

УДК: 553.2

В. Э. Баяндин¹, И.И. Чайковский²

¹Пермский государственный национальный
исследовательский университет, г. Пермь

²Горный институт УрО РАН, г. Пермь

К МИНЕРАЛОГИИ РЯДА РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ОСТРОВА БОЛЬШЕВИК

Приведена характеристика ряда проявлений острова Большевик. В черных сланцах Гольшевской площади отмечены кварц-пиритовые прожилки с вкрапленностью галенита. В пирите отмечена примесь Co и As, а в сланцах – проявление графитизации кальцита и калиевого метасоматоза. Содержание Pb, As, Au в прожилках отвечает рудному уровню. Оруденение на мысе Мордовина представлено касситерит-сульфидно-кварцевыми жилами в роговиках. Здесь диагностированы сульфиды As, Cu, Zn, Pb сульфо-теллуриды висмута, мусковит и пиррофиллит. Присутствие касситерита, арсенопирита, а также минералов висмута говорят о связи гидротермальных образований с коровыми гранитами. Содержания Cu, Zn, As, Cd, In, Sn, Ta, Ag, Pb, Bi, Au относятся к рудному уровню. В сульфидно-карбонатно-кварцевой жиле Норинского участка диагностированы галенит, сфалерит, пирит, акантит. Содержание Zn, Ag, Cd, Pb в ней отвечает рудному уровню, что позволяет отнести ее к серебро-полиметаллической ассоциации.

Ключевые слова: Остров Большевик, черные сланцы, редкие металлы, благородные металлы, полиметаллы.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2025.3

Объектом исследования являлись представительные образцы руд отобранных с участков Гольшевская площадь, мыс Мордовина, участок Норинский острова Большевик архипелага Северная Земля, который входит в состав архейско-протерозойского складчатого обрамления Сибирской платформы. Здесь отмечена высокая золотоносность, связанная с рифейского черносланцевыми толщами, а также постмагматические образования, связанные с гранитоидами C_{1-2} возраста характеризуются Mo-Sn-W-Cu-Ag специализацией (Евдокимов А.Н. и др., 2023).

Исследования образцов проводилось в Горном институте УрО РАН на сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 LMN с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа Oxford Instruments INCA Energy 250/X-max 20 (Tescan, Чехия), аналитик Е.П. Чиркова. Определение содержания малых, в том числе благородных,

элементов проводилось на масс-спектрометре Aurora M90 (Bruker Daltonics Inc., США), аналитики М.А. Волкова и А.Ю Пузик.

Образец из черных сланцев Голышевской площади представлен со-гласным пиритовым прожилком, залеченным по трещинам молочно-бе-лым полупрозрачным кварцем. В пирите выявлены участки обогащен-ные кобальтом и мышьяком, включения галенита, рутила, мусковита и титанита.

Основная масса черного сланца сложена кварцем, мускови-том, хлоритом, альбитом и кальцитом с эпидотом, рутилом, апати-том и полосовидным распределением вкрапленности титанита. Часть уплощенных субидiomорфных зерен кальцита замещена по перифе-рии частично или полностью графитом. К нему приурочены выделе-ния Се-гидроксилбастнезита ($\text{Ce}_{0,67-0,76}\text{La}_{0,34-0,37}\text{Nd}_{0,24-0,29}\text{Pr}_{0,07}\text{Sm}_{0,03}\text{Ca}_{0,12-0,04}$) (CO_3)(OH) и вульфенита с примесью Се, La, Nd (0,03-0,05 форм. ед.). Редкоземельный алланит ($\text{Ce}_{0,21-0,36}\text{Ca}_{1,13-1,29}\text{La}_{0,11-0,15}\text{Nd}_{0,08-0,11}\text{Pr}_{0,03-0,04}$)(Al_{2,36-2,51}Fe_{0,55-0,63}Pb_{0-0,03}W_{0-0,02})(Si_{3,07-3,20}O₁₂)(OH) появляется по обрамлению ката-клазирванных зерен эпидота. В хлорите зафиксированы идиоморфные чешуйки мусковита.

Образец с Мыса Мордовина представлен кварц-сульфидной жи-лой из роговиков вблизи гранитной интрузии. Ранее здесь были известны жильные образования касситерит-сульфидной формации с повышенным содержанием серебра и полиметаллов.

Основная масса образца сложена ранним шестоватым и поздним зернистым кварцем с вкрапленностью халькопирита, арсенопирита и пи-рита ($\text{As}_{0,01-0,02}$ форм. ед.), галенита, сфалерита ($\text{Fe}_{0,19-0,21}$ форм. ед.), кассите-рита ($\text{Fe}_{0,01-0,06}$, W_{0-0,004} форм. ед.), станнита ($\text{Cu}_{1,83-1,93}(\text{Fe}_{0,91-1,00}\text{Zn}_{0,08-0,14})\text{Sn}_{0,99-1,06}\text{S}_{3,96-4,11}$), чешуйки мусковита и пиррофиллита.

Реже встречаются висмутовые минералы: самородный Вi, козали-т ($\text{Pb}_{1,33-2,06}\text{Ag}_{0,43-0,80}\text{Bi}_{1,52-2,23}\text{Sb}_{0-0,33}\text{S}_{4,21-4,72}\text{Te}_{0-0,49}$), ингодит ($(\text{Bi}_{1,71-2,24}\text{Pb}_{0,17-0,23})\text{Te}_{0,61-1,11}\text{S}_{0,96-1,25}$), жозеит ($\text{Bi}_{4,05}\text{Te}_{0,73}\text{S}_{2,20}$), икунолит ($\text{Bi}_{3,96}\text{S}_{2,93}\text{Te}_{0,13}$), висму-тин ($\text{Bi}_{2,13-2,15}\text{S}_{2,66-2,78}\text{Se}_{0,09-0,11}$), аргентокозали-т ($(\text{Pb}_{1,13-1,59}\text{Ag}_{0,54-1,27})\text{Bi}_{1,81-2,26}\text{Sb}_{0,21}\text{S}_{4,65-4,76}$), ковеллин ($(\text{Cu}_{0,91-0,92}\text{Fe}_{0,05-0,07}\text{Ag}_{0,03})\text{S}_{1,05-1,01}$).

В качестве вторичных зафиксированы церуссит ($\text{Pb}_{0,81-0,99}\text{Ag}_{0,05-0,22}\text{CO}_3$), бисмоклит ($\text{Bi}_{1,05}\text{O}_{1,15-1,17}\text{Cl}_{0,077-0,78}$), перит ($(\text{Pb}_{0,43-0,45}\text{Fe}_{0,24-0,29}\text{Ag}_{0,05-0,06}\text{Cu}_{0-0,03})\text{Bi}_{0,68-0,71}\text{Cl}_{1,05-1,13}\text{O}_2$), скородит.

Образец Норинского участка представлен фрагментом жилы сло-женной кварцем (30%), кальцитом (20%) и анкеритом (20%) с включе-ниями низкожелезистого сфалерита ($(\text{Zn}_{0,92-0,95}\text{Cd}_{0,01}\text{Fe}_{0,01-0,02})\text{S}$). В по-следнем зафиксированы вроски галенита, пирита (Ni 0,02 форм. ед.) и акантита. Последний зафиксирован также в составе поздних гипергенных

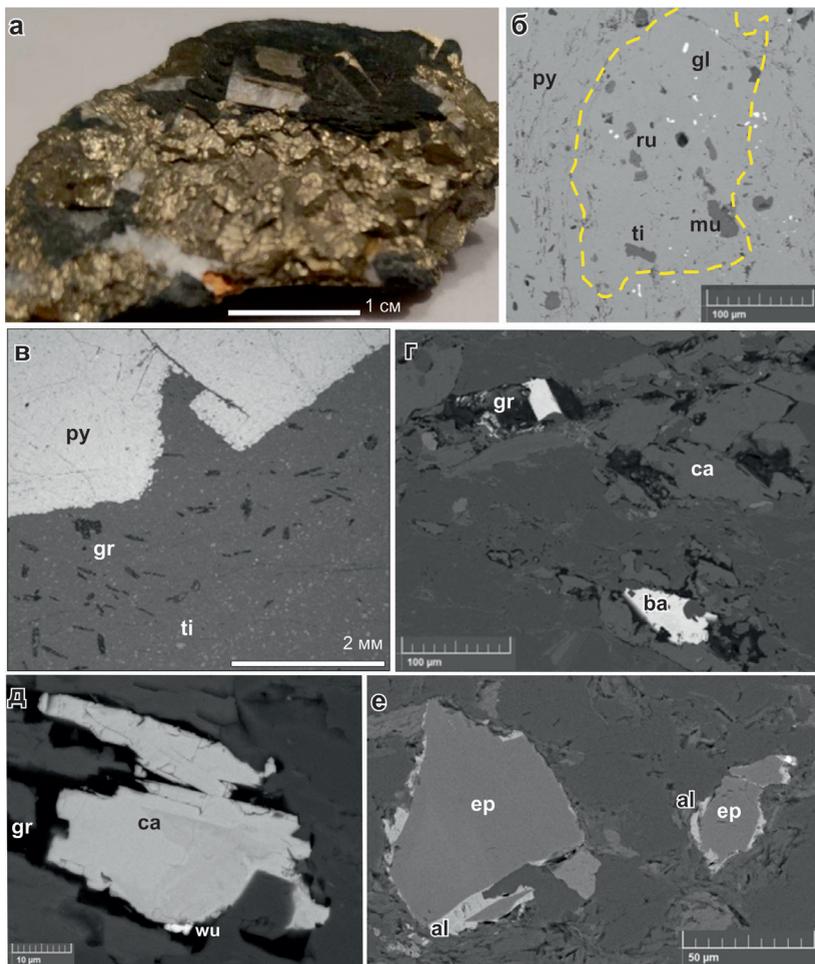


Рис. 1. Общий вид (а) и детали строения пиритового прожилка в черном сланце Гольшевской площади: б – пойкилитовые включения в метакристалле пирита (py пирит, gl-галенит, ru-рутил, ti-титанит, mu-мусковит, желтым выделен участок обогащенный As и Co); в – ореол графитизированных кристаллов кальцита в зальбанде пиритового прожилка (gr-графит); г, д – включения бастнезита и вульфенита в частично графитизированном кальците (ca-кальцит, ba-бастнезит, wu-вульфенит); е – обломки катаклазированного эпидота (ep) обросшие каймой алланита (al)

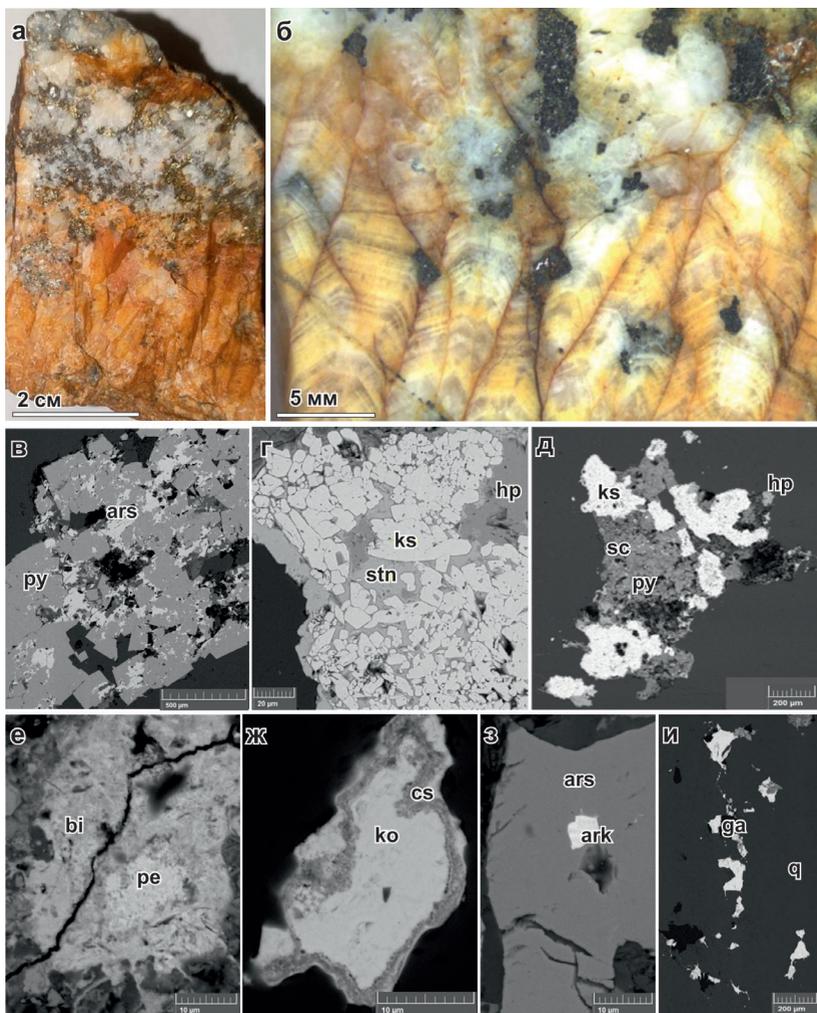


Рис. 2. Общий вид (а, б) и детали строения кварц-сульфидной жилы Мыса Мордовина: в – агрегаты пирита (py) и арсенопирита (ars); г – включения касситерита (ks) в станните (st) и халькопирите (hp); д – касситерит, халькопирит и пирит в агрегате скородита (sc); е – перит (pe) в бисмоклите (bi); ж – козалиит (ko) в церуссите (cs); аргентокозалиит (ark) в арсенопирите; и – галенит (ga) в кварце (q)

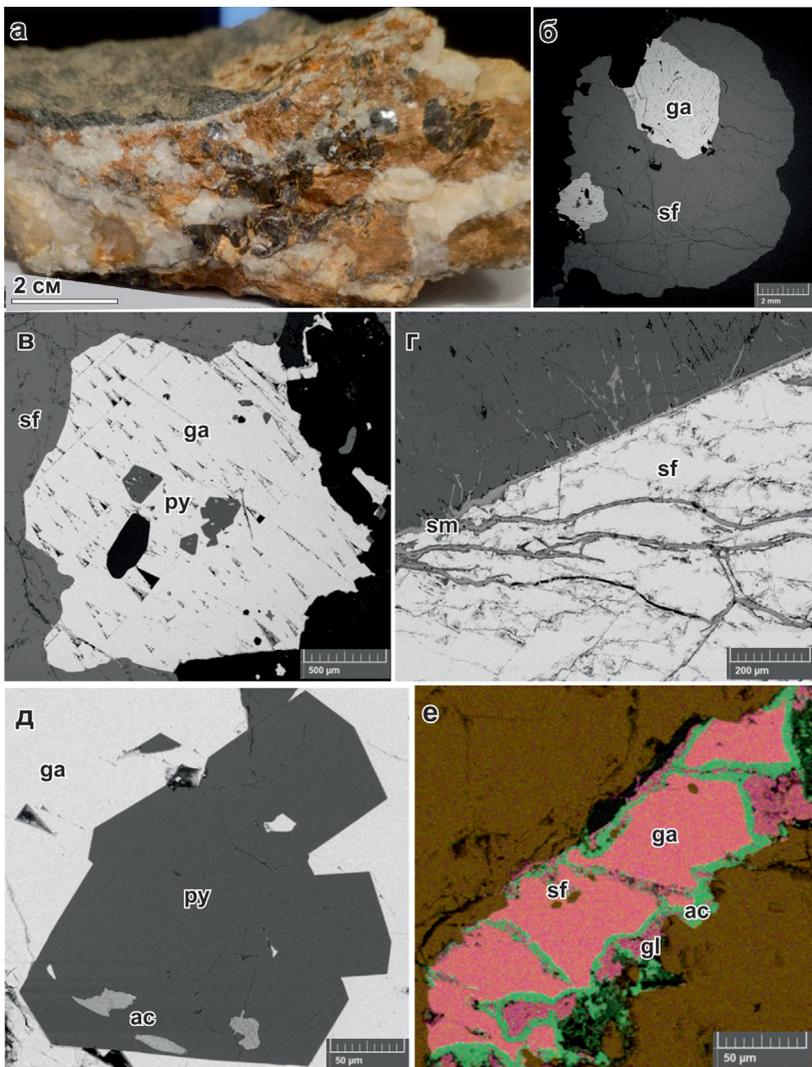


Рис. 3. Общий вид (а) и детали строения анкерит-кварцевой жилы с полиметаллической минерализацией Норинского участка: б, в – включения галенита (ga) и пирита (py) в сфалерите (sf); г – прожилки и каймы смитсонита (sm) в сфалерите; д – включения акантита (ac) в пирите; е – зерно галенита с включениями сфалерита, прожилками акантита и каймой церуссита (gl)

прожилков совместно с церусситом. На поверхности зерен сфалерита и в прожилках зафиксирован смитсонит $(Zn_{0,85-0,86}Ca_{0,01-0,02}Mn_{0,01-0,02}Cd_{0,01})CO_3$.

Результаты масс-спектрометрических исследований (таблица) и их сопоставление со стандартизированными уровнями содержаний рудо- и ореолообразующих элементов Г.А. Вострокнутова (1985) показало что рудных содержаний в образце из Гольшевской площади достигают As, Pb, Au, мыса Мордовина – Cu, Zn, As, Cd, In, Sn, Ta, Ag, Pb, Bi, Au, Норинского участка – Zn, Sr, Y, Zr, Ag, Cd, Pb.

Таблица

*Содержание малых элементов в рудах Гольшевской площади (1), мыса Мордовина (2) и Норинского участка (3), г/т**

Эл-т	1	2	3
Li	11,71	65,85	7,66
Be	0,79	0,85	0,13
V	x	x	x
Cr	55,84	12,70	27,23
Co	0,00	26,31	32,26
Ni	119,46	4,12	47,25
Cu	48,16	x	50,02
Zn	68,41	x	x
Ga	4,57	1,61	1,37
Ge	13,31	9,67	5,26
As	x	x	62,60
Se	5,53	0,80	1,11
Rb	6,27	16,03	3,62
Sr	0,00	3,66	x
Y	2,71	1,21	x
Zr	0,00	4,95	x
Nb	7,19	0,58	0,36
Mo	8,55	2,62	0,21
Ru	0,00	0,03	0,10
Rh	0,00	0,02	0,39
Pd	0,10	0,06	0,27
Ag	1,11	38,34	x
Cd	1,13	x	x
In	0,02	x	0,20
Sn	9,82	x	3,86
Sb	13,89	7,01	56,61
Te	1,05	3,99	2,44
Cs	1,21	0,95	0,11

Эл-т	1	2	3
Ba	113,79	20,17	12,46
La	0,11	0,25	1,37
Ce	0,52	0,52	3,26
Pr	0,07	0,07	0,49
Nd	0,24	0,26	2,19
Sm	0,11	0,06	0,81
Eu	0,18	0,12	1,90
Gd	0,13	0,06	1,06
Tb	0,15	0,01	1,08
Dy	1,34	0,25	6,46
Ho	0,28	0,05	1,30
Er	0,87	0,15	3,63
Tm	0,14	0,02	0,52
Yb	0,90	0,12	3,07
Lu	0,12	0,02	0,43
Hf	3,31	0,09	0,15
Ta	0,48	x	0,01
Re	0,01	0,02	0,01
Os	0,01	0,01	0,01
Ir	0,01	0,00	0,00
Pt	0,03	0,01	0,01
Au	0,09	0,13	0,03
Hg	0,59	1,35	1,10
Tl	0,23	0,28	0,05
Pb	x	x	x
Bi	7,37	x	0,39
Th	0,57	0,29	0,87
U	1,74	0,11	0,30

*“x” – значение, превышающее рудный уровень

Нормирование содержаний элементов в исследованных образцах к кларку земной коры по Л.Н. Овчинникову (1990) позволило показать, что для всех рудопроявлений характерна Se-As-Pd-Ag-Cd-Sb-Te-Re-Pt-Au-Hg-Pb-Bi геохимическая специализация, вероятно, отражающая региональные минерагенические особенности.

Кроме того Zn и Ru оказались типичными элементами Норинского и Мордовинского участков, Cu, Sn, Ta – Мордовинского, Ir – Гольшевского. Это хорошо согласуется с редкометальной специализацией гранитоидов и обогащенностью платиноидами углеродистых сланцев.

Изучение исследованных образцов с острова Большевик позволило установить следующее. Рудная минерализация в черных сланцах Гольшевской площади представлена согласными кварц-пиритовыми прожилками с подчиненной вкрапленностью галенита в черных сланцах кальцит-мусковит-хлорит-альбит-кварцевого состава с аксессуарным сфеном, рутилом, апатитом, эпидотом, алланитом и бастнезитом. В ней отмечено проявление графитизации кальцита и калиевого метасоматоза. В пирите установлена изоморфная примесь кобальта и мышьяка типичная для черносланцевых месторождений золота. Содержание Pb, As, Au в черных сланцах отвечает рудному уровню, а Ge, Se, Mo, Te – к рудогенному. Несмотря на наличие алланита и бастнезита содержание редкоземельных элементов отвечает кларковым.

Оруденение м. Мордовина представлено касситерит-сульфидно-кварцевыми жилами в роговиках. Здесь отмечены многочисленные сульфиды и сульфо-теллуриды висмута, сульфиды меди, свинца, серебра, цинка, железа, мышьяка, самородный висмут и олово-медный интерметаллид. Из нерудных отмечены мусковит и пиррофиллит. Присутствие касситерита, арсенопирита, а также минералов висмута говорят о связи гидротермальных образований с коровыми гранитами и формировании из высокотемпературных растворов. Об этом же говорит примесь железа в сфалерите. Содержания Cu, Zn, As, Cd, In, Sn, Ta, Ag, Pb, Bi, Au относятся к рудному уровню, а Te – к рудогенному.

Сульфидно-кальцит-анкерит-кварцевая жила отобранная из песчаников уч. Норинского содержит вкрапленность галенита, сфалерита, пирита, с реакционными гипергенными каймами аргентита, глета и цинкита. Содержание Zn, Ag, Cd, Pb в ней отвечает рудному уровню, что позволяет отнести ее к серебро-полиметаллической (Pb, Zn, Ag) ассоциации. Низкое содержание железа говорит о принадлежности этих гидротермальных образований к средне-температурным.

Для золото-редкометальных месторождений предполагается мобилизация золота из прорываемых гранитоидами осадочных толщ с

золото-сульфидной минерализацией. На о-ве Большевик им соответствует голышевская толща рифейского возраста содержащая повышенные концентрации металла, которая может служить источником золота для формирования месторождений (Евдокимов и др., 2023).

Библиографический список

1. *Вострокнутов Г.А.* Геохимические методы поисков и оценки рудных месторождений. Новосибирск: Наука, 1985, стр. 52-53.
2. *Евдокимов А.Н., Фокин В.И., Шануренко Н.К.* Геохимические особенности и перспективы рудоносности черносланцевых образований Таймыро-Североземельской золотоносной провинции // Записки Горного института. 2016. Т. 217. С. 13.
3. *Евдокимов А.Н., Фокин В.И., Шануренко Н.К.* Золото-редкометальное и сопутствующее оруденение западной части острова Большевик, архипелаг Северная Земля // Записки Горного института. 2023. Т. 263. С. 687-697.
4. *Кузьмин В.Г., Оболонский Г.Н., Гавриш А.В.* Минералого-геохимические особенности редкометального оруденения // Геохимия и минералогия рудных формаций Норильского региона: Сб. науч. тр. Л.: Наука, 1988. С.101-104.
5. *Овчинников Л.Н.* Прикладная геохимия. М., Недра, 1990, 248 с.
6. Твердые полезные ископаемые архипелагов и островов арктической континентальной окраины Евразии. Труды НИИГА-ВНИИ Океангеология. Т. 216. СПб.: ВНИИ Океангеология, 2010. 336 с.
7. *Фокин В.И., Радина Е.С.* Минералы висмута и теллура в продуктивных парагенезисах кварцевожильных проявлений севера Таймыро-Североземельской золоторудной провинции // Природные ресурсы Таймыра. Вып. 1. Дудинка, 2003. С. 146-159.

TO THE MINERALOGY OF SOME ORE OCCURRENCES OF BOLSHEVIK ISLAND

V. E. Bayandin, I. I. Chaikovskiy

ilya@mi-perm.ru

The article presents the characteristics of some occurrences of Bolshevik Island. Quartz-pyrite veinlets with galena inclusions are noted in the black shales of the Golyshevskaya area. An admixture of Co and As is noted in the pyrite, and the manifestation of calcite graphitization and potassium metasomatism is noted in the shales. The content of Pb, As, Au in the veinlets corresponds to the ore level. Mineralization on Cape Mordovina is represented by cassiterite-sulfide-quartz veins in hornfelses. Sulfides of As, Cu, Zn, Pb, bismuth sulfotellurides, muscovite and pyrophyllite are diagnosed here. The presence of cassiterite, arsenopyrite, and bismuth minerals indicate a connection between hydrothermal formations and crustal granites. The contents of Cu, Zn, As, Cd, In, Sn, Ta, Ag, Pb, Bi, Au are related to the ore level. Galena, sphalerite, pyrite, and acanthite have been diagnosed in the sulfide-carbonate-quartz vein of the Norinsky site. The content of Zn, Ag, Cd, and Pb in it corresponds to the ore level, which allows it to be attributed to the silver-polymetallic association.

Keywords: Bolshevik Island, black shales, rare metals, noble metals, polymetals