 | 20 | 15 | 40 | 10 | 40 | 20 | 2,0 | 2,0 | 1,0 | 0,8 | 2,0 | 0,5 | 2,0 | 1,0 |
| Y | 30 | 40 | 50 | 30 | 60 | 15 | 50 | 50 | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 0,9 | 1,8 | 0,4 | 1,5 | 1,5 |
| Yb | 3 | 4 | 4 | 2 | 5 | 1 | 3 | 4 | 0,9 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 0,3 | 0,9 | 1,1 | – |
| Ce | 600 | 100 | – | – | 600 | – | 200 | – | 7,4 | 1,2 | – | – | 7,4 | – | 2,5 | – |
| La | 80 | 100 | 40 | – | 60 | – | 300 | 40 | 1,8 | 2,2 | 0,9 | – | 1,3 | – | 6,7 | 0,9 |

Примечание – 1 – 224,3 м; 2 – 226,5 м; 3 – 247,0 м; 4 – 251,3 м; 5 – 271,0 м; 6 – 291,0 м; 7 – 300,0 м; 8 – 324,0 м. Цветовые обозначения: Кк < 0,20; Кк = 0,21–0,70; Кк = 0,71–1,50; Кк = 1,51–2,00; Кк = 2,01–2,50; Кк = 2,51–5,00; Кк = 5,01–10,00; Кк > 10,00.



1 – амфиболиты; 2 – гнейсы и плагиогнейсы: биотитовые, амфибол-биотитовые, амфиболовые, гранат-биотитовые; граниты; 3 – метасоматиты; 4 – милониты и бластомилониты; 5 – вкрапления магнетита; 6 – вкрапления сульфидов; 7 – рассланцевание, милонитизация, катализ; 8 – распределение меди по породам; 10 – распределение олова по породам

Рисунок 17 – Разрез буровых скв. Щ 7 и М 134, вскрывших породы участка «Ляцкое» с графиками распределения меди и олова

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексный анализ геологических, петрохимических и geoхимических данных позволил уточнить вещественный состав пород, слагающих участок «Ляцкое», выявить петролого-geoхимические особенности пород, сделать вывод о металлогенической специализации метасоматических образований и перспективности обнаружения здесь полезных ископаемых.

Следует отметить, что в процессе изучения данного объекта здесь не были выявлены минерализованные зоны с промышленными концентрациями рудных компонентов, несмотря на то, что некоторые метасоматически измененные породы характеризуются определенной обогащенностью сидерофильными, халькофильными и редкоземельными элементами. Были установлены повышенные содержания Cu (80–150 г/т), Sn (10–20 г/т), V (300–600 г/т), Co (40–100 г/т), Sc (50–100 г/т), превышающие кларковые значения по [2] в 4–13 раз. Отмечается также в отдельных случаях повышенная концентрация некоторых редкоземельных элементов (T , Yb , Ce , La), превышающая величину кларка в 3–7 раза. Содержание остальных микроэлементов находится на уровне кларковых значений или ниже их. Для сравнения можно привести данные по рудопроявлению «Шнипки», где содержание меди достигает 850–2000 г/т, кобальта – до 200–590 г/т, молибдена – до 50–1000 г/т, свинца – до 50–100 г/т, цинка – до 100–600 г/т, вольфрама – до 3 г/т, серебра – до 3 г/т [4].

На основе имеющихся данных спектрально-полуколичественного анализа в первом

приближении сделан вывод, что по своему типу проявление «Ляцкое» металлогенически специализировано на ванадий, хром, кобальт, медь, олово и редкоземельные металлы – скандий, иттрий, церий и лантан. Предварительно данный участок можно отнести к комплексному проявлению сульфидно-полиметаллической формации жильного типа, формирование которого происходит в тектонически ослабленных зонах в результате остывания циркулирующих горячих минерализованных растворов с отложением рудных минералов. Источником флюидов обычно выступают интрузии магматических пород, чаще всего гранитоидного состава. В данном случае, вероятно, гидротермально-метасоматическое воздействие на изучаемый участок оказывали остывающие интрузии мостовского комплекса.

Ввиду того, что полученные результаты исследования, а также фактическое отсутствие кернового материала для более детального анализа не позволяют выявить в разрезе фундамента участка «Ляцкое», вскрытого скв. ІІ 7, М 134 и М 185, рудных интервалов с промышленной концентрацией полезных компонентов, проявление «Ляцкое» пока не выделяется как потенциально рудоносный объект. Для обоснования более конкретного вывода о перспективности данного участка необходимы дополнительные электроразведочные и geoхимические исследования с целью поиска зон разуплотнения, зон аномальной проводимости и минерализованных горизонтов.

Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. (подпрограмма 10.4 «Белорусские недра»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксаментова, Н. В. Петрография и geoхимия кристаллического фундамента Беларуси / Н. В. Аксаментова, А. А. Толкачикова. – Минск, 2012. – 232 с.
2. Виноградов, А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А. П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.
3. Минералого-geoхимические особенности метасоматитов кристаллического фундамента запада Беларуси (участок «Ельня») / А. А. Толкачикова [и др.] // Літасфера. – 2023. – № 2 (59). – С. 61–75.
4. Піскун, О. А. Особенности вещественного состава метасоматитов кристаллического фундамента запада Беларуси (участок «Шнипки») / О. А. Піскун, А. А. Толкачикова, М. П. Гуринович // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 9–23.
5. Полезные ископаемые Беларуси / редкол.: П. З. Хомич [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.
6. Химические анализы горных пород кристаллического фундамента Белоруссии. Справочник / А. М. Пап [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1988. – 243 с.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 26.08.2025

Рэцэнзент А. Ф. Кузьмянкова

МІНЕРАЛАГА-ГЕАХІМІЧНА ХАРАКТАРЫСТЫКА ПАРОД ПЕРСПЕКТЫЎНАГА
ЎЧАСТКА «ЛЯЦКАЕ» (КРЫШТАЛІЧНЫ ФУНДАМЕНТ ЗАХАДУ БЕЛАРУСІ)

А. А. Піскун, А. А. Талкачыкова, Е. А. Александровіч

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ по геалогіі»
Філіял «Інстытут геалогіі»
вул. Акадэміка Купрэвіча 7, 220084, Мінск, Беларусь
E-mail: fundament@geologiya.by, gmkf@geologiya.by

Прадстаўлены вынікі даследавання крышталічных парод малавывучанага участка «Ляцкае», размешчанага на заходзе Беларусі. Вызначаны іх мінералага-петраграфічны і геахімічны асаблівасці. Асноўная ўвага ўдзялецца метасаматычна змененым утварэнням. Устаноўлена, што праяўленне «Ляцкае» металагенічна спецыялізавана на каліфровыя і рэдкія металаы і належыць да сульфідна-поліметалічнай руднай фармацыі жыльнага тыпу.

Ключавыя слова: крышталічны фундамент, участак «Ляцкае», метасаматычныя пароды, петраграфія, геахімія.

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ROCKS OF THE
PROSPECTIVE SITE “LYATSKOE” (CRYSTALLINE BASEMENT OF WESTERN BELARUS)

A. Piskun, A. Tolkachikova, E. Aleksandrovich

State Enterprise “Research and Production Center for Geology”
Branch “Institute for Geology”
7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: fundament@geologiya.by, gmkf@geologiya.by

The article presents the results of the study of crystalline rocks of the poorly studied “Lyatskoe” site located in the west of Belarus. Their mineralogical, petrographic and geochemical features are determined. The main attention is paid to metasomatically altered formations. It is established that the “Lyatskoe” occurrence is metallogenically specialized in non-ferrous and rare metals and belongs to the sulfide-polymetallic vein-type ore formation.

Keywords: crystalline basement, “Lyatskoe” site, metasomatic rocks, petrography, geochemistry.