

ГЕАФІЗІКА

УДК 550.3+552(99–11)

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗЕМЛИ ЭНДЕРБИ (АНТАРКТИДА) В 2021–2023 гг.

Я. Г. Грибик¹, Р. Г. Гарецкий¹, Р. Э. Гирин¹, П. В. Шаблыко¹, С. Л. Сушкевич¹,
М. П. Гуринович², И. Л. Колосов²

¹Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь
E-mail: yaroslavgribik@tut.by

²Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь

В статье приведены результаты геолого-геофизических исследований Белорусской Антарктической экспедиции (БАЭ) 14 и 15, выполненных в период полевых работ в 2021–2023 гг. Предшествовавшими геолого-геофизическими работами, выполненными в период реализации проектов БАЭ-1–БАЭ-10 выполнены общие геологические и геофизические исследования в доступных местах Вечернегорской площади. Анализируемый настоящий этап, выполняемый в последние годы, расширен комплексом исследований, включающих радиометрическую съемку, капнометрические исследования, шлиховое опробование обломочных пород, по данным которых построены карты радиометрической съемки, шлихового опробования, капнометрической съемки. По результатам анализа магнитной и немагнитной фракций проб шлиховой съемки установлены разноплановые минеральные ассоциации. По макро- и микроскопическому анализу шлифов определен минеральный состав горных пород. Исследования этого периода изучения Вечернегорской площади позволяют расширить спектр геолого-геофизических исследований.

Ключевые слова: Вечернегорская площадь, радиометрическая съемка, шлиховое опробование, петрографический состав, минеральный состав, гамма-активность, гранитогнейс.

ВВЕДЕНИЕ

За 15-летний период научные геолого-геофизические исследования Беларуси в Антарктике разделяются по содержанию, видам и результатам на два условных этапа. Это этап предварительных рекогносцировочных работ (2008–2020 гг., БАЭ-1–БАЭ-13) и этап детализационных рекогносцировочных работ (2021–2023 гг., БАЭ-14, БАЭ-15). В период первого этапа, выполняемого в летний антарктический экспедиционный сезон (декабрь – март), выполнены маршрутные геофизические исследования в районе выхода коренных пород на Вечернегорской площади геомагнитной, гравитационной съемкой с обработкой методических, практических полевых исследований доступным приборным оборудованием и методами интерпретации. В период этого этапа выполнено рекогносцировочное геологическое изучение образцов горных пород с определением их петрографических и петрофизических параметров. По результатам выполненных работ этого этапа составлены соответствующие геолого-геофизические карты Вечернегорской площади.

На этапе текущих детализационных рекогносцировочных работ, выполненных в период работ

БАЭ-14 и БАЭ-15, геолого-геофизические исследования направлены на детализацию элементов геологических условий Вечернегорской площади на базе более широкого комплекса исследований, в которые включены радиометрическая съемка, шлиховое опробование участков сноса обломочных пород, капнометрические исследования горных пород, изучение состава горных пород по шлифам.

Результаты представлены в настоящей статье с изложением работ по соответствующим этапам.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РЕКОГНОСЦИРОВОЧНЫЙ ЭТАП

В начальный период работ в Антарктиде в летний антарктический сезон 2008–2009 гг. белорусские специалисты в составе 54-й Российской антарктической экспедиции выполнили комплекс научных детальных рекогносцировочных геолого-геофизических работ на Вечернегорской площади и на расположенной в 30 км к югу от нее станции «Молодежная». Были отобраны образцы горных пород, проведена оценка участка под геодинамический полигон, а также стационарные геомагнитные и гравиметрические наблюдения в немагнитном павильоне. По результатам

лабораторного изучения петрографических, петрохимических и петрофизических свойств образцов горных пород и с учетом геологических исследований докембрийского основания окрестностей станции «Молодежная» в 1973 г. американским геологом Э. С. Грев [12; 13] (участник 18-й Советской антарктической экспедиции) и научным сотрудником Института природопользования НАН Беларуси О. В. Мясниковым составлена рекогносцировочная геологическая карта территории горы Вечерней, названной затем в соответствии с геологическими правилами Вечернегорской площадью [4; 8].

Следует признать, что территория Вечернегорской площади так же, как и весь антарктический регион, характеризуется весьма невысокой обнаженностью коренных горных пород, что в значительной степени затрудняет применение традиционных геолого-геофизических методов исследования из-за закрытости большей части региона исследования снежно-ледяным покровом (рис. 1).

С учетом реальных придонных антарктических условий проводятся полевые геолого-геофизические исследования, обобщенные участником многократных экспедиций П. В. Шаблыко [9; 10].

Земля Эндерби и Вечернегорская площадь имеют ярко выраженное блоковое строение, обусловленное неравномерностью развития древних подвижных докембрийских террейнов и обновленное на фанерозойском этапе платформенного развития, особенно в новейшее время, связанное с формиро-

ванием современной пассивной континентальной окраины. Центральная часть гор Земли Эндерби сложена, в основном, метаморфическими породами гранулитовой фации архейского (3,0–3,9 млрд лет) чарнокит-эндербитового комплекса Нейпирского террейна, окруженного с запада, юга и востока чарнокит-гранулитовым поясом Рейнерского террейна протерозойского времени [5; 7; 11].

По результатам предшествующих периодов исследования выполнен следующий комплекс работ, позволяющий определить по основным позициям следующие характеристики.

Аномальное магнитное поле на ней по вертикальной составляющей Z изучено в полевых условиях младшим научным сотрудником П. В. Шаблыко (БАЭ 2017–2018 гг.) и проинтерпретировано профессором Г. И. Каратаевым (рис. 2). В открытых областях (прибрежная часть Вечернегорской площади) оно обусловлено глубинными магнитными неоднородностями геологического разреза с элементами разломно-интрузивной тектоники. В геологическую интерпретацию аномального магнитного поля Z входят, во-первых, процедура его пространственного районирования с разбивкой площади на магнитно-однородные по интенсивности и морфологии блоки и, во-вторых, выявление корреляционно-генетических связей между магнитными аномалиями и вещественным составом горных пород.



Рисунок 1 – Карта-схема района проведения работ на Вечернегорской площади

Наиболее интенсивные аномалии создаются обогащенными ферромагнитными минералами основными, ультраосновными и некоторыми метаморфическими породами, железорудными телами, а менее выраженные отклонения от нормы часто связаны с аналогичными источниками, расположенными на большой глубине, впрочем, как и с основными, кислыми и щелочными породами средней намагниченности.

В районах, где кристаллические породы выходят на поверхность или залегают неглубоко под осадочным покровом малой мощности, как на Вечернегорской площади, магнитные аномалии могут достигнуть очень большой интенсивности (десятки тысяч и даже сотни тысяч нанотесла). Площадь таких аномалий – от нескольких квадратных метров до десятков, а иногда – сотен квадратных километров.

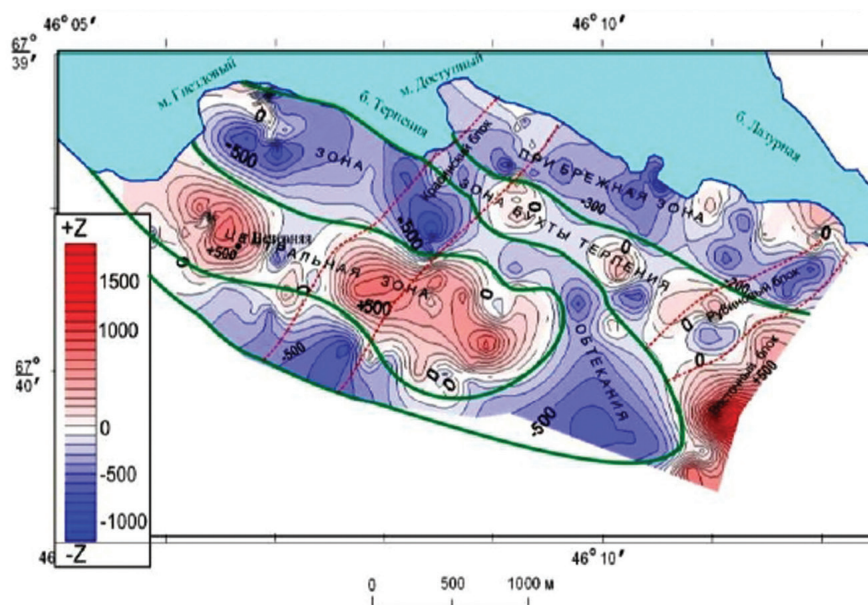


Рисунок 2 – Вечернегорская площадь. Карта районирования аномального магнитного поля Z

Магнитные аномалии четко фиксируют неоднородности главным образом вещества кристаллического фундамента и его разломную тектонику, региональная составляющая магнитного поля отображает латеральную магнитную неоднородность нижнего («базальтового») слоя земной коры. Вещество верхней мантии в аномальном магнитном поле не отражается в силу его индуктивного происхождения: при высоких температурах, соизмеримых с температурой точки Кюри, горные породы теряют магнитные свойства.

В процессе районирования аномального магнитного поля Вечернегорской площади выделены три региональные зоны: Северная, Центральная

и Южная, каждой из которых присущи своя морфологическая картина и специфическое магнитное поле (см. рис. 1). Все они имеют полосовой характер северо-западного простирания.

Карта районирования по геомагнитным данным в значительной мере отражает геологические особенности Вечернегорской площади по следующим геолого-геофизическим исследованиям по региональным маршрутам с отбором образцов горных пород (рис. 3). Образцы горных пород были проанализированы в лабораториях РУП «Белгеология» с петрографических, петрохимических и петрофизических позиций.



Рисунок 3 – Схема сопоставления карты аномального магнитного поля и карты размещения рудных объектов по О. В. Мясникову на Вечернегорской площади

На основании обобщения полевых структурно-тектонических наблюдений, петрографических, петрофизических и геохронологических данных на территории Вечернегорской площади выделены основные типы пород, соответствующих доминирующим, последовательно сменяющим друг друга, этапам тектонотермальной активизации. Как видим, структурное положение рудных зон, выделенных О. В. Мясниковым только по образцам горных пород, хорошо вписывается в структуру магнитного поля. Визуально рассмотренные соотношения аномалий магнитного поля с геологическими и тектоническими детальными и региональными данными свидетельствуют об отражении геолого-тектонических процессов в магнитном поле. Это дает основания применения их для построения геологической карты кристаллического фундамента Вечернегорской площади, используя известные и часто наблюдаемые там корреляционно-генетические соотношения магнитных полей с геолого-тектоническими характеристиками разреза земной коры [6].

По данным лабораторного петрографического анализа образцов горных пород Вечернегорской площади, основными минерогенетическими рудогенерирующими и рудоконтролирующими формациями Вечернегорской площади являются гранитоиды чарнокитовой гнейсовато-рапакивиоподобной ультраметаморфической и эндербо-чарнокитоидная толщи. Все обнаруженные зоны рудной и нерудной

минерализации расположены либо в экзо-, либо в эндоконтакте с гранитоидами. Выделенные по петрофизическим и петрохимическим данным четыре типа горных пород (плагиогнейсы, чарнокиты, эндербит-чарнокиты и рапакивиоподобные чарнокиты) находят отражение в магнитном поле.

Прогнозируемые металлические полезные ископаемые относятся к магматогенной и метаморфогенной (скарноидной) сериям. Магматогенные рудные выходы закартированы на горе Вечерняя, где они в приконтактной зоне неопротерозойских гранитоидов с мезо-протерозойскими эндербо-чарнокитоидами образуют жилородоподобные тела массивно-вкрапленных руд до 1 м видимой мощности и до 100 м по простиранию. Архейские биотит-двопироксеновые плагиогнейсы являются рудовмещающей формацией для железо-титановых руд метаморфогенной (скарноидной) серии.

В районе мыса Рог руды сплошного типа образуют наклонно залегающие пластовые тела мощностью около 70 см. На мысах Гнездовой и Доступный это будинообразные мономинеральные и вкрапленные рудные скопления и концентрации со следами окисления. В обоих случаях на восток от проявлений рудной минерализации черных металлов отмечены участки с налетами и корочками гидроокислов меди. В районе мыса Гнездовой и у северного подножья сопки Рубин отмечается сульфидизация, представленная гнездами пирита до 2–3 см в поперечнике (рис. 4).

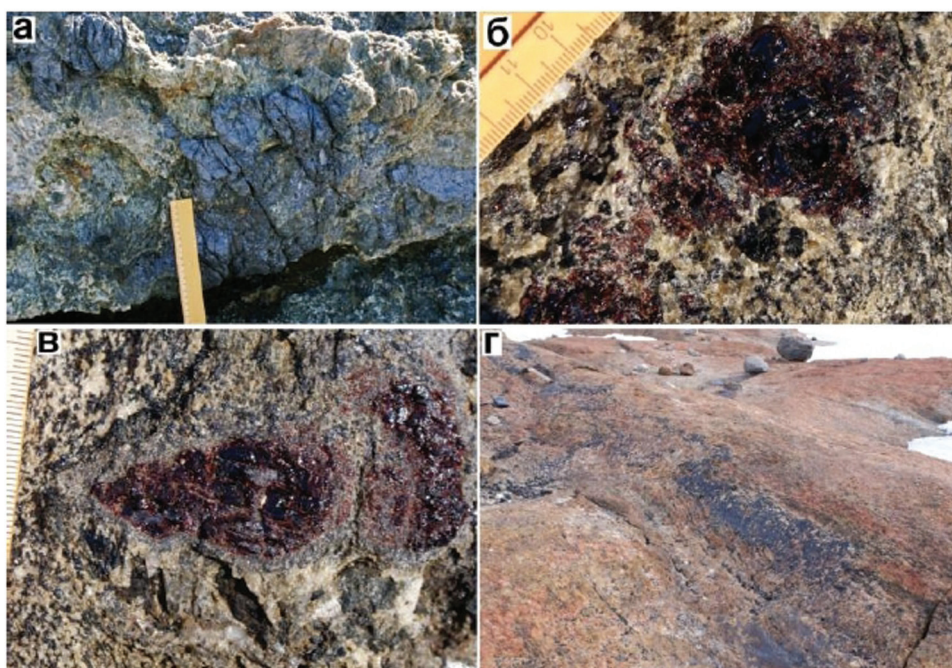


Рисунок 4 – Рудные жилы мыса Рог (а) и горы Вечерней (в); кристаллы пиропов «Гнездовой» (б) и «Рубин» (г) минерализованных зон [8]

Архейские плагиогнейсы выступают благоприятной средой для различного нерудного минералообразования. Их толща существенно минерализована, преимущественно в районе развития рапаки-виподобных чарнокитов (струйчатых мигматитов). Там встречены массовые скопления гранатов типа пироп, обладающих оптическими свойствами. Гранат присутствует в виде прослоев зернистых агрегатов до 30–50 см или отдельных сравнительно крупных кристаллов.

По результатам предварительного рекогносцировочного этапа представлена региональная модель разреза литосферы Земли Эндерби в районе Вечернегорской площади и станции Молодежная по слоям земной коры [2].

ДЕТАЛИЗАЦИОННЫЙ РЕКОГНОСЦИРОВОЧНЫЙ ЭТАП

В последний период при выполнении геолого-геофизических исследований по программе БАЭ-14 (2021–2022 гг., исполнитель А. А. Хаткевич) и БАЭ-15 (2022–2023 гг., исполнитель П. В. Шаблыко) работы ориентировались на оценку влияния геологических факторов на регистрируемые геофизические поля, для которых планируется:

1. Детализация проекта геодинамического полигона на основании изученных вариаций геомагнитного поля в районе расположения белорусской антарктической станции (Гора Вечерняя).
2. Проведение синхронных геомагнитных измерений на аномальных и разломных участках.
3. Проведение маршрутной радиометрической съемки на Вечернегорской площади с учетом данных за полевой сезон 2021–2022 гг.
4. Проведение площадной радиометрической съемки на Вечернегорской площади на выявленных аномальных участках.
5. Проведение маршрутной и площадной капаметрической съемки на Вечернегорской площади с учетом данных за полевой сезон 2008–2009 гг.
6. Проведение второго этапа опытного полевого шлихового опробования на участке вблизи бухты Терпения.

Приборная база

Предварительные результаты геолого-геофизических исследований этого этапа в определенной степени уже освещены в печати [1; 3], однако материалы полевых работ БАЭ-15, поступившие в Беларусь в июне 2023 г., предстоит проанализировать, обобщить и учесть при планировании работ БАЭ-16 (2023–2024 гг.).

В ходе 15-й Белорусской антарктической экспедиции для работы были использованы:

1. Пешеходный Оверхаузерный магнитометр ММPOS-1 (Лаборатория Квантовой Магнетрии, Екатеринбург, Россия). Данный магнитометр предназначен для измерения модуля геомагнитного поля и может использоваться как для проведения пешеходных съемок, так и в качестве стационарной вариационной станции. Диапазон измерения магнитного поля: 20 000–100 000 нТл. Среднеквадратичная погрешность измерения <0,01 нТл (для цикла 3 с).

2. Прибор сцинтилляционный геологоразведочный СРП-68-01 (Россия). Предназначен для измерения гамма-излучения на поверхности пород и в горных выработках. Измерения гамма-излучения производятся в мкР/ч.

3. Гексокоптер A20-Хи, квадрокоптер DJIMini для проведения фото-, видеосъемки и построения ортофотоплана местности.

4. GPS-навигатор GARMINGPSmap78.

Проведение магнитометрических исследований

Магнитометрические наблюдения выполнялись в период с декабря 2022 г. по март 2023 г. на территории Вечернегорской площади.

В сезон 2021–2022 гг. на предполагаемом участке для немагнитного павильона была установлена немагнитная тумба для стационарных магнитометрических исследований, которая в сезон БАЭ-15 успешно введена в эксплуатацию (см. рис. 3).

Тумба установлена на участке, представляющем собой относительно ровную площадку на скальном массиве на окраине полевой базы «Гора Вечерняя» между метеоплощадкой и инсенераторной установкой, на удалении около 50 м от ближайших техногенных объектов, в точке с координатами S 67°33'34,2"E046°09'01,9".

Магнитометрические наблюдения проводились синхронно, на участках с наиболее ярко выраженными аномальными зонами, участках разломов с установленной сдвиговой кинематикой и на немагнитной тумбе, с помощью двух магнитометров типа ММPOS-1. Установка магнитометров проводилась на всех ключевых зонах Вечернегорской территории (сopка Рубин, мыс Без названия, морской припайный лед в бухте Лазурная, мыс Доступный, мыс Гнездовой). Такие наблюдения проводились в течение не менее 24 ч на каждой точке (рис. 5). Все точки наблюдений были привязаны с помощью GPS.

В районе установленной немагнитной тумбы были проведены краткосрочные вариационные измерения для изучения короткопериодных вариаций магнитного поля. Наблюдения проводились на территории 50×50 м вокруг тумбы, с шагом 1–2 м.



Рисунок 5 – Немагнитная тумба с установленным MMPOS-1 (март 2023 г.)

В период с 18.02.2023 по 03.03.2023 на немагнитной тумбе проводились непрерывные (исключая технические отключения до 10 мин, 1 раз в сутки, для смены элементов питания) суточные вариационные измерения с периодичностью измерений в 20 с.

Выбор обоснованного участка установки немагнитной тумбы является промежуточным этапом антарктических геофизических исследований с перспективой создания на этой базе немагнитного геофизического полигона.

Радиометрические исследования

Маршрутные радиометрические полевые работы проводились на территории Вечернегорской площади, в крест простирания блоков кристаллических пород с помощью радиометра СРП-68-01 (рис. 6). На участках с наиболее аномальными зна-

чениями радиоактивного поля была произведена площадная съемка с шагом 25 м. Было произведено 90 замеров на участках с разными типами пород. Зафиксированы радиометрические аномалии до 265 мкР/ч связанные с концентрированными участками, представленными калиевыми полевыми шпатами. Среднее значение пород Вечернегорской площади составляет 10–20 мкР/ч. Каждая точка наблюдения сопровождалась фотофиксацией и привязкой к GPS-координатам.

Полученные данные радиометрических исследований позволят уточнить геологическое строение территории и ее мегарегенерационный потенциал. Связь аномальных зон радиоактивного и магнитного полей с тектоническими структурами позволяет более четко определить границы тектонических структур.



Рисунок 6 – Измерения с помощью радиометра СРП-68-01 (2023 г.)

Каппаметрия

Для каппаметрических исследований был произведен выборочный отбор проб из пород коренного залегания, опробуя разные типы пород (Граниты, гнейсы, чарнокиты, эндербиты и др., рис. 7). На раз-

ных участках Вечернегорской площади отобрано 22 геологических образца весом от 1 до 3 кг. Маршруты были заложены в крест простираения блоков кристаллических пород, учитывая геологическую открытость территории и ее проходимость.



Рисунок 7 – Вечернегорская площадь. Отбор образцов скальных пород в период БАЭ-15

Каждый образец привязан с помощью GPS-приемника Garmin, сфотографирован и помещен в отдельный тканевый мешочек для дальнейшего лабораторного исследования.

Пробы горных пород, отобранные на участках каппаметрических исследований, после их лабораторных исследований позволят более точно определить железо-титановую мирагению горных пород и, как следствие, влияние ее на геофизические параметры участка.

Шлиховое опробование

Для шлихового опробования в период БАЭ-15 на участках временных водотоков были отобраны 32 геологические пробы с шагом отбора 50–100 м. Вес каждой пробы составляет от 2 до 4 кг. Каждый образец привязан с помощью GPS-приемника Garmin, сфотографирован и помещен в отдельный тканевый мешочек для дальнейшего лабораторного исследования (рис. 8).

Данные шлихового опробования позволяют уточнить характер сноса обломочного материала, а также перспективы Вечернегорской площади

на проявление различных видов твердых полезных ископаемых по шлиховому опробованию.

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БАЭ-14 И БАЭ-15

Геофизические исследования

В точке размещения стационарного магнитометра было выполнено более 10 суточных наблюдений и 25 короткопериодных наблюдений с периодичностью измерений в 20 с для понимания как ведет себя магнитное поле в течение суток. На Вечернегорской площади был выполнен ряд суточных наблюдений за вариациями компонент геомагнитного поля с шагом замеров 20 с. После обработки данных и построения графиков изменения потока Т была проведена корреляция данных с ближайшей австралийской антарктической станцией «Моусон», которая является участником мировой системы ИНТЕРМАГЕНТ (INTERMAGENT – Международная сеть магнитных обсерваторий реального времени) – всемирного консорциума институтов, занимающихся записью данных наземных магнитометров.



Рисунок 8 – Вечернегорская площадь. Отбор образцов на участках шлихового опробования

Установлена четкая временная корреляция синхронного изменения магнитного поля на Вечернегорской площади и на станции «Моусон». Первоначальный анализ данных указывает на существенное изменение магнитного поля в ночные часы по всем дням измерений в промежутках с 20.00 до 03.00 по всемирному координированному времени (ИТС). Наибольшие вариации магнитного поля в течение дня в некоторых случаях имеют прямую связь с магнитными бурями.

Короткопериодные вариации. Как известно, короткопериодные колебания геомагнитного поля (КПКМП) – это геомагнитные пульсации, харак-

теризующиеся квазипериодической структурой, занимая диапазон частот от тысячных долей герца до нескольких герц. В зарубежной литературе в настоящее время для обозначения этих колебаний часто используется термин ULF-wave (ultra-low-frequency). По физической природе геомагнитные пульсации – это геомагнитные волны, возбуждаемые в магнитосфере Земли и в солнечном ветре.

В ходе сезона 2020–2021 гг. на территории Вечернегорской площади был выполнен ряд короткопериодных наблюдений за поведением магнитного поля. Наблюдения в основном проводились в периоды с 9.00 до 12.00 и с 14.00 до 17.00 (рис. 9).

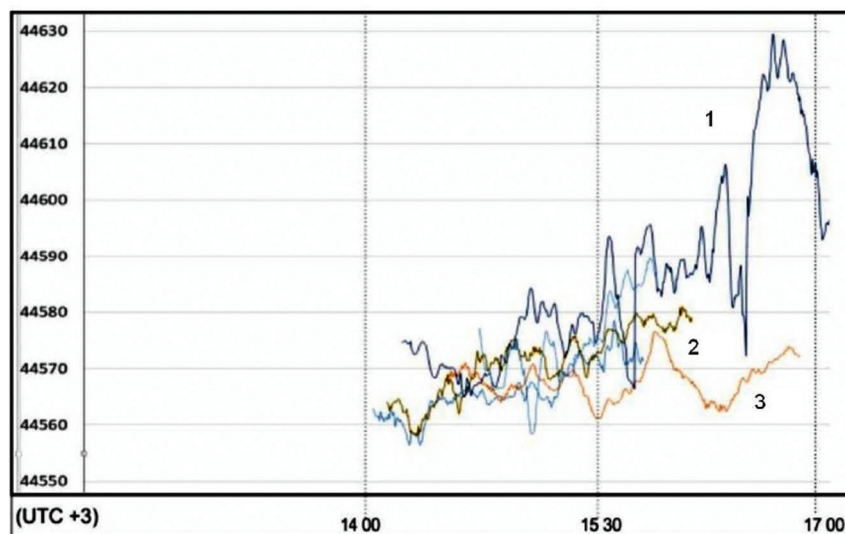


Рисунок 9 – Вечернегорская площадь. Короткопериодные вариации поля Т в вечерние часы (январь – февраль 2021 г.)

Результаты радиометрических исследований

Последующей обработкой полевых данных составлена предварительная картосхема фактических точек замера с увязкой их с геологическим участком по фотодокументации (рис. 10).

Повышенное значение радиоактивного поля зачастую непосредственно связано с выходами архей-

ских пород, богатых на частые включения калиевых полевых шпатов. Значение интенсивности радиоактивного поля достигает в некоторых случаях 200–300 мкР/ч и более, в среднем 60–100 мкР/ч (рис. 11).

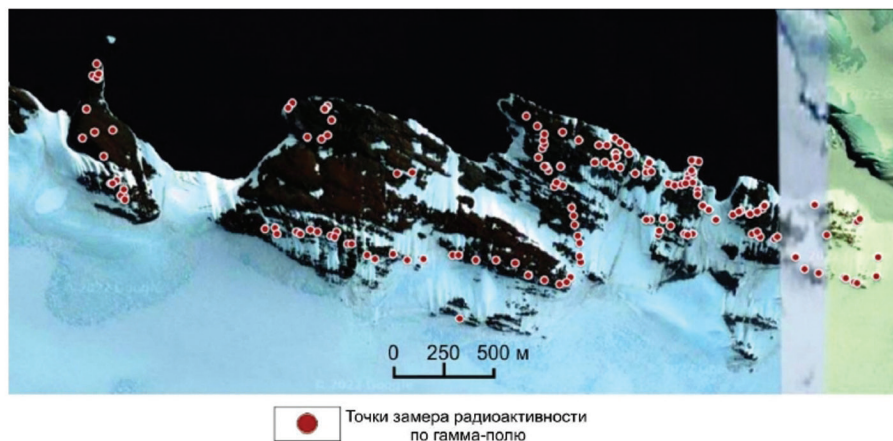


Рисунок 10 – Вечернегорская площадь.
Схема радиометрической съемки (январь – март 2022 г.)



Рисунок 11 – Вечернегорская площадь.
Радиометрическая карта по данным сезона 2021–2022 гг.

Результаты по шлиховому опробованию

Минералогический анализ заключается в изучении всех выделенных фракций под бинокулярным микроскопом (бинокуляр). Минералы определяют по внешнему виду, плотности, оптическим и химическим свойствам. Большую помощь при определении минералов оказывает сравнение их с коллекцией заведомо известных минералов шлихов. Существует несколько видов минералогического анализа:

- качественный – определяется только качественный состав шлиха без подсчета процентного содержания минералов;
- сокращенный – определяют один-два минерала. В данном случае общая схема анализа сокращается и изучается только та фракция, в которой концентрируется полезный минерал (например, при

определении золота изучается только немагнитная фракция, при определении вольфрамиты – только электромагнитная);

- количественный – определяется примерное процентное содержание минералов в различных фракциях. Учитывая количественную характеристику шлиха (массу промытой породы, массу шлиха и выделенных фракций, процентное содержание минералов во фракциях), можно определить примерное содержание минерала в породе. Содержание ценных промышленных минералов в россыпях принято вычислять в г/т или г/м³ промытой породы.

Здесь приведен качественный минералогический анализ шлиха с учетом дальнейших планируемых более детальных геохимических лабораторных работ.

Ниже представлены фотографии распространенных минералов и их ассоциаций на участках I и II.

Произведено шлиховое опробование двух перспективных участков с целью уточнения контуров распространения литохимических ореолов железотитановой минерализации Вечернегорской структуры с выполнением первоначальной обработки материала на местах пробоотбора (отделение и описание крупных фракций).

Как видно из рисунка 12, для участков I и II характерны две области сноса, практически изоли-

рованные друг от друга. Следует отметить что для зоны I характерно меньшее содержание глинистых частиц по сравнению с зоной II. По-видимому, это объясняется различием в силе водных потоков, а также неравномерной расчлененностью и общим уклоном рельефа в сторону океана.

Вышеупомянутые различия подтверждаются разными показателями соотношения магнитной и немагнитной фракций серого шлиха (рис. 13).

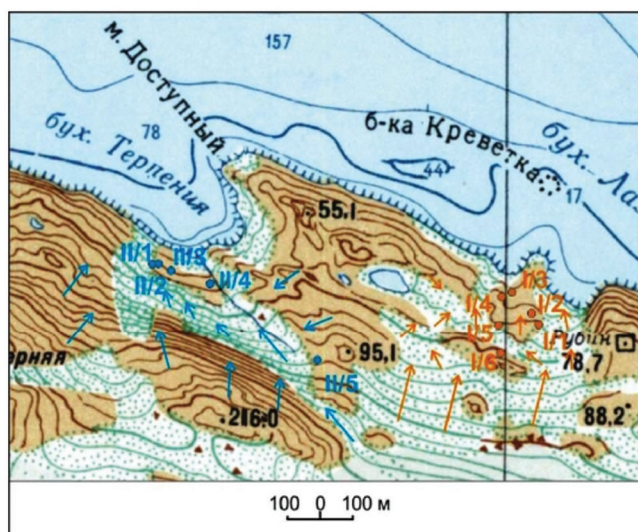


Рисунок 12 – Вечернегорская площадь.

Карта отбора образцов на участке шлихового опробования.
Стрелочками указаны направления сноса обломочного материала

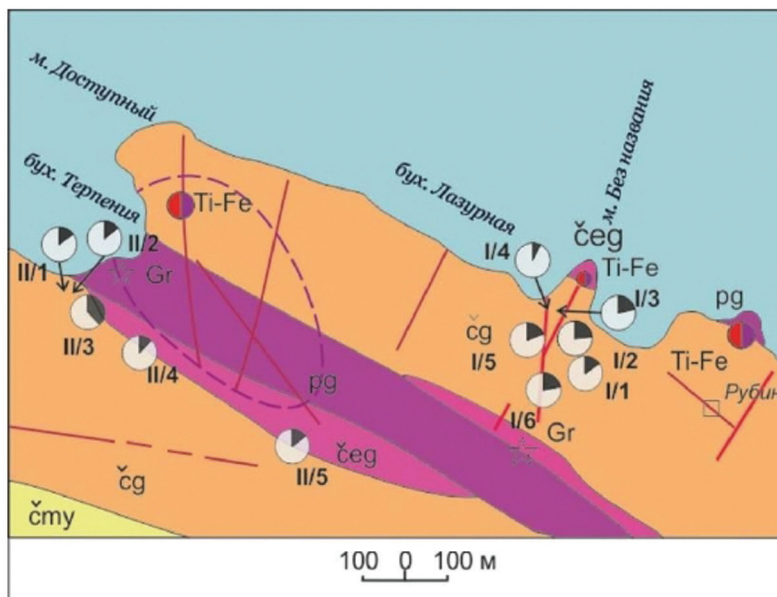


Рисунок 13 – Вечернегорская площадь.

Карта шлихового опробования двух опытных участков

На рисунке 14 приведено соотношение распределения магнитной и немагнитной фракций минералов в пробах участков I и II. Диаграммы указывают на процентное содержание магнитной фракции. На участке I в пробе 3 магнитная фракция составляет 21 %, а на участке II в пробе 3 содержание маг-

нитной фракции значительно выше и составляет 37 %, что может свидетельствовать о расположении участка II к более высокорудному объекту.

По результатам изучения шлиховых проб под бинокулярным микроскопом установлена серия минеральных ассоциаций (рис. 15).



Рисунок 14 – Вечернегорская площадь. Распределение фракций в шлиховых пробах

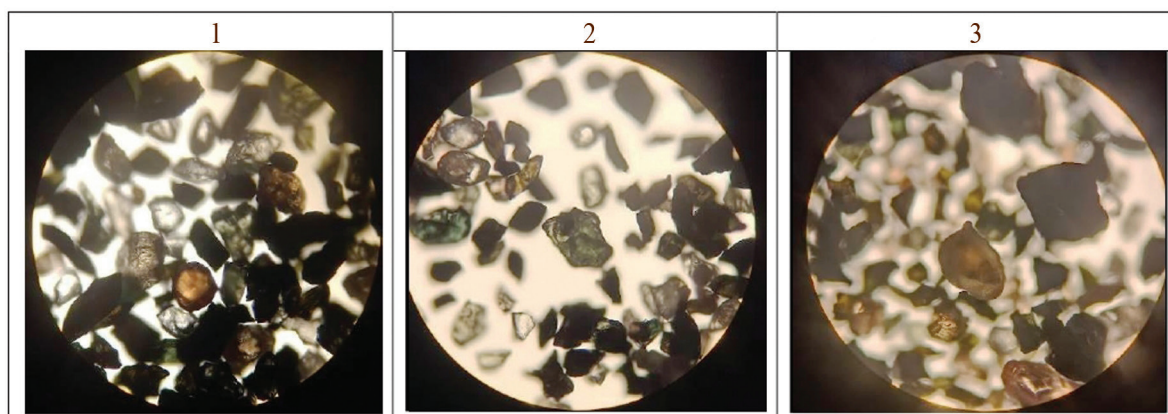


Рисунок 15 – Вечернегорская площадь. Минералы шлиховых проб в бинокуляре, увеличение в 10 раз:
1 – гранат, эпидот, ильменит; 2 – эпидот, гранат, пирротин; 3 – гранат, пирротин, ильменит

После проведения комплекса полевых и лабораторных работ, обобщения фактического материала были составлены карты отбора проб с учетом рельефа земной поверхности для определения областей сноса материала, а также непосредственно карты шлихового опробования по железорудному компоненту (магнитная и немагнитная фракции).

Как видно из рисунка, участки I и II заложены в местах различных по составу горных пород, что подтверждается разнообразным минеральным составом шлиха. Участок I характеризуется относительно неоднородным содержанием магнитной фракции (16–24 %, одна проба 9 %), показатели участка II варьируются в пределах 13–17 % (одна проба 33 %). Источником железорудных компонентов для данных районов, по-видимому, служат чарнокитизированные эндербиты и плагиогнейсы, которые характеризуются относительно повышенным содержанием рудных магнитных минералов.

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ВЕЧЕРНЕГОРСКОЙ ПЛОЩАДИ

Работы по дополнительному отбору образцов на участках детальных геофизических работ на Вечернегорской площади проводились м. н. с. Института природопользования НАН Беларуси Шаблыко Павлом Викентьевичем в период 2017–2018 гг. в рамках IX Антарктической экспедиции Национальной академии наук Беларуси. Отбор коренных образцов производился на трех основных участках: близ мыса Гнездового, мыса Доступного, а также близ горы Рубин. Точки отбора характеризуются прежде всего довольно близким расположением относительно друг друга и приуроченностью к выполненным магнитометрическим маршрутам, так как выполнялись совместно (рис. 16).

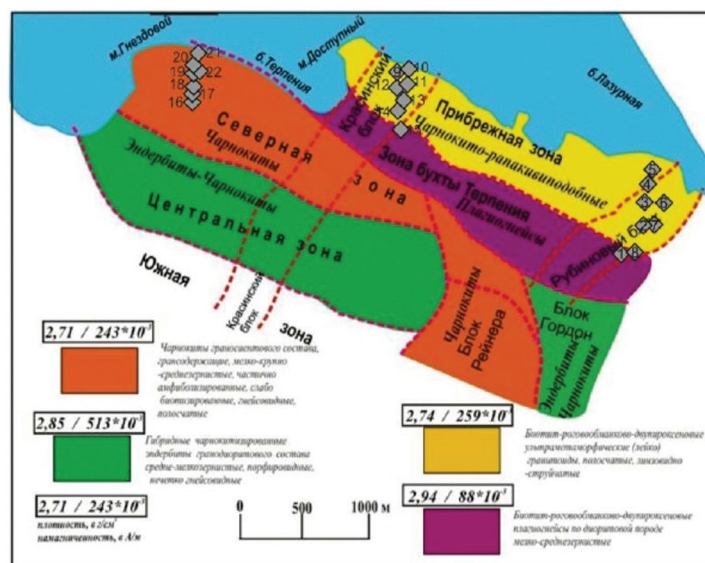


Рисунок 16 – Распределение точек отбора по площади на карте вещественного состава фундамента Вечернегорской площади (по Г. И. Каратаеву)

Всего исполнителем работ было отобрано и доставлено в Республику Беларусь 22 образца горных пород коренного залегания. Из них впоследствии в Научно-производственном центре по геологии подготовлены и изучены шлифы.

Начальником отдела филиала «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии» кандидатом геолого-минералогических наук М. П. Гуринович, а также научным сотрудником О. А. Пискуном были проведены макро и микроскопические исследования шлифов и дана полная минералого-петрографическая характеристика всех

исследуемых образцов. Ниже приводится выборочное описание определения минерального состава части анализируемых пород (образцы № 1, 14 и 19).

Образец № 1 (рис. 17). Макроскопическое описание: массивная сильно выветрелая порода светлорозоватого цвета. Структура неравномернозернистая, грубо-крупнозернистая, участками слегка порфировидная за счет более крупных выделений полевых шпатов. Присутствуют скопления темноцветных минералов и кварца, также наблюдаются небольшие пустоты размером 1–2 см, заполненные кристаллами кварца серого цвета.

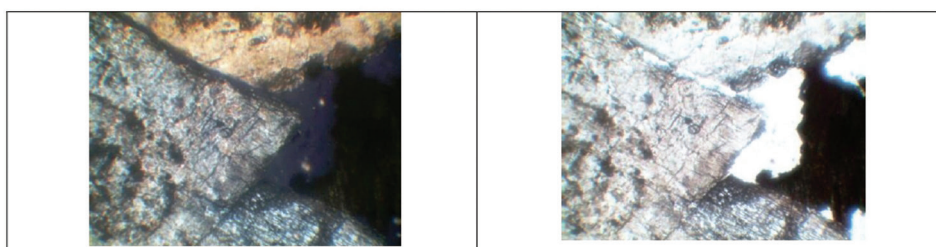


Рисунок 17 – Образец № 1 – гранит биотитовый (слева – с анализатором, справа – без анализатора); размер видимого поля шлифа 3,0×2,5 мм

Микроскопическое описание. Название породы (уточненное): **гранит биотитовый выветрелый**. Текстура породы массивная. Структура гипидиоморфнозернистая грубо-крупнозернистая, участками порфировидная.

Минеральный состав:

полевые шпаты – 60–70 %;
кварц – 10–15 %;
биотит – 1–10 %;

пелит-серицитовый материал – 10–15 %;
рудный минерал – пылевидные зерна.

Полевые шпаты наблюдаются в виде таблитчатых и неправильной формы зерен размером от 4,0–5,0 до 7,0–10,0 мм (в шлифе). Ввиду высокой степени выветривания отличить калиевый полевой шпат невозможно. Плагиоклаз можно определить только по наличию слабо просматриваемых полисинтетических двойников. Все полевые шпаты сильно выветрелые,

по ним развивается пелит-серицитовый материал в большом количестве. Все зерна сильно трещиноваты.

Кварц представлен неправильно-овальными зернами размером 2,5–7,0 мм при преобладании зерен размерностью 5,0–6,0 мм, иногда слагающими агрегативные скопления. Зерна сильно трещиноваты.

Биотит присутствует в породе в виде беспорядочно рассеянных чешуек размером 1,5–2,5 мм. Плеохроизм практически отсутствует, цвет темно-коричневый, почти черный. В образце часто образует скопления с кварцом.

Рудный минерал представлен пылевидными зернами магнетита черного цвета, распространенными по всем зернам в незначительном количестве.

Образец № 14 (рис. 18). Макроскопическое описание: мелко-среднезернистая порода розовато-серого цвета. Порода представляет собой чередование светлоокрашенных и темноокрашенных прослоев, придающих породе полосчатую текстуру. На спиле отмечается наличие порфиробластовых выделений бледно-розового калиевого полевого шпата округлой и линзовидной формы.

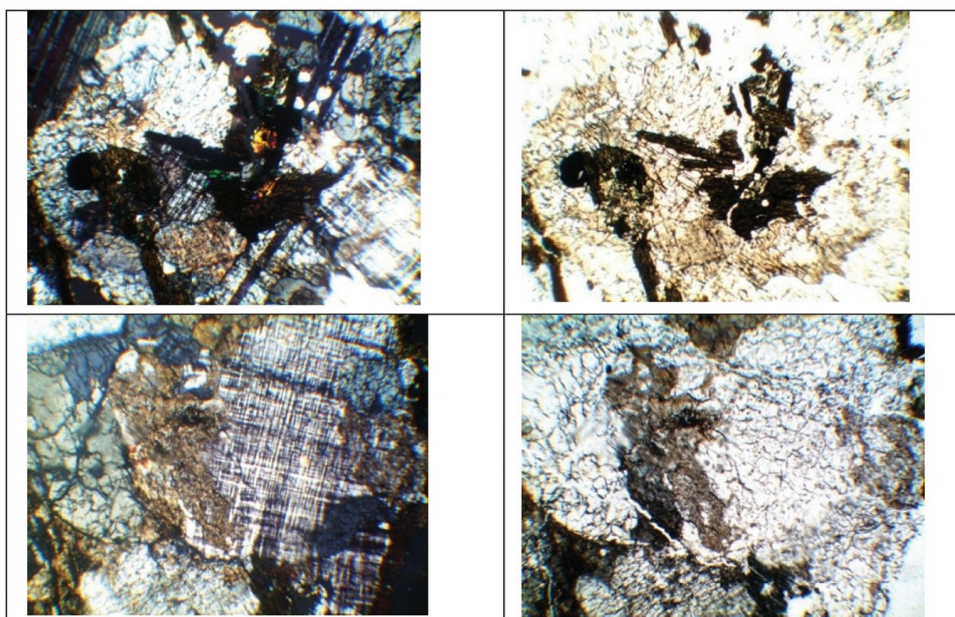


Рисунок 18 – Образец № 14 – Гранитогнейс (мigmatит)
(слева – с анализатором, справа – без анализатора); размер видимого поля шлифа 3,0×2,5 мм

Микроскопическое описание. Название породы (уточненное): **гранитогнейс (мigmatит)**. Текстура породы полосчатая. Структура порфиробластовая.

Минеральный состав:

калиевый полевой шпат – 35–45 %;

плагиоклаз – 30–35 %;

биотит – 10–15 %;

кварц – 15–20 %;

рудный минерал – <1 %;

эпидот – 1 %;

сфен – <1 %;

циркон – <1 %;

вторичные минералы – серицит-пелитовый материал.

Калиевый полевой шпат представлен микроклином. Это образования неправильнотаблитчатой формы с четким решетчатым строением. Размер их не превышает 2,0–2,5 мм (в шлифах). Сильно трещиноват и замещен вторичными минералами.

Плагиоклаз – олигоклаз-андезин. Формирует таблитчатые, чаще неправильнотаблитчатые зерна.

Размер отдельных индивидов варьирует от 0,3–0,5 до 2,0–2,5 мм. Часть зерен сильно затронуты вторичными изменениями и замещены пелитом, серицитом и эпидотом. Полисинтетические двойники наблюдаются лишь в зернах, менее затронутых изменениями.

Биотит представлен мелкими чешуйками, размер которых варьирует от 0,1–0,2 до 0,5–0,6 мм. Плеохроирует от буровато-коричневого по *Np* до темно-бурого, почти черного цвета по *Ng*. По породе распределен неравномерно, образуя ассоциации с рудными и акцессорными минералами.

Кварц формирует трещиноватые бесформенные зерна размером от мельчайших включений до 1,5–2,0 мм. Встречен как одиночными зернами в интерстициях полевых шпатов либо включений в них, так и довольно крупными скоплениями.

Рудный минерал представлен магнетитом. Формирует зерна неправильной формы размером до 0,2–0,3 мм в ассоциации с биотитом.

Эпидот представлен зернами бледно-зеленого цвета, формирующими небольшие скопления

из мелких 0,1–0,2 мм комковатых зерен. Реже встречаются индивиды до 1,0 мм. Чаще наблюдается в ассоциации с биотитом, но также развивается по плагиоклазу.

Сфен встречен в виде буровато-коричневых зерен неправильной, комковатой формы размером до 0,5 мм. Выделения наблюдаются в ассоциации с биотитом и эпидотом.

Циркон присутствует в виде единичных округлых зерен, включенных в биотит, размером до 0,1 мм.

Образец № 19 (рис. 19). Макроскопическое описание: изучаемый образец представляет собой мелко-среднезернистую грубополосчатую породу зеленовато-серого цвета. Полосы различного состава не параллельны и не выдержаны по мощности, местами расщепляются и меняют направление. Более светлые полосы сложены гранитным компонентом, более темные соответствуют амфибол-биотитовому гнейсу.

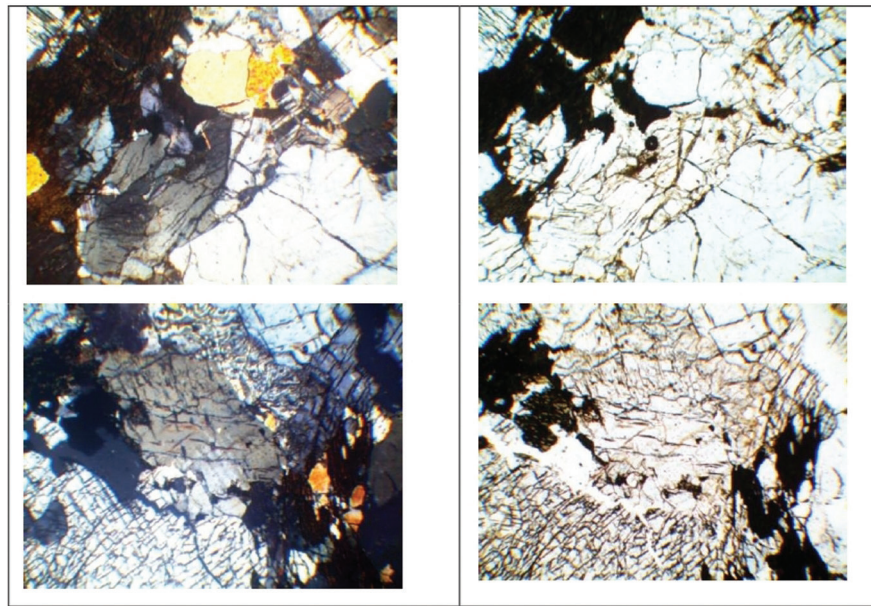


Рисунок 19 – Образец № 19 – Гранитогнейс (слева – с анализатором, справа – без анализатора); размер видимого поля шлифа 3,0×2,5 мм

Микроскопическое описание. Название породы (уточненное): **гранитогнейс (мigmatит)**. Текстура породы грубополосчатая. Структура гетеробластовая.

Минеральный состав:

калиевый полевой шпат – 35–45 %;

плагиоклаз – 30–35 %;

кварц – 15–20 %;

биотит – 10–12 %;

амфибол – 10–12 %;

рудный минерал – <1 %;

акцессорные минералы – <1 %;

вторичные минералы – серицит-пелитовый материал.

Калиевый полевой шпат представлен микроклин-пертитом (ортоклаз-пертитом). Образует зерна неправильнотаблитчатой и неправильной формы размером до 2,5–3,0 мм (в шлифах). Трещиноват и слегка замутнен вторичными минералами. Пертиты представляют собой тонкие игольчатые включения, часто распространенные не равномерно.

Плагиоклаз – олигоклаз-андезин. Формирует таблитчатые и неправильнотаблитчатые зерна. Размер

отдельных индивидов варьирует от 0,3–0,5 до 2,0–2,5 мм. Трещиноваты и замещены пелитом и серицитом. Полисинтетические двойники наблюдаются лишь в зернах, менее затронутых изменениями. В некоторых зернах наблюдаются антипертиты. Также на контакте с КППШ местами наблюдаются обильные мирмециты.

Кварц формирует трещиноватые зерна неправильной, иногда округлой формы размером от мельчайших включений до 1,5–2,0 мм. Формирует как одиночные включения, так и небольшие скопления в виде линз. Образует мермекитовые вроски в плагиоклазе.

Биотит наблюдается в виде не крупных чешуек буровато-коричневого цвета, размер которых варьирует от 0,1–0,2 до 0,5–0,6 мм. По породе распространен неравномерно, образуя скопления с роговой обманкой. Местами содержит мелкие включения рудных и акцессорных минералов и замещается бледно-зеленым хлоритом.

Амфибол – роговая обманка. Наблюдается в виде неправильнопризматических и неправильных зерен зеленовато-бурого цвета. Размер отдельных индивидов

не превышает 1,5–2,0 мм. Чаще всего наблюдается в совместных сростаниях с биотитом.

Рудный минерал представлен редкими неправильными зернами магнетита размером до 0,2–0,3 мм в ассоциации с темноцветными минералами.

Anatit формирует прозрачные округлые зерна размером до 0,2–0,3 мм, ассоциирующие с темноцветными минералами.

Циркон наблюдается в виде единичных округлых, частично идиоморфных зерен размером до 0,2 мм в ассоциации с темноцветными минералами.

Полученные данные по сравнительной характеристике микро- и макроописания горных пород (табл. 1) и минералого-петрографическим исследованиям обобщены в таблице 2.3.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика микро- и макроописания горных пород Вечернегорской площади

№ образца	Макроскопическое описание	Микроскопическое описание
1	Массивная выветрелая порода светло-розового цвета	Гранит биотитовый выветрелый
2	Полосчатая порода	Гранитогайеис биотит-амфиболовый
4	Массивная выветрелая порода	Гранит
6	Гнейсовидная порода коричневого цвета	Гранитогайеис биотит-амфиболовый
7	Гнейсовидная порода бежево-розоватого цвета	Гранитогайеис биотитовый (пигматит)
8	Гнейсовидная порода	Гранитогайеис биотитовый
9	Гнейсовидная порода бежево-коричневого цвета	Гранитогайеис биотит-амфиболовый
11	Крупнозернистая порода	Гранит биотитовый
12	Крупнозернистая выветрелая порода	Монзонит амфибол-биотитовый
13	Крупно- и среднезернистая массивная выветрелая порода	Монзонит амфибол-биотитовый
14	Мелко- среднезернистая порода	Гранитогайеис (мigmatit)
15	Сочетание мелко- и среднезернистой породы и гранита	Гранитогайеис (мigmatit)
16	Крупнозернистая порода зеленовато-серого цвета	Гранит
18	Сочетание гнейса и крупнозернистого гранита	Гранит
19	Мелко- и среднезернистая порода	Гранитогайеис (мigmatit)
20	Мелко- и среднезернистая грубополосчатая порода	Гранитогайеис (мigmatit)

Таблица 2 – Минералого-петрографическая характеристика образцов горных пород Вечернегорской площади за сезон 2017–2018 гг.

№ пробы	Калиевые полевые шпаты	Кварц	Плагноклаз	Амфибол	Биотит	Вторичные минералы
1	60–70 %	10–15 %	–	–	1–10 %	10–15 %
2	–	10–15 %	40–50 %	10–15 %	5–7 %	1–5 %
4	60–70 %	10–20 %	5–10 %	–	–	1–5 %
5	<1 %	5–10 %	55–60 %	10–15 %	5–10 %	1–5 %
6	5–10 %	5–10 %	55–60 %	15–20 %	1–5 %	3–5 %
7	5–10 %	5–10 %	55–60 %	–	20–25 %	1–5 %
8	10–15 %	10–15 %	45–50 %	–	20–25 %	1–5 %
9	5–10 %	10–15 %	50–55 %	10–15 %	3–5 %	1–5 %
11	50–55 %	20–25 %	15–20 %	–	15–20 %	1–5 %
12	35–40 %	5–7 %	30–40 %	5–7 %	10–12 %	2–5 %
13	30–35 %	1–2 %	35–45 %	10–15 %	10–15 %	1–5 %
14	35–45 %	15–20 %	30–35 %	–	10–15 %	1–5 %
15	35–45 %	15–20 %	30–35 %	10–12 %	10–12 %	1–5 %
16	30–35 %	20–25 %	30–35 %	–	5 %	1–5 %
18	30–35 %	20–25 %	35–40 %	–	5–10 %	1–5 %
19	35–45 %	15–20 %	30–35 %	10–12 %	10–12 %	2–5 %
20	20–25 %	15–20 %	30–35 %	–	20–25 %	1–5 %

На всех трех изученных участках породы представлены преимущественно гранитогнейсами, гранитами и монцонитами. Характеризуются в большинстве своем однородным составом, за исключением единичных образцов.

Петрографическое определение пород вместе с полученными петрофизическими характеристиками будут являться базой для дальнейшего направления геолого-геофизических исследований Вечернегорской площади.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам геолого-геофизических работ, выполненных в период исследования БАЭ-14 и БАЭ-15 в 2021–2023 гг., получены следующие основные результаты:

- проведена геомагнитная съемка и обобщение полученных данных на участке проектирования немагнитного павильона для создания и детализации проекта геодинамического полигона. Интерпретация краткопериодных и суточных вариаций геофизических полей и имеющихся геологических данных позволит учесть эффект воздействия регистрируемого природного геомагнитного поля на методику интерпретации полевых геомагнитных исследований;

- рекогносцировочные радиометрические исследования участка выхода горных пород пешеходной радиометрической съемкой с регистрацией гамма-поля радиометром СРП-68-01 свидетельствует о широком диапазоне изменения гамма-поля, изменяющегося от среднефоновых 20–30 мкР/ч до повышенных значений, составляющих 50–70 мкР/ч и участков с аномальными значениями гамма-излучения, составляющими 250–300 мкР/ч. Аномальные

значения радиоактивности приурочены к выходу на поверхность пород древнего архейского возраста, богатых на радиоактивные элементы. Для исследования природы естественной радиоактивности планируется выполнить спектральную съемку и лабораторные изучения горных пород;

- выполнено впервые в полярных условиях рекогносцировочно-опытное исследование по шлиховой съемке на двух опытных участках Вечернегорской площади с отбором и первичной полевой обработкой 36 образцов горных пород.

Дальнейшими лабораторными работами в стационарных условиях по промывке, доводке шлиховой пробы для анализа установлены значительные концентрации железорудных материалов практически во всех образцах. На составленных картах намечены пути сноса обломочных пород по участкам временных водотоков.

Установлено разноплановое соотношение в пробах магнитной фракции пород, определяющее расположение участка исследования к более высоко-рудному объекту;

- по результатам серии образцов горных пород по макроскопическим, микроскопическим описаниям и исследованию шлифов установлена представленность горных пород преимущественно гранитогнейсами, гранитами, монцонитом амфибол-биотитовым, содержащими калиевые полевые шпаты (30–70 %), кварц (5–25 %), плагиоклаз (15–40 %), биотит (10–25 %), вторичные минералы (не более 5 %).

Выполняемые в последний этап работ на Вечернегорской площади детализационные геологические исследования позволяют более уверенно использовать, интерпретировать и увязывать результаты геофизических исследований с особенностями геологических условий региона исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гарэцкі, Р. Г.** Геологическое строение земной коры в районе Вечернегорской площади в Восточной Антарктиде / Р. Г. Гарэцкі, Я. Г. Грыбик, Г. И. Каратаев // Природная среда Антарктики: междисциплинарные подходы к изучению : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 15-летию Государственного учреждения «Республиканский центр полярных исследований», Домжерицы, 21–23 сент. 2022 г. / редкол.: В. Ф. Логинов [и др.]. – Минск : БГТУ, 2022. – С. 66–69.
2. **Гарэцкі, Р. Г.** Глубинное строение и тектоника Земли Эндерби (Восточная Антарктида) / Р. Г. Гарэцкі, Г. И. Каратаев // Мониторинг состояния природной среды Антарктики и обеспечение деятельности национальных экспедиций : материалы 1-й Междунар. науч.-практ. конф., г. п. Нарочь, Беларусь, 26–29 мая 2014 г. – Минск : Экоперспектива, 2014. – С. 41–46.
3. **Гарэцкі, Р. Г.** Полярные геолого-геофизические изыскания на Земле Эндерби / Р. Г. Гарэцкі, П. В. Шаблыко, Я. Г. Грыбик // Наука и инновации. – 2023. – № 6 (244). – С. 33–38.
4. **Каратаев, Г. И.** Методика построения физико-геологического разреза по комплексу геофизических полей / Г. И. Каратаев, С. В. Голобоков // Літасфера. – 2003. – № 2 (19). – С. 74–84.
5. **Каратаев, Г. И.** Рекогносцировочные геофизические исследования Белорусской антарктической экспедиции 2008/2009 годов / Г. И. Каратаев, О. В. Мясников // Літасфера. – 2010. – № 1 (32). – С. 111–115.

6. **Каратаев, Г. И.** Физико-геологические модели земной коры Земли Эндерби (Восточная Антарктида) / Г. И. Каратаев, Т. В. Венцелидес, С. В. Голобоков // Современное состояние наук о Земле : материалы междунар. конф., посвященной памяти Виктора Ефимовича Хаина, Москва, 1–4 февр. 2011 г. – М. : Геологический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, 2011. – С. 830–834.
7. **Михальский, Е. В.** Чарнокиты Восточной Антарктиды и их геологическая типизация / Е. В. Михальский, Дж. Шератон, Н. В. Владыкин // Докл. РАН. – 2006. – Т. 408, № 4. – С. 523–527.
8. **Мясников, О. В.** Геология и гидрография участка гора Вечерняя (холмы Тала) / О. В. Мясников // Научные результаты геолого-геофизических исследований в Антарктиде. – Вып. 3. – СПб. : ФГУП «ВНИИ Океанология», 2011. – С. 37–59.
9. **Особенности** выполнения полевых геолого-геофизических исследований в антарктических условиях / П. В. Шаблыко [и др.] // Природная среда Антарктики: междисциплинарные подходы к изучению : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 15-летию Государственного учреждения «Республиканский центр полярных исследований», Домжерицы, 21–23 сент. 2022 г. / редкол.: В. Ф. Логинов [и др.]. – Минск : БГТУ, 2022. – С. 260–263.
10. **Результаты** геолого-геофизических исследований на Вечернегорской площади в Восточной Антарктике с учетом данных нового полевого сезона 2021–2022 гг. / П. В. Шаблыко [и др.] // Природная среда Антарктики: междисциплинарные подходы к изучению : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 15-летию Государственного учреждения «Республиканский центр полярных исследований», Домжерицы, 21–23 сент. 2022 г. / редкол.: В. Ф. Логинов [и др.]. – Минск : БГТУ, 2022. – С. 264–268.
11. **Тектоническое** районирование фундамента Земли Эндерби (Восточная Антарктида) / Р. Г. Гарэцкі [и др.] // Современное состояние наук о Земле : материалы междунар. конф., посвященной памяти Виктора Ефимовича Хаина, Москва, 1–4 февр. 2011 г. – М. : Геологический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, 2011. – С. 824–829.
12. **Grew, E. S.** Geochronologic studies in east Antarctica: ages of rocks at Reinbolt Hills and Molodezhnaya Station / E. S. Grew, W. I. Manton // Antarctic Journal of the United States. – 1981. – V. 16, № 5. – P. 5–7.
13. **Grew, E. S.** Precambrian basement at Molodezhnaya Station, East Antarctica / E. S. Grew // Geological Society of America Bulletin. – 1978. – V. 89. – P. 801–813.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 10.08.2023

Рэцэнзент У. І. Зуй

ВЫНІКІ ГЕОЛАГА-ГЕАФІЗІЧНЫХ ДАСЛЕДАВАННЯЎ ЗЯМЛІ ЭНДЭРБІ (АНТАРКТЫДА) У 2021–2023 гг.

**Я. Г. Грыбік¹, Р. Г. Гарэцкі¹, Р. Э. Гірын¹, П. У. Шаблыка¹, С. Л. Сушкевіч¹,
М. П. Гурыновіч², І. Л. Коласаў²**

¹Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі
вул. Ф. Скарыны, 10, 220076, Мінск, Беларусь
E-mail: yaroslavgribik@tut.by

²Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»
вул. Акадэміка Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь

У артыкуле прыведзены вынікі геолога-геафізічных даследаванняў Беларускай антарктычнай экспедыцыі (БАЭ) 14 і 15, выкананых у перыяд палявых работ у 2021–2023 гг. Папярэднімі геолога-геафізічнымі працамі, выкананымі ў перыяд рэалізацыі праектаў БАЭ-1–БАЭ-10, выкананы агульныя геалагічныя і геофізічныя даследаванні ў даступных месцах Вячэрнягорскай плошчы. Аналізаваны цяперашні этап, які выконваецца ў апошнія гады, пашыраны комплексам даследаванняў, які ўключае радыёметрычную здымку, капаметрычныя даследаванні, шліхавае апрабаванне абломкавых парод, па дадзеных якіх пабудаваны карты радыёметрычнай здымкі, шліхавага апрабавання, капаметрычнай здымкі. Па выніках аналізу магнітнай і немагнітнай фракцый проб шліхавай здымкі ўстаноўлены разнапланавыя мінеральныя асацыяцыі. Па макра- і мікраскапічным аналізе шліфаў вызначаны мінеральны склад горных парод. Даследаванні гэтага перыяду вывучэння Вячэрнягорскай плошчы дазваляць пашырыць спектр геолога-геафізічных даследаванняў.

Ключавыя словы: Вячэрнягорская плошча, радыёметрычная здымка, шліхавае апрабаванне, петраграфічны склад, мінеральны склад, гама-актыўнасць, гранітагнейс.

RESULTS OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL STUDIES OF ENDERBY LAND (ANTARCTICA) IN 2021–2023

Ya. Gribik¹, R. Garetsky¹, R. Girin¹, P. Shablyko¹, S. Sushkevich¹, M. Gurinovich², I. Kolosov²

¹Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10 F. Skorina St, 220076, Minsk, Belarus
E-mail: yaroslavgribik@tut.by

²State Enterprise «Research and Production Center for Geology»
7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus

The article presents the results of geological and geophysical studies of the Belarusian Antarctic Expedition (BAE) 14 and 15, carried out during the field work in 2021–2023. The previous geological and geophysical works carried out during the implementation of the BAE-1–BAE-10 projects carried out general geological and geophysical studies in accessible areas of the Vechnegorskaya area. The analyzed present stage, which has been carried out in recent years, has been expanded by a set of studies, including radiometric survey, kappametric studies, heavy mineral concentrate sampling of clastic rocks, according to which maps of radiometric surveys, heavy mineral concentrate sampling, and kappametric surveys have been built. According to the results of the analysis of the magnetic and non-magnetic fractions of samples from the heavy mineral concentrate survey, diverse mineral associations were established. According to the macro- and microscopic analysis of thin sections, the mineral composition of the rocks was determined. Studies of this period of study of the Vechnegorskaya area will expand the range of geological and geophysical studies.

Keywords: Vechnegorskaya area, radiometric survey, heavy mineral concentrate sampling, petrographic composition, mineral composition, gamma activity, granite gneiss