

# Полярные геолого-геофизические изыскания на Земле Эндерби

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 (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 [1, 2]. 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. 1). В открытых областях (прибрежная часть Вечернегорской площади) оно обусловлено глубинными магнитными неоднородностями элементов 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.

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 намагнитченности.

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 (десяtkи тысяч и даже сотни тысяч нанотесла). Площадь таких аномалий – от нескольких квадратных метров до десятков, а иногда – сотен квадратных километров.

Магнитные аномалии четко фиксируют неоднородности главным образом вещества кристаллического фундамента и его разломную тектонику, региональная составляющая магнитного поля отображает

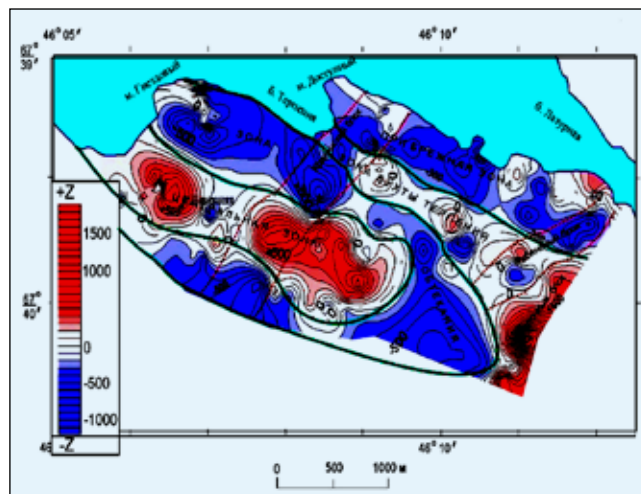


Рис. 1. Вечернегорская площадь. Карта районирования аномального магнитного поля  $Z$

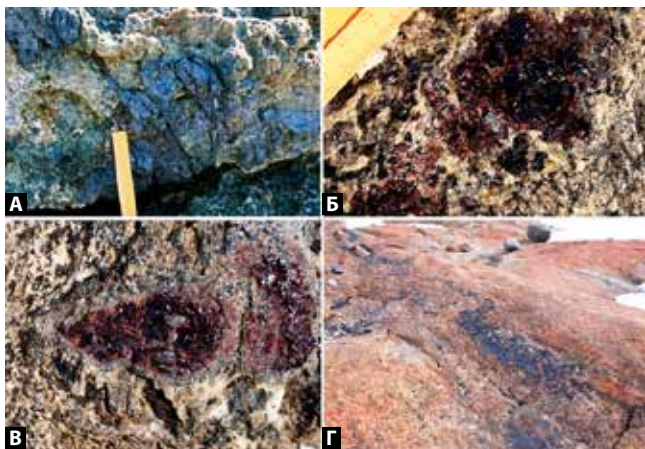


Рис. 2. Рудные жилы мыса Рог (А) и горы Вечерней (В); кристаллы пиритов «Гнездовой» (Б) и «Рубин» (Г) минерализованных зон

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 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. 2).

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 (рис. 1). Все они имеют полосовой характер северо-западного простирания.

Карта районирования по геомагнитным данным в значительной мере отражает геологические особенности Вечернегорской площади (рис. 3). Образцы горных пород были проанализированы в лабораториях РУП «Белгеология» с петрографических, петрохимических и петрофизических позиций.

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 его аномалий с геологическими и тектоническими детальными и региональными данными свидетельствуют об отражении геолого-тектонических процессов в магнитном поле. Это дает основания применить

их для построения геологической карты кристаллического фундамента Вечернегорской площади, используя известные и частные, наблюдаемые там корреляционно-генетические соотношения магнитных полей с геолого-тектоническими характеристиками разреза земной коры [3].

По данным лабораторного петрографического анализа образцов горных пород Вечернегорской площади основными минерагеническими рудогенерирующими и рудоконтролирующими формациями являются гранитоиды чарнокитовой гнейсовато-рапакивиоподобной ультраметаморфической и эндербо-чарнокитоидной толщи. Все

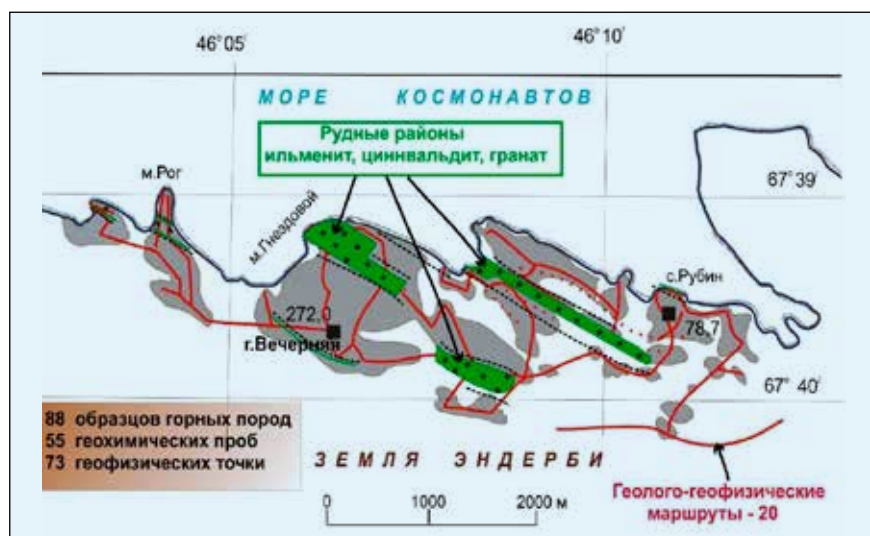


Рис. 3. Схема сопоставления карты аномального магнитного поля и размещения рудных объектов по О.В. Мясникову на Вечернегорской площади

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 рапакивиподобные чарнокиты) находят отражение в магнитном поле.

Найденные 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 мезопротерозойскими эндербо-чарнокитоидами образуют жилоподобные тела массивно-вкрапленных руд до одного метра видимой мощности и до 100 м по простиранию. Архейские биотит-двупироксеновые плагиогнейсы являются рудомещающей формацией для железо-титановых руд метаморфогенной (скарноидной) серии.

Архейские плагиогнейсы выступают благоприятной средой для различного нерудного минералообразования. Их толща существенно минерализована, преимущественно в районе развития рапакивиподобных 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.

Работы в рамках последних экспедиций выполнялись в соответствии с календарным планом по подпрограмме, включающей следующие мероприятия: установка стационарного немагнитного павильона для наблюдения геомагнитного поля на участке на Вечернегорской площади (рис. 4); обработка полученных данных и классификация вариаций геомагнитного поля во времени; детализация проекта геодинамического полигона на основе изучения вариаций геомагнитного поля на обозначенном участке; проведение рекогносцировочной шлиховой съемки Вечернегорской площади на участках временных и постоянных водотоков и лабораторные исследования полученных образцов; составление карты шлихового опробования с целью детализации геологических условий с помощью пешеходной радиометрической съемки выхода коренны пород по гамма-излучению.

В точке размещения стационарного магнитометра выполнено более 10 суточных и 25 короткопериодных наблюдений для изучения магнитного поля в течение суток. После обработки данных и построения графиков изменения потока Т проведена корре-



Рис. 4. Тумба для немагнитного павильона на Вечернегорской площади (март 2022 г.)

кция данных с ближайшей Австралийской антарктической станцией «МОУСОН», которая является участником Международной сети магнитных обсерваторий реального времени INTERMAGENT. Установлена четкая временная корреляция синхронного изменения магнитного поля на Вечернегорской площади и на станции «МОУСОН». Наибольшие вариации в течение дня в некоторых случаях имеют прямую связь с магнитными бурями.

Короткопериодные колебания геомагнитного поля (КПКМП) – это геомагнитные пульсации, характеризующиеся квазипериодической структурой, занимающие диапазон частот от тысячных долей до нескольких герц. В зарубежной литературе для их обозначения 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 выполнены

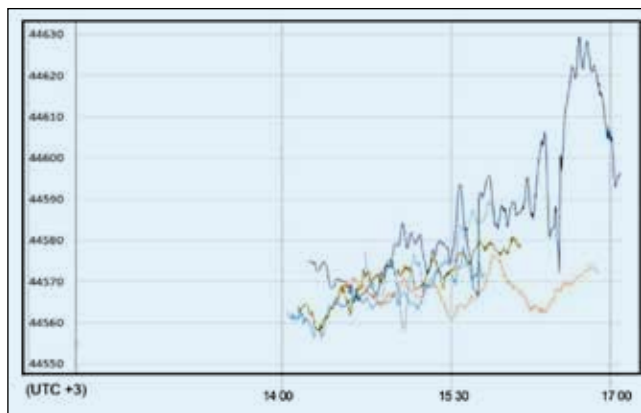


Рис. 5. Вечернегорская площадь. Короткопериодные вариации поля Т в вечерние часы (январь-февраль 2021 г.)





Рис. 6. Вечернегорская площадь, мыс Рог. Замер гамма-излучения на тектоническом разломе 46 мкР/ч. 15.02.2022 г.

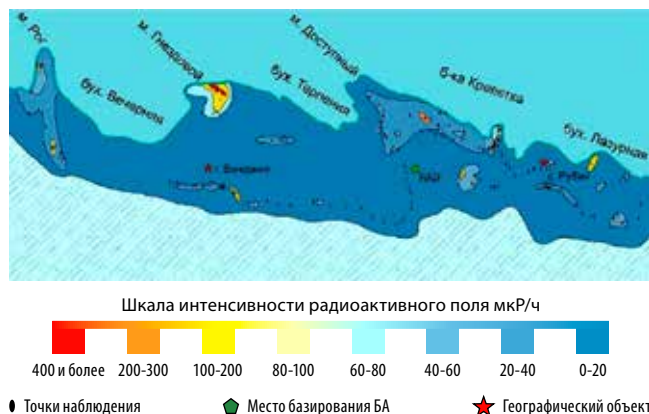


Рис. 7. Вечернегорская площадь. Радиометрическая карта по данным сезона 2021–2022 гг.

короткопериодные наблюдения за поведением магнитного поля с 9 до 12 и с 14 до 17 ч (рис. 5).

Хаткевичем А.Л. проведена тестовая, рекогносцировочная радиометрическая съемка с помощью радиометра СРП-68–01, предназначенного для изучения естественных излучений пород по фотонной радиоактивности. Произведено порядка 150 замеров с привязкой по GPS и фотодокументации точки замера (рис. 6).

Повышенное значение радиоактивного поля зачастую непосредственно связано с выходами архейских пород, богатых на включения калиевых поле-

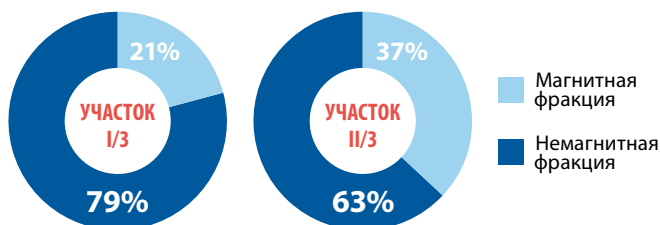


Рис. 8. Вечернегорская площадь. Распределение фракций в шлиховых пробах

вых шпатов и достигает в некоторых случаях 200–300 и более мкР/ч (в среднем – 60–100 мкР/ч) (рис. 7).

Минералогический анализ предполагал изучение всех выделенных фракций под бинокулярным микроскопом (бинокуляр), при этом минералы определяют по внешнему виду, плотности, оптическим и химическим свойствам. Большую помощь в данном процессе оказывает сравнение их с коллекцией заведомо известных шлиховых минералов.

На рис. 8 приведено соотношение магнитной и немагнитной фракции минералов в пробах участка I и II. По результатам изучения шлиховых проб под бинокулярным микроскопом установлена серия минеральных ассоциаций (рис. 9).

После полевых и лабораторных работ нами были обобщены фактические материалы, составлены карты отбора проб с учетом рельефа земной поверхности для определения областей сноса материала, а также карты шлихового опробования по железорудному компоненту (магнитная и немагнитная фракция).

Как видно из рис. 10, для участков I и II характерны две области сноса, практически изолированные друг от друга. Следует отметить, что для зоны I характерно меньшее содержание глинистых частиц по сравнению с зоной II. Это можно объяснить различием в силе водных потоков, а также неравномерной расчлененностью и общим уклоном рельефа в сторону океана, что подтверждается разными показателями соотношения магнитной и немагнитной фракции серого шлиха.

Как видно из рис. 11, участки I и II заложены в местах различных 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, вероятно, являются чарнокитизированные эндрбиты и плагиогнейсы, характеризующиеся относительно повышенным содержанием рудных магнитных минералов.

В тектоническом отношении Вечернегорская площадь располагается в пределах Восточно-Антарктической докембрийской платформы с длительной историей формирования в качестве сложно построенного континентального блока. Глубинный состав земной коры составляют разновозрастные образования, определяющие и влияющие на регистрируемые геофизические поля. Для создания и детализации проекта геодинамического полигона нами проведена

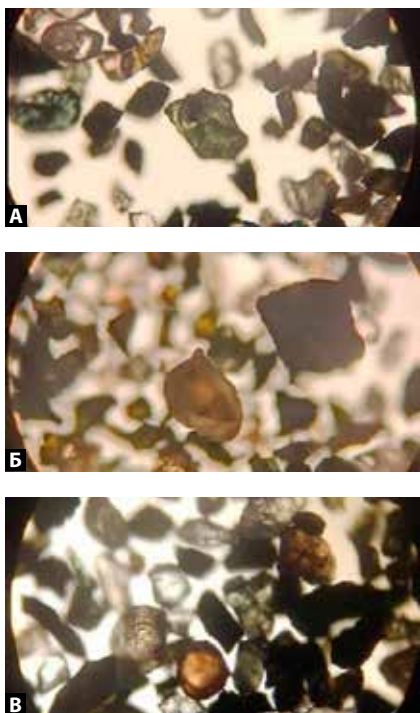


Рис. 9. Минералы шлиховых проб в бинокляре:

**А** – гранат, эпидот, ильменит;  
**Б** – эпидот, гранат, пирротин;  
**В** – гранат, пирротин, ильменит.  
 Увеличение в 10 раз

геомагнитная съемка и обобщены данные, полученные на участке немагнитного павильона. Интерпретация краткопериодных и суточных вариаций геофизических полей и имеющих геологических сведений позволит изучить протекание современных тектонофизических процессов в земной коре и оценить активность элементов разломной тектоники.

Рекогносцировочные радиометрические исследования участка выхода горных пород пешеходной радиометрической съемкой с регистрацией гамма-поля радиометром СРП-68–01 свидетельствуют о широком диапазоне его изменения от среднефоновых до повышенных значений, а также участков с аномальными показателями, обусловленными выходом на поверхность пород древнего архейского возраста, богатых на радиоактивные элементы. Для дальнейшего исследования природы естественной радиоактивности необходимо выполнить спектральную съемку и лабораторные изучения горных пород.

Впервые в полярных условиях нами проведено рекогносцировочно-опытное изучение по шлиховой съемке на 2 опытных участках Вечернегорской площади с отбором и первичной полевой обработкой проб на каждом из них. 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 обло-

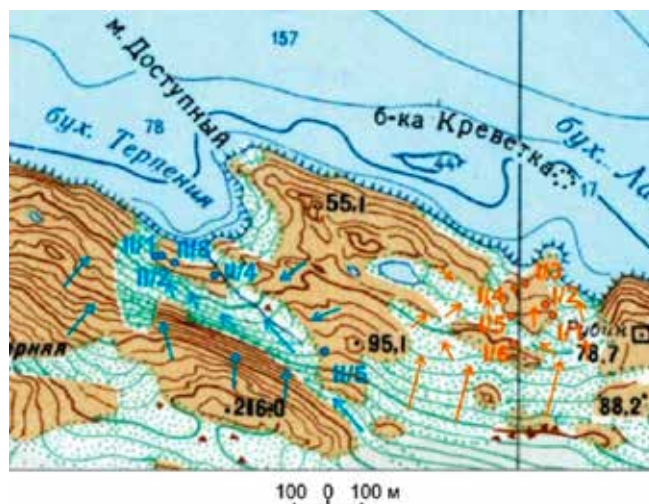


Рис. 10. Карта отбора образцов на участке шлихового опробования. Стрелками указаны направления сноса обломочного материала

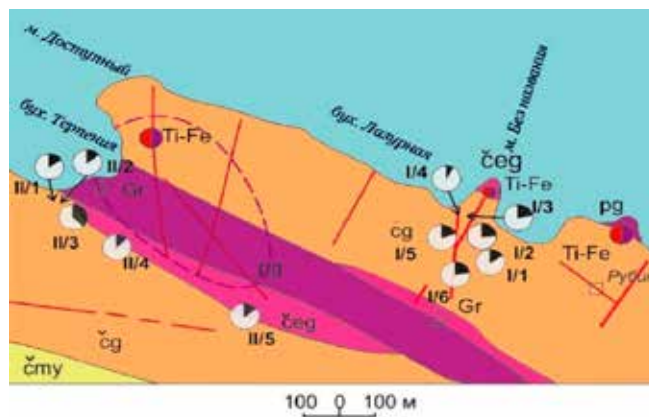


Рис. 11. Карта шлихового опробования двух опытных участков (указано процентное содержание магнитной фракции)

мочных пород. Полученные данные будут использованы в дальнейшем при комплексном геолого-геофизическом изучении территории, для определения наиболее представительных участков и методов их изучения по оценке минерагенического потенциала. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Г.И. Каратаев, О.В. Мясников. Рекогносцировочные геофизические исследования Белорусской антарктической экспедиции 2008/2009 гг. // Литасфера. 2010. №1 (32). С. 111–115.
2. О.В. Мясников. Геология и гидрография участка гора Вечерняя (холмы Тала) // Научные результаты геолого-геофизических исследований в Антарктиде. Вып. 3. СПб. ФГУП «ВНИИ Океанология». 2011. С. 37–59.
3. Гарецкий Р.Г. Глубинное строение и тектоника Земли Эндерби (Восточная Антарктида) / Р.Г. Гарецкий, Г.И. Каратаев // Мониторинг состояния природной среды Антарктики и обеспечение деятельности национальных экспедиций: матер. 1-й Междунар. науч.-практ. конф., г.п. Нарочь, 26–29 мая 2014 г. / Минск, 2014. С. 41–46.