

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ АНТАРКТИДЫ: ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

д-р геол.-минерал. наук Е.В.МИХАЛЬСКИЙ,

д-р геол.-минерал. наук Е.Н.КАМЕНЕВ, науч. сотр. А.С.МИХАЛЬСКАЯ

ВНИИОкеангеология им. И.С.Грамберга, Санкт-Петербург, etikhalsky@mail.ru

В статье приведены наиболее важные сведения по истории геологического изучения Антарктиды, от ранних героических экспедиций, когда были получены первые отрывочные данные о строении материка, до современных специализированных работ, и суммированы основные результаты и достижения, полученные на определенных этапах исследований. Решительный прогресс в геологическом изучении материка был достигнут в период, последовавший за Международным геофизическим годом 1957/58. Значительную роль играли отечественные широкомаштабные геолого-геофизические работы, позволившие выявить главные черты геологического строения и особенности тектонической эволюции Восточной Антарктиды. Начиная с 1980-х годов геолого-геофизические исследования все чаще выполняются международными экспедициями, имеют мультидисциплинарный характер и направлены на решение конкретных геологических задач изучения важнейших особенностей строения и истории развития земной коры и литосферы крупных регионов материка. Существенное значение приобрело и решение геологических задач, связанных с проблемами изменения климата на планете. В статье приведен краткий обзор выполненных геологических работ и дана характеристика некоторых проектов, действовавших в рамках Международного полярного года 2007/08.

Ключевые слова: Антарктида, геологическая изученность, МПГ 2007/08

ВВЕДЕНИЕ

Геологическое изучение Антарктики (акватории и территории южнее 60° ю.ш.) берет начало в 1830-х годах, когда, вслед за успешной первопроходческой экспедицией российских мореплавателей Ф.Ф.Беллинсгаузена и М.П.Лазарева, впервые наблюдавших материковые льды в 1820–1821 гг., в южнополярную область устремились исследовательские и промысловые морские суда. Целями экспедиций были, в первую очередь, оценка биоресурсного потенциала Южного океана и изучение земного магнетизма. В дальнейшем в антарктических плаваниях периодически участвовали натуралисты или геологи, работа которых проходила в труднейших организационных и климатических условиях, подчас с риском для жизни. Импульсом к активным исследованиям, в том числе геологическому изучению и ориентировочной оценке минерально-сырьевого потенциала материка, послужили выдвинутые рядом государств территориальные притязания и международные отношения, обострившиеся в 1940-х гг. Начало систематического изучения геологии Антарктиды приурочено к работам в рамках Международного геофизического года 1957/58. С тех пор геолого-геофизические исследования систематически выполняются Советскими и Российскими экспедициями, а также экспедициями многих других стран (прежде всего Австралии, Новой Зеландии, США, Великобритании, Франции, ЮАР, Японии, Норвегии, Бельгии, Германии, а в последние 15–20 лет также Италии, Испании, Индии, Китая; давно присутствуют в Антарктике станции Аргентины и Чили, но исследовательские работы они ведут довольно ограниченно). Полевые работы включали локальные или площадные рекогносцировочные исследования десантным способом, геологическую съемку отдельных площадей или специализированные детальные наблюдения на ключевых участках. Отечественными экспедициями, организованными

АНИИ и НИИ геологии Арктики (НИИГА, ныне ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С.Грамберга»), а впоследствии – Полярной морской геологоразведочной экспедицией (ФГУНПП «ПМГРЭ»), выполнен огромный объем разнообразных геолого-геофизических работ и исследований; российскими учеными, среди которых необходимо выделить, прежде всего, имена М.Г.Равича, П.С.Воронова, Д.С.Семенова, Л.В.Климова, в период 1960–1970-х гг. сделаны важные научные открытия и достигнут значительный прогресс в познании геологического строения континента.

В статье рассмотрена хронология геологических исследований в Антарктиде и показаны наиболее важные, принципиальные открытия, сделанные различными исследователями. Приведены данные об объектах, этапах и методах выполнения исследований отечественными экспедициями; сделана попытка обобщенного представления главных научных результатов, полученных советскими и российскими специалистами. В более краткой форме даны сведения о геологических работах других государств, и рассмотрены текущие исследовательские проекты и программы в рамках Международного полярного года (МПГ) 2007/08.

Значительный объем работ и исследований с целью тектонического районирования Антарктиды также проводится геофизическими методами (сейсмические, магнитометрические, радиолокационные, гравиметрические исследования). По программам, ориентированным на изучение материковой окраины и внутриконтинентальных подледных пространств, проводятся сейсмические зондирования, но детальная характеристика этого направления работ, требующего специального рассмотрения, выходит за рамки данной статьи.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЛОГИИ АНТАРКТИДЫ НА РАННЕМ ЭТАПЕ ИССЛЕДОВАНИЙ (ДО МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ГОДА 1957/58)

В 1830–1840-х гг. исследования выполнялись британскими (1830–1840, Дж.Росс, Д.Уэдделл, Дж.Биско и др.), американскими (1838–1842, Ч.Уилкс) и французскими (1837–1840, Ж.Дюмон-Дюрвиль) мореплавателями. Многие экспедиции были организованы по инициативе и при поддержке крупных немецких ученых того времени К.Гаусса и А.Гумбольдта. Одной из основных задач являлось выяснение причин и характера магнитного склонения на огромном пространстве Южного океана, что было необходимо для обеспечения безопасности мореплавания. Геологические исследования проводились спорадически; наблюдения выполнялись натуралистами широкого профиля и носили сопутствующий характер. На этом этапе горы и отдельные участки суши наблюдались на Земле Адели, Земле Виктории и на Антарктическом полуострове. Кроме того, были получены вещественные признаки каменной земли за Южным полярным кругом: участниками экспедиции Дж.Росса были извлечены мелкие камни из желудков пингвинов, а экспедиция Ч.Уилкса обнаружила обломки разнообразных горных пород в одном из перевернутых айсбергов, образцы горных пород поднимались также со дна моря при драгировании. Участвовавший в американской экспедиции Ч.Уилкса (1838–1842 гг.) медик и натуралист Ч.Пикеринг предполагал, что эти обломки были снесены с крупного континента, по размерам сопоставимого с Австралией (см. ссылки в [Tingey, 1996]). О том же писал Ч.Дарвин [Шалимов, 1957 и ссылки в этой работе]. Дж.Эйтс собрал обширный геологический материал на Южных Шетландских островах, вблизи берега Земли Виктории была выявлена вулканическая деятельность. Поскольку мореплавание было сосредоточено тогда в пределах акваторий Западной Антарктики, прямые геологические наблюдения были ограничены островами Западной Антарктики; они были суммированы в 1847 г. в работе Р.Мак-Кормика, составленной по материалам экспедиций Дж.Росса. Исследователи считали, что наблюдавшиеся горы принадлежали крупному архипелагу. Много позже, в 1870-х гг., во время плавания судна «Челленджер» со дна антарктических морей было драгировано большое количество разнообразных горных пород, что окончательно укрепило исследователей в мысли о том, что за пределами Южного полярного круга находится крупный континент. После публикации в 1893 г. Дж.Мюрреем карты Антарктики ледяной континент постоянно показывается на всех географических картах.

что структура Земли Грейама представляет собой звено в едином поясе альпийской складчатости вокруг впадины Тихого океана. Другим важным выводом Э.Зюсса явилась корреляция некоторых черт геологического строения Антарктиды с другими континентами и предположение, на этой основе, о существовании палеоматерика Гондвана.

В начале XX в. были сделаны многие важные геологические находки. Экспедиция норвежского капитана К.Ларсена собрала первые фаунистические образцы (кайнозойские моллюски) на о. Сеймур, во время первой экспедиции Р.Скотта (1901–1904 гг.) Х.Ферраром были получены разнообразные данные о геологическом строении Земли Виктории, выделена так называемая биконская серия песчаников, заключающая долеритовые силлы. Немецкая океанографическая экспедиция Э. фон Дригальски (1901–1903 гг.) обнаружила молодую вулканическую постройку г. Гауссберг (рис. 1), сложенную, как было установлено позднее, лампроитами. В моренах в этом же районе были обнаружены гранитоиды и гнейсы, а также менее метаморфизованные породы осадочного происхождения (песчаники, кварциты). Подобные породы были обнаружены много позднее в верховьях ледника Ламберта (южная часть гор Принс-Чарльз) и ледника Денмена.

Структурное и петрографическое сходство Земли Грейама и прилегающих островов с Южноамериканскими Кордильерами было установлено О.Норденшельдом по результатам шведской экспедиции на судне «Антарктика» (1902–1903 гг.). Им было высказано предположение о том, что Западная Антарктида сложена главным образом складчатыми образованиями мезозоя и кайнозоя, а Восточная Антарктида представляет собой докембрийский кристаллический массив, частично перекрытый осадочными толщами. Шотландская экспедиция В.Брюса (1902–1904 гг.) драгировала горную породу с остатками археоциат в южной части моря Уэдделла (вблизи берега Котса).

На Земле Виктории в составе экспедиции Э.Шеклтона (1907–1909 гг.) работали геологи Т.Э.Дэвид, Д.Моусон, Р.Пристли, Ф.Броклуэрт. В районе ледника Бирдмора этими учеными был собран обширный геологический материал, выявлено горстовое строение Трансантарктических гор и установлена выдержанность геологического строения по их простиранию. Экспедиция Р.Амундсена (1910–1912 гг.) обнаружила выходы горных пород в восточном обрамлении шельфового ледника Росса, и И.Шетелинг в 1915 г. впервые предположил архейский возраст пород на западе Земли Мэри Бэрд (п-ов Эдуарда VII) и в центральной части Трансантарктических гор. Во второй экспедиции Р.Скотта (1910–1913 гг.) участвовали геологи Р.Пристли, Ф.Дебенхем, Г.Тейлор, труды которых заложили основу представлений о геологическом строении Трансантарктических гор и Земли Виктории. Этими исследователями были обнаружены остатки девонских рыб и пермские глоссоптериды в районе ледника Бирдмор, описаны метаморфические и осадочные породы, выделены гранитоиды нескольких типов.

Австралийской экспедицией Д.Моусона (1911–1914 гг.) были выполнены геологические наблюдения и собраны коллекции каменного материала (преимущественно из морен) на Земле Адели и Земле Королевы Мэри. Труды этой экспедиции (преимущественно петрографические работы С.Нокольдса и Ф.Стиллуэлла) внесли существенный вклад в изучение Восточной Антарктиды. В период 1914–1917 гг. изучением Антарктики (главным образом, субантарктические острова) занимается вторая экспедиция Э.Шеклтона, а в 1920–1922 гг. Д.Коупа.

С 1925 г. в водах Антарктики начинают систематически работать британские экспедиции так называемого Комитета Дискавери, учрежденного для картирования фолклендского сектора Антарктики и обслуживания английского китобойного промысла. Суда этого Комитета за двадцать с лишним лет его существования совершили несколько десятков плаваний в антарктические моря. За это время был выполнен значительный объем океанографических, биологических и геологических исследований преимущественно в Западной Антарктике. В частности, в 1934–1937 гг. изучением Земли Грейама занималась экспедиция под руководством Дж.Раймилла. С авиационной транспортной поддержкой и с помощью санных маршрутов была исследована центральная часть этого района Ан-

тарктического полуострова, были проведены многочисленные дальние полеты, во время которых выполнялись аэровизуальные наблюдения и фотосъемка. Было подтверждено сходство геологического строения Антарктического полуострова с Кордильерами Южной Америки. Оказалось, что центральный хребет Земли Грейама сложен огнейсованными породами, прорванными гранодиоритами андийского типа. Были встречены также вулканические и осадочные породы; отмечены разнообразные деформации этих толщ.

В период между 1927 г. и 1937 г. в секторе от 15 до 83° в.д. (Земля Эндерби—Земля Мак-Робертсона—Земля Принцессы Елизаветы) были развернуты работы девяти норвежских экспедиций под руководством Л.Кристенсена. Были выполнены аэрофотосъемки и картосоставительские работы, попутно выполнялись геологические наблюдения и сбор образцов горных пород. В секторе от 45 до 75° в.д. многие экспонированные участки были обследованы геологами в составе британско-австралийско-новозеландской экспедиции (BANZARE, 1929—1931 гг.) под руководством Д.Моусона. Изучение горных пород этого региона позволило Д.Моусону высказать предположение о том, что значительная часть Восточной Антарктиды представляет собой кристаллический щит. Е.Тилли в 1936 г. подробно описал новые породы — эндербиты, выявленные участниками этой экспедиции на Земле Эндерби.

В американских экспедициях под руководством Р.Бэрда (1933—1935, 1938/39 гг.) участвовали А.Уэйд, Л.Блэкберн и другие геологи, исследовавшие участки на западе Земли Мэри Бэрд. Изучая состав гранитов, А.Уэйд пришел к выводу, что эта территория представляет собой самостоятельную область, отличающуюся от Земли Грейама.

Таким образом, в довоенный период геологами разных стран были обследованы участки антарктической суши, преимущественно на Земле Грейама, Земле Мэри Бэрд, Земле Виктории, Земле Адели. Было выявлено три крупнейших структурных элемента: складчатые зоны Западной Антарктиды, платформа Восточной Антарктиды и область интенсивных контрастных молодых движений, заключенная между первыми двумя структурными элементами и включающая горст Земли Виктории — Трансантарктических гор и грабен моря Росса — моря Уэдделла. Эти представления были изложены в работах Р.Фейрбриджа, А.Уэйда, Л.Гулда, опубликованных в период с 1931 по 1952 г.

В послевоенные годы США были выполнены исследования в различных регионах материка, в частности, был открыт оазис Бангера, где геологом Э.Эйпфелем были сделаны первичные геологические наблюдения. В конце 1940-х гг. были начаты систематические работы Австралии (субантарктические острова, а с 1954 г. — берег Моусона и более восточные участки Антарктиды) и Франции (Земля Адели). В период с 1949 по 1952 г. в западной части Земли Королевы Мод работала британско-шведско-норвежская экспедиция. Геолог Э.Рутс предположил, что горные системы Земли Королевы Мод образуют единую структуру, отделяющую приподнятый блок внутриматериковой Восточной Антарктиды от депрессии Росса—Уэдделла.

Результаты выполненных исследований представлены в многочисленных трудах зарубежных ученых и подробно описаны в обобщающей работе сотрудника НИИГА А.И.Шалимова [Шалимов, 1957]. Геоморфологические особенности и известные к тому времени черты строения отдельных регионов материка позволили выделить и в общих чертах охарактеризовать четыре крупных структурных элемента: 1) эпипархейская платформа Восточной Антарктиды (Антарктическая платформа); 2) активизированные зоны платформы Восточной Антарктиды (горст Земли Виктории и горст Земли Королевы Мод), 3) складчатый пояс Западной Антарктиды; 4) депрессия УэдделлаРосса (грабен УэдделлаРосса). Предполагалось, что эпипархейская платформа занимает большую часть площади географически выделяемой Восточной Антарктиды и фундаментом ее сложен древним кристаллическим комплексом. А.И.Шалимов подчеркивал, что «...литологический состав, высокая степень метаморфизма и интенсивная гранитизация и мигматизация кристаллического комплекса основания платформы сближают его с архейскими комплексами Индии, Мадагаскара и Австралии» [Шалимов, 1957, с. 60]. Было высказано предположение

о том, что некоторые области представляют собой активизированные зоны платформы, где экспонированы корневые области каледонских складчатых сооружений, и что в кайнозое также имела место активизация, которую испытала не древняя эпипархейская платформа, а ее значительно более молодое каледонское обрамление. В дальнейшем представления о тектоническом строении Антарктиды развивались многими отечественными специалистами. Обзору этих работ посвящена статья [Михальский, 2007].

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение геологии Антарктиды советскими исследователями началось в 1956 г. во время первой Комплексной антарктической экспедиции (КАЭ, впоследствии Советская и Российская антарктическая экспедиция, САЭ и РАЭ соответственно) и с тех пор продолжается практически непрерывно до настоящего времени силами организаций Мингео СССР/Минприроды России (НИИГА/ВНИИОкеангеология им. И.С.Грамберга и Полярной морской геологоразведочной экспедиции, ПМГРЭ). Значительные объемы работ и специфика геологических задач [Лейченко и др., 2005] определили в последующем ведущую роль ПМГРЭ в организации и выполнении исследований, которые в той или иной степени охватили почти все прибрежные территории Восточной Антарктиды (рис. 1). Некоторые участки Трансантарктических гор и Западной Антарктиды также были обследованы отечественными геологами, участвовавшими в зарубежных экспедиционных работах в качестве обменных специалистов.

Выполнялись рекогносцировочные исследования на отдельных участках, куда маршрутные группы высаживались с борта судна или доставлялись самолетами Ан-2 или Ил-14, площадные геологосъемочные работы (от региональных съемок масштаба 1:1 000 000–1:50 000 до детальных масштаба 1:25 000–1:50 000) или детальные специализированные исследования на отдельных ключевых участках. Эти работы выполняли специалисты НИИГА, которые были знакомы с суровыми условиями Российской Арктики. Первопроходцами в деле геологического познания материка были М.Г.Равич, П.С.Воронов, Д.С.Соловьев, Л.В.Климов. Кроме этих исследователей, наибольший вклад в геолого-геофизическое изучение Антарктиды в начальный период внесли Ю.С.Глебовский, Г.Э.Грикуров, Е.Н.Зацепин, А.М.Карасик, Е.Н.Каменев, Г.И.Каменова, Д.Д.Колобов, В.Н.Масолов, Д.С.Соловьев, Н.Д.Третьяков, Л.В.Федоров, Ф.А.Шелестов, О.Г.Шулягин, а в более позднее время – В.В.Гандюхин, А.В.Гольинский, А.А.Лайба, Г.Л.Лейченко, среди многих других исследователей и специалистов.

На ранней стадии отечественных геолого-геофизических исследований Антарктики, во время первых четырех летних сезонов (1956–1959 гг., 1–4-я КАЭ) помимо геологических работ шла адаптация обычных методик к суровым климатическим условиям Антарктиды и вырабатывалась собственная российская методика геологического изучения материка. Во время этих работ впервые было проведено авиадесантное рекогносцировочное обследование 31 участка на побережье Восточной Антарктиды и в глубине материка на расстоянии 100–150 км от берега. Эти участки были расположены на протяжении более 8000 км между 9 и 165° в.д. Важным достижением было посещение (морским десантом) и изучение геологии Берега Отса и Берега Георга V в северо-западной части Земли Виктории и островов в бухте Генри, а также (авиадесантом) восточной части Земли Королевы Мод и крайней восточной части Земли Эндерби и прилегающих к ней островов. Некоторые крупные нунатаки, находящиеся на большом расстоянии от побережья, исследованные советскими геологами в пятидесятых годах, до сих пор больше никем не были посещены. Основные результаты этих исследований были опубликованы в книге «Докембрий Восточной Антарктиды» [Равич и др., 1965]. Впервые для оценки возраста горных пород Антарктиды был применен изотопный К-Аг метод. В районе станции «Мирный» впервые в Антарктиде была выполнена опытная аэромагнитная съемка.

Самыми значимыми открытиями этого периода были: 1) выявление кембрийских интрузий чарнокитов в районе станции «Мирный» и в горном обрамлении ледника

Денмена, 2) открытие слабо метаморфизованных осадочно-вулканогенных отложений в восточном борту ледника Денмена, 3) открытие на Земле Виктории раннепалеозойских метаморфических образований, 4) открытие и картирование метаморфических складчатых толщ пара- и ортогранулитов в районе оазиса Бангера.

В период 1959–1961 гг. (5 и 6-я САЭ) впервые в Антарктиде было осуществлено авиадесантное региональное геологическое картирование (примерно в масштабе 1: 1 000 000) крупной территории горных районов центральной и западной частей горной цепи Земли Королевы Мод. Оно осуществлялось в течение двух летних сезонов, причем участники первого сезона зимовали на единственной тогда приспособленной для этого советской прибрежной станции «Мирный». Геологические исследования, сопровождавшиеся аэромагнитными, радиометрическими и астрономическими работами и аэрофотосъемкой территории, осуществлялись на площади около 50 тыс км², которая расположена между 4° з.д. – 15° в.д., 70°30' – 73° 00' ю.ш. Всего в этот период российские геологи обследовали более 850 крупных коренных обнажений горных пород. В результате были установлены главные черты геологического строения гор центральной части Земли Королевы Мод, выявлен ряд закономерностей в петрологии метаморфических пород кристаллического фундамента, представленных тремя метаморфическими фациями (гранулитовой, амфиболитовой и зеленосланцевой). Удалось также выявить последовательность образования, пространственное размещение и происхождение большинства интрузивных массивов, среди которых были выделены четыре формации разного состава и геологического положения. Были открыты проявления берилла, топаза, горного хрусталя, флогопита и мусковита, апатита, флюорита, редких и рассеянных элементов (циркония, ниобия, лантана, церия и др.). Впервые в Антарктиде был обнаружен металлический метеорит. На западе Земли Королевы Мод (плоскогорье Ричер) был выявлен среднепротерозойский авлакоген. Результаты этих работ были опубликованы в книге «Геология и петрология центральной части гор Земли Королевы Мод» [Равич, Соловьев, 1966] и в нескольких научных статьях.

Последующий период с 1961 по 1966 г. (7, 8, 9 и 11-я САЭ) был посвящен геологическому изучению Земли Эндерби (от Берега Принца Улафа на западе до островов Эйгарен в заливе Эдуарда VIII на востоке). Здесь было обследовано более 400 крупных обнажений горных пород, выполнено детальное геологическое картирование холмов Тала (14 км²) и оазиса Терешковой (20 км²). Были установлены главные черты геологического строения Земли Эндерби и сделаны важные геологические открытия. Впервые метаморфические толщи были разделены на два региональных комплекса: древний (архейский) Нейпирский и молодой (протерозойский) Рейнерский. Были открыты древнейшие породы Антарктиды и (на тот период) мира с возрастом около 4 млрд лет, также впервые выявлены уникальные наиболее высокотемпературные минеральные парагенезисы пород гранулитовой фации повышенного давления (температура образования более 1000 °С при давлении 8–9 кбар). Были открыты железорудные проявления, а также скопления флогопита, мусковита, берилла, топаза, редких и рассеянных элементов. Кроме того, впервые (11-я САЭ) была проведена геологическая рекогносцировка в районе горного обрамления ледника Ламберта и шельфового ледника Эймери, и было открыто крупное месторождение железистых кварцитов, изучено месторождение каменных углей в районе озера Бивер.

В период между 1967 и 1971 гг. (12–14 и 16-я САЭ) сочетались региональные (горы Сер-Роннане и горы Ямато в восточной части Земли Королевы Мод), средне-масштабные (горы Гумбольдта и хребет Петерманн в центральной части Земли Королевы Мод) и крупномасштабные (холмы Полканова на Береге Принца Улафа) геологосъемочные работы. Рекогносцировочные и специализированные (тематические) исследования были выполнены на Антарктическом полуострове и прилегающих островах, а также на отдельных горных массивах Земли Эндерби (холмы Файф, холмы Полканова). В холмах Полканова были открыты многочисленные рудопроявления

меднопорфировой формации и керамических и редкоземельных пегматитов. Кроме того, попутно с геологическими исследованиями впервые в Антарктиде были проведены 16 глубинных сейсмических зондирований земной коры по профилю длиной 425 км (14-я САЭ, центральная часть Земли Королевы Мод). В 16-й САЭ также впервые в Антарктиде была выполнена опытная авиадесантная комплексная геофизическая съемка (МОВ ОГТ и гравиметрия) в западной части Земли Эндерби.

Результаты всех выполненных работ были обобщены в крупной монографии «Кристаллический фундамент Антарктической платформы» [Равич, Каменев, 1972], включающей всестороннее описание и теоретическое рассмотрение всех известных метаморфических фаций Антарктического щита. В этой работе освещено тектоническое строение кристаллического фундамента, состав пород, их минеральные парагенезисы, подчеркнута общность в строении «гондванских» кристаллических платформ Южного полушария Земли: Антарктической, Австралийской, Африканской, Бразильской и Индийской.

Период с 1971 по 1975 г. (17–20 САЭ) ознаменовался выполнением так называемой «операции Эймери»: четырехсезонным комплексным геолого-геофизическим и географо-геодезическим региональным изучением многочисленных горных участков, локализованных в бортах крупнейшей в мире системы ледника Ламберта и шельфового ледника Эймери и в горах Принс-Чарльз.

В конце 1971 г. на шельфовом леднике Эймери Д.С.Соловьев организовал крупную сезонную базу. С опорой на эту базу до марта 1974 г. проводились геолого-геофизические исследования на территории, расположенной к югу на расстоянии до 600 км. За это время было осуществлено региональное геологическое картирование в масштабе 1: 2 500 000 площади около 150 000 км². Отдельные участки на этой площади были исследованы путем составления детальных разрезов. Геофизические работы (МОВ ОГТ, авиадесантная гравиметрия, аэромагнитные съемки) охватили территорию порядка 500 000 км² (включая Землю Кемпа и шельфовый ледник Эймери), преимущественно закрытую ледяным покровом. По двум профилям, пересекающим ледники Ламберта и Эймери, было выполнено глубинное сейсмическое зондирование, показавшее, что оба ледника перекрывают крупную рифтовую систему, заложенную, вероятно, в позднем палеозое.

Геологические результаты и некоторые результаты геофизических исследований были опубликованы в книге «Геологическое строение Земли Мак-Робертсона (Восточная Антарктида)» [Равич и др. 1978]. В этой работе представлено детальное описание докембрийских кристаллических комплексов и супракрустальных толщ. Освещено тектоническое строение региона, в котором выделена континентальная рифтовая зона. В бортах рифта открыты и изучены силлы, дайки, трубки взрыва и реликты покровов щелочных основных и щелочно-ультраосновных пород позднепалеозойского – кайнозойского возраста. Было выдвинуто предположение о возможности обнаружения алмазносных пород.

В середине 1970-х гг. произошло изменение общей направленности и формата исследований. Приоритетными стали геофизические работы в акваториях морей и океанов, а наземные работы были сосредоточены в их континентальном обрамлении.

Последующий, крупный по объему выполненных работ и важный по достигнутым результатам период с 1975 по 1988 г. (21–33-я САЭ) заключался в комплексном геофизическом изучении шельфовой части моря Уэдделла. Изучалось также горное обрамление этого шельфа, куда входят горы Шеклтона, Пенсакола, Элсуэрта, горы на юго-востоке Антарктического полуострова и в западной части Земли Королевы Мод. Для выполнения работ в 21–26-й САЭ была создана полевая база Дружная-1. Ежегодно на базе размещалось до 200 человек научного и обслуживающего персонала, 67 самолетов и вертолетов, наземные гусеничные машины. Базу Дружная-1 обслуживало до четырех морских судов. Основные достижения этого периода: 1) определены главные черты геологического строения, выполнено тектоническое районирование ранее совершенно не изученного седиментационного бассейна моря Уэдделла, вы-

явлены региональные структуры фундамента и осадочного чехла; 2) определена глубинная структура одной из крупнейших рифтовых зон Западной Антарктиды – зоны шельфового ледника Фильхнера; 3) составлены геологические карты, уточнено геологическое строение горного обрамления моря Уэдделла; 4) усовершенствованы методики построения карт магнитоактивного фундамента, совместного районирования гравитационного и магнитного полей, выработаны рекомендации по повышению геологической информативности магнитометрических и гравиметрических данных по закрытым территориям и акваториям; 5) определен и успешно апробирован оптимальный комплекс методов полевых геолого-геофизических исследований и камеральной обработки данных.

Геологические представления, полученные в результате активных и плодотворных исследований в Антарктиде, нашли отражение в серии мелкомасштабных карт, изданных в конце 1970-х гг. (Геологическая карта масштаба 1:5 000 000 под ред. М.Г.Равича и Г.Э.Грикурова, Тектоническая карта масштаба 1:10 000 000 под ред. Г.Э.Грикурова, Карта метаморфических фаций масштаба 1:5 000 000 под ред. М.Г.Равича и Е.Н.Каменева). Эти издания, намного превосходившие зарубежные аналоги по детальности и разнообразию информации и глубине проработки фактического материала, надолго предопределили приоритет отечественной геологической науки в изучении материка и не утратили своей актуальности до настоящего времени.

Самым продолжительным и своеобразным этапом исследований Антарктиды является этап, начавшийся в 1982 г. (28-я САЭ) и продолжающийся до настоящего времени. В это время разворачивались комплексные геолого-геофизические исследования в регионе ледника Ламберта – шельфового ледника Эймери и на побережье залива Прудс. В основном выполняются четыре вида работ: региональная, среднемасштабная и детальная геологические съемки (примерных масштабов от 1:1 000 000 до 1:25 000) и аэромагнитная съемка разных масштабов (которая обычно сопровождается радиолокацией закрытых льдом пространств). Геологическими исследованиями охвачены почти все вскрытые из-под льда участки. Значительная удаленность большинства участков от российских баз, а также отсутствие легкой авиации и использование традиционного, но не оптимального в данном случае полевого снаряжения в практике отечественных геологических работ значительно затрудняют исследование этого региона. Несмотря на это, были установлены главные особенности геологического строения этого сектора Антарктиды и сделаны многие важные открытия, суммированные в работах [Иванов, Каменев, 1990; Mikhalsky et al., 2001]. В частности, на юге региона выделена архейская гранит-зеленокаменная область, в центральной части гор Принс-Чарльз обнаружены признаки существования позднедокембрийской активной окраины, а в северной части – выявлены предпосылки алмазности щелочно-ультраосновных интрузивных тел [Иванов, Каменев, 1990; Грикуров и др., 2000].

Начиная с 1981 г., кроме сухопутных исследований, выполняются комплексные морские геофизические работы в окраинных морях. Морские геофизические работы, выполняемые преимущественно силами ПМГРЭ, к настоящему времени охватили большую часть окраинных морей Восточной Антарктиды. Получены многоканальные сейсмические (МОВ ОГТ), гравиметрические и магнитометрические данные по профилям общей протяженностью около 90 тыс км и данные зондирования методом преломленных волн (МПВ) в более чем 200 пунктах [Лейченко и др., 2010], что позволило получить важные сведения по строению антарктической континентальной окраины.

С середины 1990-х гг. выполняются геофизические исследования в районе подледникового озера Восток, включающие наземные радиолокационные и сейсмические наблюдения, а также программа бурения (источки которой относятся к более ранним отечественным экспедициям) с изучением свойств и состава льда и содержащихся в нем минеральных включений (преимущественно мезопротерозойского возраста). В последние годы исследования ведутся в тесном сотрудничестве с научными центрами

Франции. Эти работы позволили выявить контуры озера и установить главные черты морфологии и строения верхней части земной коры. Параллельные работы в этом районе выполнялись также специалистами США.

Исследования Антарктиды проводятся, как правило, в тесном международном сотрудничестве. Так, отечественные геологи (Г.Э.Грикуров, Л.В.Климов, Е.Н.Каменев, Б.Г.Лопатин, В.В.Самсонов, Е.В.Михальский и др.) в качестве обменных или приглашенных специалистов выполняли исследования в составе антарктических экспедиций Великобритании, США, Австралии, Германии на Земле Мэри Бэрд, Земле Виктории, Антарктическом полуострове, в горах Элсуэрт, на хребте Шеклтона, на Земле Королевы Мод. Значительную роль отечественные специалисты играли в реализации некоторых международных проектов по созданию баз данных дистанционных методов исследований (аэромагнитные, радиолокационные наблюдения), их обработки, интерпретации и составления мелкомасштабных карт. Наиболее крупными, охватившими работы многих государств, являлись проекты ADMAP (Antarctic digital magnetic anomaly map, А.В.Гольинский) и BEDMAP (Bed topography of the Antarctic, С.В.Попов), Seismic data library system (SDLS, Г.Л.Лейченко).

В результате многолетних экспедиционных и лабораторно-аналитических исследований, с учетом научного обобщения опубликованных материалов, отечественными специалистами была разработана концепция структуры и эволюции земной коры Антарктики и намечены особенности ее минерации и размещения потенциальных источников сырья. Ниже перечислены важнейшие, по мнению авторов, достижения отечественных геолого-геофизических исследований.

1. Для всех основных обнаженных районов Восточной Антарктиды составлены средне- и крупномасштабные геологические карты (от 1:25 000 до 1:1 000 000); едва ли не единственным «белым пятном» на геологической карте Антарктиды остались горы Русские — весьма удаленная от существующих баз и малочисленная группа нунатаков на Земле Королевы Мод.

2. Установлены главные черты геологического строения и тектонической эволюции материка, охватившей практически весь интервал развития земной литосферы от ранних тектонотермальных процессов (3900 млн лет назад — унаследованное вещество циркона в гнейсах на Земле Эндерби) до современного магматизма на северо-западе Антарктического полуострова. Установлено, что континентальный массив Восточной Антарктиды состоит из относительно не крупных ядер эоархейского заложения и палеопротерозойской кратонизации, которые (на современном эрозионном срезе) окружены и «спаяны» структурами относительно молодой (протерозойской) земной коры (2400—950 млн лет). Установлена полицикличность этого протяженного протерозойского подвижного пояса, которая некоторыми авторами рассматривается как проявление циклов Бертрана. Для большинства районов Восточной Антарктиды также характерна весьма интенсивная тектонотермальная переработка (пластические деформации, метаморфизм гранулитовой фации, анатексис и гранитообразование с чарнокитовой специализацией) в кембрийское время — феномен, выявленный еще в 1960-е гг. и до сих пор являющийся предметом острой дискуссии. Наблюдаемые кембрийские тектонотермальные процессы не сопровождались заметными проявлениями конвергентных геодинамических условий и корообразующих процессов и могли иметь «телеорогенный» характер, являясь дистальным (рифтогенным?) проявлением коллизий вне пределов Антарктиды.

3. Разработана основа структурно-минерогенического районирования антарктического материка и его континентальной окраины [Грикуров и др., 2000; Каменев, Лейченко, 2000], которое осуществлено по двум направлениям: (а) прогнозная оценка углеводородного потенциала антарктических осадочных бассейнов, (б) анализ перспектив твердых полезных ископаемых в комплексах кристаллического фундамента и чехла Восточно-Антарктической платформы и ее фанерозойского складчатого обрамления. Прогноз перспектив твердых полезных ископаемых Антарктиды затруднен недостатком обнаженности и пока вынужден базироваться на крайне скудном фактическом материале,

подкрепляемом аналогией с более изученными гондванскими материками. По данным [Грикуров и др., 2003], в пределах Антарктического щита наилучшие металлогенические перспективы могут быть связаны с ядрами ранней стабилизации, где можно ожидать концентрации Fe, Au, U и платиноидов (в особенности в гранит-зеленокаменной области в горах Принс-Чарльз и в интрузивах габброноритов в оазисе Вестфолль), а также с рифтогенными проявлениями щелочно-ультраосновных и щелочных пород, содержащих признаки алмазов и повышенные концентрации Nb, Ti, Zr. Потенциал протерозойского полициклического подвижного пояса представляется наиболее обнадеживающим в отношении металлических (Cu, Pb, Zn, Mo, Be, REE) и некоторых неметаллических (флогопит, мусковит, апатит) полезных ископаемых. Складчатый фундамент Трансантарктических гор с минерагенических позиций остается практически не изученным, и достоверно подтвержденной здесь является только высокая угленасыщенность пермских отложений; на Земле Виктории известны незначительные проявления жильного золота. С расслоенной трапповой интрузией в горах Пенсакола традиционно связываются надежды на рудоносность бушвельдского типа. Свидетельства соответствующей минерализации получены зарубежными исследователями. Антарктанды представляют собой продолжение медно-порфировой металлогенической провинции Чили и обладают определенной перспективностью на Cu, Mo, Ag, Pb, в том числе на медно-колчеданные месторождения с полиметаллами и золотом, а также на хромовые руды, связанные с гипербазитами.

4. В пределах шельфа и континентального склона Антарктиды выявлен ряд осадочных бассейнов общей площадью более 5 млн км² и мощностью осадочного чехла, местами превышающей 8 км, обоснован широкий стратиграфический диапазон отложений со значительной частью позднемезозойского интервала, играющего ведущую роль в углеводородном балансе многих нефтегазоносных провинций Мира; прогнозные ресурсы углеводородов оцениваются в 65 млрд. т условного топлива [Лейченко и др, 2010].

СОВРЕМЕННЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ ПРОГРАММЫ

Геологические исследования в Антарктике на постоянной основе выполняются, помимо России, только некоторыми государствами, прежде всего – Австралией, Великобританией, Японией, Китаем. Работы имеют, как правило, довольно узкую специализацию (в основном это структурная геология, геохронология и метаморфическая петрология применительно к районам Восточной Антарктиды, магматическая петрология, литология и стратиграфия применительно к Западной Антарктиде) и осуществляются в рамках и силами преимущественно университетских программ и ученых. Специалистами Австралии подробно охарактеризованы структура и история геологического развития сектора Восточной Антарктиды между 50 и 110 в.д., составляющего большую часть территориальных притязаний Австралии, включая побережье залива Прюдс, горы Принс-Чарльз, горные массивы Земли Эндерби, берег Кемпа и берег Моусона. Основные результаты своих исследований австралийские ученые представили в многочисленных публикациях в престижных международных изданиях, что позволяет Австралии иметь реальную геологическую основу для утверждения своего приоритета в изучении этого сектора Антарктиды и подкрепления своих территориальных притязаний. Великобритания концентрирует исследования на Антарктическом полуострове, Япония – на Земле Эндерби и берегу Принца Улафа, Китай – на Земле Принцессы Елизаветы (рис. 1). Китайские специалисты разворачивают весьма активную геолого-геофизическую деятельность на территории, давно являющейся объектом исследований России и Австралии, и в немалой степени преуспели в научной конкуренции.

Другие страны, например США, Германия, Италия, Франция, ЮАР, Индия предпочитают концентрировать свои усилия на периодическом проведении мощных комплексных экспедиций, сочетающих разнопрофильные, узко специализированные программы, и, как правило, выполняют исследования в определенных регионах материка. Так, специалистами США преимущественно ведется изучение Трансан-

тарктических гор, Франции – Земли Адели, Германии и Италии – северной части Земли Виктории, ЮАР западной части Земли Королевы Мод, Японии на западе Земли Эндерби и на берегу Принца Улафа, Индии – в оазисе Ширмахера (рис. 1).

Вместе с тем широко развита международная кооперация, позволяющая существенно снизить удельные затраты на организацию экспедиции и повысить научный потенциал работ. В частности, в 1990–2000-х гг. были организованы совместные экспедиции, например, Новой Зеландии, США и Великобритании (SPRITE), США и Германии (TAMARA), Великобритании и Германии (EUROSHACK), Австралии и Германии (PCMEGA), Германии и Италии, скандинавских и др. стран в различные регионы Антарктиды. В экспедиции часто приглашаются также специалисты из третьих стран.

В последнее десятилетие также получили развитие многолетние международные проекты, в большинстве имеющие мультидисциплинарный характер и ориентированные на решение проблем глобального значения. Работу по координации деятельности и научному обобщению получаемых результатов выполняют группы специалистов, сформированные и поддерживаемые Международным комитетом по изучению Антарктики (SCAR). Некоторые проекты направлены на изучение внутриматерикового пространства Антарктиды, перекрытого мощным ледниковым покровом, другие заключаются в исследовании и мониторинге природной среды и климата. Ниже кратко охарактеризованы те проекты и программы, которые имеют существенную геологическую исследовательскую составляющую.

Проект ANDRILL (Antarctic Geological Drilling) представляет программу бурения скважин на континентальном шельфе Антарктиды. Этот проект наследует задачи международного проекта по бурению со льда (Cape Roberts Project, CRP, 1993–1999 гг.). Проект CRP был реализован бурением трех скважин на шельфе моря Росса около южной части Земли Виктории. Глубина скважин составила 148, 624 и 939 м при глубине моря от 150 до 300 м. Выход керна составил от 86 до 97 %. В реализации программы участвовали университеты и организации Австралии, Великобритании, Германии, Италии, Нидерландов, Новой Зеландии и США. Нынешняя программа предполагает бурение нескольких скважин в юго-западной прибрежной части моря Росса. Этот проект представляет собой мультидисциплинарную, многонациональную программу исследования роли Антарктики в глобальном изменении природной среды в кайнозойское время. В современном проекте участвуют организации США, Новой Зеландии, Италии и Германии. Проект предполагает бурение стратиграфических скважин (до 1000–1200 м) при глубине моря до 1000 м и комплексный анализ материала керна в комбинации с геофизическими съемками и математическим моделированием. В 2007 году была пройдена скважина глубиной около 1200 м, вскрывшая толщу нижнемиоценовых–голоценовых осадков. Обсуждаются также планы по внедрению скоростного бурения скважин во льду (FASTDRILL) для неглубокого, но достаточно частого проникновения в осадки и горные породы, подстилающие покровный ледник, а также подледниковые озера.

Проект EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) является мультинациональным проектом европейских государств (Бельгия, Великобритания, Германия, Дания, Италия, Нидерланды, Норвегия, Франция, Швеция, Швейцария) и заключается в бурении глубоких скважин сквозь ледовый покров и комплексном исследовании льда. Во льду определяются малейшие содержания аммиака (рассматривается как индикатор биологической активности), углекислого газа, метана, кальция, натрия и сульфатов (признаки морской воды, почвы и жизнедеятельности), формальдегида, перекиси водорода (фактор окислительного потенциала кислорода), а также изотопный состав $\delta^{13}\text{C}$ в CO_2 и $\delta^{18}\text{O}$ в O_2 (в воздушных пузырьках и гидратах); анализ дейтерия и H_2^{18}O позволяет рассчитать палеотемпературу. В период с 2004 по 2006 г. пробурено две скважины на всю мощность ледяного покрова: во внутриматериковой части Восточной Антарктиды (Dome C, франко-итальянская станция «Конкордия») и в западной части Земли Королевы Мод (германская станция «Конен»), где пройдено

3270 м (возраст нижних слоев льда превышает 900 тыс лет) и 2770 м соответственно. Аналогичные проекты осуществляются Россией (скважина на станции «Восток», где к началу 2011 г. пробурено около 3700 м) и Японией (станция «Фуджи», где в первой скважине пройдено 2500 м, вскрывших слои льда, накопленные за 320 тыс. лет). Глубокое бурение в ближайшие годы также планирует осуществить Китай, для чего в районе подледной системы гор Гамбурцева организована специальная база.

В рамках Международного полярного года были осуществлены амбициозные программы геофизического изучения внутриконтинентальных областей Восточной Антарктиды: AGAP и ICECAP, предполагающие сбор значительного объема комплексных геофизических данных с помощью аэрометодов над обширными пространствами в регионе подледных гор Гамбурцева и над подледными бассейнами Уилкса и Аврора. Будут получены магнитометрические, гравиметрические материалы и выполнено ультразвуковое профилирование подледной поверхности. Объем планируемых исследований в обоих случаях исчисляется многими десятками тысяч погонных километров. В проекте AGAP принимают участие организации США, Канады, Великобритании, Австралии, Германии и Китая, а в проекте ICECAP – США, Великобритании и Австралии.

Проект ACE (Antarctic Climate Evolution) – международная научная инициатива под эгидой SCAR, направленная на комплексное изучение и моделирование изменения климата и оледенения Антарктиды в прошлом и будущем. Этот проект в целом наследовал проблематику, которая развивалась проектом ANTOSTRAT (Antarctic Offshore Stratigraphy) в период с 1996 по 2002 г. и была направлена на реконструкцию палеоклимата и истории оледенения Антарктиды на базе изучения осадочных отложений на окраинах континента. Задачей проекта ACE является, кроме решения ряда сугубо научных вопросов, выработка предложений по проведению дополнительных полевых исследований и измерений на ключевых участках, выявленных моделированием; интеграция геологических данных, свидетельствующих об изменении антарктического климата, а также издание полученных материалов и широкое публичное распространение достигнутых результатов. Особое внимание уделяется изучению флуктуаций ледяного покрова, связи покровного и морского оледенения с климатическими вариациями, выявлению эвстатических колебаний уровня мирового океана, изменений в интенсивности теплового потока, эволюции ландшафтов, моделированию циркуляции атмосферы и динамики ледяного покрова. Решение этих вопросов позволит ответить на важные вопросы, касающиеся глобальных причин возникновения и особенностей развития оледенения полярных областей земли и найти ключевые признаки проявлений гляциальных циклов в природной среде. В реализацию проекта вовлечены ученые и специалисты в различных областях знаний: ландшафтоведение, тектоника и неотектоника, палеоокеанография, литодинамика, седиментология, палеоэкология, геохимия и др. В проекте участвуют представители университетов США, Великобритании, Италии, Новой Зеландии и некоторых других стран. Проект ACE интегрирует данные, получаемые целым рядом отдельных научно-исследовательских тематических программ и проектов, таких как ANDRILL, ANTEC, ANTIME, EPICA, SALE и др.

Проект ANTEC (Antarctic Neotectonics) направлен на выявление закономерностей недавнего и современного тектонического режима и динамики Антарктической литосферной плиты. Для изучения этой проблемы осуществляется синтез достижений и исследований в различных геологических дисциплинах. Главные вопросы, на решение которых направлен этот проект: 1) как тектонический режим литосферы зависит от изменения литостатической нагрузки; 2) как гляциальная изостазия и тектонотермальная структура литосферы влияют на динамику современного ледникового покрова; 3) как кайнозойские тектонические движения и магматизм связаны с флуктуациями оледенения; 4) какова роль изостазии в развитии современных форм рельефа, геологических структур и осадконакопления. Широкий спектр этих актуальных вопросов определяет вовлечение в работу по этому проекту исследователей в различных отраслях естественно-научных знаний. Наиболее активное участие в реализации

проекта принимают ученые и специалисты США, Италии, Германии, Австралии. Основными направлениями исследования являются: 1) геодезия (сеть станций GPS, VLBI и DORIS) и спутниковые данные (включая гравиметрию), 2) сейсмология (сеть постоянных сейсмических станций), 3) структурная геология, неотектоника, геоморфология.

Проект SALE (Subglacial Antarctic Lake Environments) является одним из научно-исследовательских проектов SCAR, призванным координировать деятельность по изучению состояния земной поверхности, перекрытой ледяным щитом, и, в частности, подледных озер. В этом проекте объединяются усилия многих стран (Бельгия, Великобритания, Германия, Италия, Китай, Россия, США, Франция, Япония) по изучению биологических, геологических, химических, гляциологических и физических процессов и явлений. Особую роль в этом проекте играет Россия, приложившая значительные усилия по изучению подледного озера Восток и продолжающая наращивать знания о строении земной коры в этой части Антарктиды.

Проект ANTIME (A Late Quaternary Sedimentary Record of Antarctic Ice Margin Evolution) направлен на изучение наиболее молодого, позднечетвертичного процесса осадконакопления на окраине Антарктического материка и его связи с процессами последнего гляциального цикла и эрозии, а также на изучение динамики современного оледенения, его цикличности и влияния на изменения планетного климата. Работы по этому проекту включают наземные и морские сейсмические исследования, опробование шельфовых и озерных осадочных отложений, изучение прибрежных гляциальных процессов и седиментации, определение особенностей состояния природной среды в голоцене. Наиболее активное участие в выполнении этих исследований принимают организации Австралии, Италии, Великобритании, США, Японии.

Все вышеперечисленные проекты в той или иной форме вовлечены в реализацию планов и программ в рамках МПГ. Многие страны, естественно, выполняют и собственные научно-исследовательские программы, направленные на изучение геологического строения Антарктиды и истории оледенения в контексте глобальных климатических проблем. В частности, Японией в конце 1990-х — начале 2000-х годов выполнялась широкомасштабная программа глубинного сейсмического зондирования и попутного геологического изучения поверхностных структур SALE (Structure and evolution of the East Antarctic lithosphere). Среди наиболее активных участников интегрированных работ необходимо отметить США, Великобританию, Австралию, Италию, Германию, Китай. Плодотворное участие этих стран в международных проектах выдвигает их в ряд наиболее заметных субъектов антарктических исследований, отражает продуманную и хорошо финансируемую государственную политику в отношении изучения и освоения Антарктики, предоставляет этим странам возможность влияния на международную ситуацию и обеспечивает высокий международный авторитет, необходимый для реализации своих национальных интересов в Антарктике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: РОЛЬ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ В ИЗУЧЕНИИ АНТАРКТИДЫ

Основными задачами отечественных геологических исследований является научный прогноз минерально-сырьевого потенциала Антарктики и выявление особенностей ее структуры. Решение этих задач базируется в первую очередь на результатах изучения дистанционными методами глубинного строения земной коры и геологических аналогиях с другими материками Южного полушария. Совокупность этих данных позволяет высоко оценить перспективность антарктических недр на полезные ископаемые и предполагать наличие в регионе широкого спектра минерально-сырьевых ресурсов. Однако изложенные соображения о ресурсном потенциале Антарктики в современной геополитической обстановке и при существующем уровне мировых цен на минеральное сырье могут рассматриваться только в рамках прогноза вероятности наличия в регионе месторождений тех или иных видов твердых полезных ископаемых,

присущих определенным тектоническим провинциям и структурно-вещественным ассоциациям. Наиболее вероятно, что минеральные ресурсы Антарктики еще в течение долгого времени будут рассматриваться только как потенциальный резерв, и, по мнению авторов, нет оснований ожидать, что в близкой перспективе научный характер геолого-геофизических исследований будет модифицирован зарубежными странами в сторону ресурсной направленности. Во всяком случае, представленный выше обзор текущих программ и проектов очевидно свидетельствует об их эколого-климатической, а не минерагенической ориентации. Наибольшее внимание уделяется изучению кайнозойских ледниковых и ледниково-морских отложений, гляциологическим, климатологическим, экологическим, биологическим исследованиям с целью реконструкции истории антарктического оледенения и выявления закономерностей изменения климата. Впрочем, вопросы геологии кристаллического фундамента Антарктической платформы также находят развитие в работах зарубежных ученых.

Необходимо подчеркнуть, что в конце XX в. формат геологических исследований, выполняемых зарубежными экспедициями, стал меняться. Проводятся специальные мультидисциплинарные геолого-геофизические экспедиции, зачастую усилиями нескольких стран, направленные на изучение определенных районов и решение заранее поставленных и весьма конкретных геологических задач; получили развитие многонациональные научные проекты для решения специфических и, как правило, имеющих глобальное значение проблем; большую роль стали играть аналитические высокотехнологичные методы изучения вещественного состава горных пород и их ассоциаций; увеличилась роль детальных исследований на отдельных ключевых участках. Можно с сожалением констатировать, что Россия участвует в этих проектах и программах в весьма ограниченном объеме, не адекватном ни накопленному ранее научному потенциалу, ни логистическим возможностям.

Объем отечественных геолого-геофизических работ, выполненных в Антарктиде, по разным видам исследований находится в различных соотношениях с аналогичными видами деятельности зарубежных экспедиций, но в целом свидетельствует о фундаментальном вкладе, внесенном Россией в изучение геологического строения и перспектив минерально-сырьевых ресурсов региона. Впрочем, существующий формат отечественных геологических исследований в Антарктиде, предполагающий выполнение геологического картирования практически без попутного научного сопровождения и специализированного изучения структур и геологических тел, не позволяет поддерживать достигнутый ранее уровень геологического изучения материка; приоритет России в этих вопросах может быть полностью утрачен в ближайшее время. К сожалению, в последнее десятилетие научное сопровождение отечественных геологосъемочных работ практически прекратилось, и дальнейшее развитие представлений о геологическом строении центрального сектора Восточной Антарктиды осуществляется преимущественно геологами Австралии и Китая; результаты и достижения России в исследовании этого региона стремительно девальвируются.

Долговременные интересы России требуют закрепления приоритета нашей страны, завоеванного по многим направлениям геологического изучения Антарктики в течение 55 лет работ на шестом материке. Научно-обоснованный прогноз минерально-сырьевых ресурсов южной полярной области Земли должен быть подготовлен на таком уровне, который при необходимости обеспечит полноправное участие России в выработке оптимального механизма регулирования возможного в будущем освоения антарктических недр. Наконец, материалы, получаемые в Антарктике, важны для решения многих современных проблем глобальной геологии. Для успешного решения поставленных задач необходимо систематическое проведение геолого-геофизических исследований, что само по себе является одной из наиболее эффективных форм постоянного присутствия нашей страны в Антарктике, однако для повышения роли и сохранения приоритета отечественных геологических исследований необходимо

существенное усиление научной направленности выполняемых в настоящее время геолого-геофизических работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Грикуров Г.Э., Лейченко Г.Л., Михальский Е.В., Гольинский А.В., Масолов В.Н. Минеральные ресурсы Антарктики: геологические предпосылки и перспективы освоения // Разведка и охрана недр. 2000. № 12. С. 59–63.

Грикуров Г.Э., Лейченко Г.Л., Каменев Е.Н., Михальский Е.В., Гольинский А.В., Масолов В.Н., Лайба А.А. Тектоническое районирование Антарктики и ее минерагения // Арктика и Антарктика. 2003. Т. 2 (36). С. 26–47.

Иванов В.Л., Каменев Е.Н. (ред.). Геология и минеральные ресурсы Антарктиды. М.: Недра, 1990, 232 с.

Каменев Е.Н., Лейченко Г.Л. Геология и минерагения полярных областей Земли. Антарктика // Геолого-минерагеническая карта мира масштаба 1:15000000 с объяснительной запиской: в 4 ч. / Гл. редактор Л.И.Красный. СПб.: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. Ч. 1. С. 245–255.

Михальский Е.В. Тектоника Антарктиды во взглядах российских исследователей // Бюллетень МОИП, отдел геол. 2007. Т. 82. № 5. С. 56–63.

Равич М.Г., Соловьев Д.С. Геология и петрология центральной части гор Земли Королевы Мод. Л.: Недра, 1966. 290 с.

Равич М.Г., Каменев Е.Н. Кристаллический фундамент Антарктической платформы. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 658 с.

Равич М.Г., Климов Л.В., Соловьев Д.С. Докембрий Восточной Антарктиды. М.: Недра, 1965. 469 с.

Равич М.Г., Соловьев Д.С., Федоров Л.В. Геологическое строение Земли Мак-Робертсона (Восточная Антарктида). Л.: Гидрометеиздат, 1978, 230 с.

Шалимов А.И. История геологического изучения Антарктики // Труды НИИГА. 1957. Т. 95. С. 5–79.

Mikhalsky E.V., Sheraton J.W., Laiba A.A., Tingey R.J., Thost D.E., Kamenev E.N., Fedorov L.V. Geology of the Prince Charles Mountains, Antarctica // AGSO Geoscience Australia Bulletin. 2001. Vol. 247. 209 p.

Tingey R.J. How the South was won – a review of the first 150 years of Antarctic geological exploration // Terra Antarctica. 1996. Vol. 3. № 1. P. 1–10.

GEOLOGICAL INVESTIGATIONS IN THE ANTARCTIC: HISTORICAL ASPECTS AND ON-GOING RESEARCH

E.V. MIKHALSKY, E.N. KAMENEV, A.S. MIKHALSKAYA

We describe chronologically the most important events during the geological exploration of the Antarctic, from the early heroic expeditions, when the first knowledge was obtained, to the current detailed and advanced studies, and summarize the most significant scientific results and achievements gained during these investigations. Progress in Antarctic geological research was much enhanced by the International Geophysical Year of 1957/58. From then until recently, Soviet/Russian geological and geophysical work has played an important role, and led to the discovery of some key geological features and an understanding of the tectonic evolution of East Antarctica. Since the 1980s geological investigations in Antarctica have commonly been carried out by international logistic and scientific teams; their work has been of a multi-disciplinary character and has focused on particular geological problems regarding the structure and composition of the crust and lithosphere in key Antarctic regions. Geological studies relevant to issues of climate change have become especially important. We present a brief review of geological field work undertaken both in the past and currently active within the framework of the IPY 2007/08.

Keywords: the Antarctic, geological studies, IPY 2007/08.