

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Препринт № 4

А.К. Башарин

**ГЕОЛОГИЯ
ПРОВИНЦИИ ГРЕНВИЛЛ,
КАНАДА**

НОВОСИБИРСК 1988

Башарин А.К. Геология провинции Гренвилл, Канада. - Новосибирск, 1988. - 47 с. (Препринт /ИГиГ СО АН СССР; №4).

Проведён анализ геологических, ~~радиометрических~~ и других материалов, опубликованных канадскими геологами за последние 15 лет. Выяснено, что в провинции Гренвилл присутствуют два структурно-вещественных комплекса (тектонических этажа): архейско-раннепротерозойский гранито-гнейсовый и рифейский (геликский) осадочно-магматический. В составе последнего выделяются нижне- и среднерифейский осадочно-вулканогенные комплексы, а также Анортозитовый, Габброидный и Гранитоидный интрузивные комплексы.

Работа предназначена для исследователей-геологов, интересующихся геологическим строением Канады и США.

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемая работа является результатом обобщения геологических данных, опубликованных канадскими геологами за последние 10–15 лет. Побудительными мотивами для обобщения послужили главным образом два фактора.

В 1979 г. группа советских геологов, среди которых находился и автор, приняла участие в полевых экскурсиях по Аппалачской складчатой системе. Уже при осмотре и описании обнажений, обсуждении результатов маршрутов обнаружилось, что обобщение требует исследования некоторых проблем, выходящих за рамки геологии Аппалачей. Одной из них является определение состава и возраста сиалического фундамента, на котором сформировалась значительная часть аппалачского структурно-вещественного комплекса. От решения этой задачи зависит и возрастной объём самого аппалачского комплекса.

Суть проблемы заключается в том, что по почти единогласному на сегодняшний день утверждению аппалачский складчатый комплекс подстилается так называемым "гренвиллским" фундаментом, т.е. таким структурно-вещественным комплексом, который формирует близлежащую провинцию Гренвилл, принадлежащую уже структуре Канадского щита. А как хорошо и давно известно, верхний возрастной рубеж, к которому сформировался указанный комплекс опять-таки почти единогласно оценивается приблизительно в 1000–1100 млн лет [7, 8, 60].

По сопоставлениям с советскими геохронологическими шкалами [5, 6, 8] и др. данный рубеж соответствует границе между средним и верхним рифеем. Из этого следует, что в фундамент, расположенный под Аппалачами и обнаженный в настоящее время на значительных площадях (антиклинории Блу-Ридж, Грин-Маунтин и многие другие), входят отложения нижнего и среднего рифея. При таком подходе возрастной объём аппалачского комплекса может быть оценен

интервалом от позднего рифея до перми включительно. Именно так его оценивает Р.Д.Хатчер [43].

В 1977 году В.Е.Хаин писал: "Сейчас уже можно утверждать, что общий характер тектонического развития Земли был практически неизменным на протяжении неогена, т.е. последних примерно полутора миллиардов лет. Именно с этого рубежа началось развитие основных геосинклинальных поясов Земли, протекавшее затем достаточно унаследованно и единообразно" [9, с. 6]. От себя добавим, что в раннем неогене началось развитие не только геосинклинальных поясов, позднее превратившихся в складчатые, но и чехлов всех древних платформ, в том числе и Североамериканской, явив тем самым глобальный структурный рисунок материков. Как указывалось выше, геология Аппалачей противоречит этим утверждениям. Чтобы разрешить это противоречие, необходимо ответить на следующие вопросы. Имеются ли в Гренвиллской провинции ранне- и среднерифейские образования, какими отложениями они там представлены и входят в комплекс фундамента провинции или слагают собственный этаж?

Второй мотив является, по-видимому, более субъективным. Ещё в 60-х годах, обобщая многочисленные материалы по геологии Северной Америки [4, 5], автор обратил внимание на два обстоятельства. Во-первых, со словом "Гренвилл" связано очень много разнообразных геологических понятий. Этим именем названы супергруппа (группа, диастрофизм, складчатость, фронт, тектоническая зона, историко-геологический (стратиграфический) рубеж, диасхизис и другие объекты и явления. Во-вторых, термин "Гренвиллский (ая)" пользуется все более широкой популярностью не только в Канаде и США, но и во многих других странах, в том числе и в нашей. Поэтому настала пора разобраться и с этой "гранью" проблемы "Гренвилл".

Несколько общих замечаний. Как и в оригиналах, собственные названия стратиграфических и литологических подразделений пишутся с заглавной буквы, хотя это и противоречит принятым в нашей стране правилам. Без изменений используются стратиграфические термины, которые не всегда, как известно, соответствуют по значению отечественной терминологии.

В целях сокращения списка использованной литературы в ряде случаев делаются ссылки только на некоторые обобщающие работы.

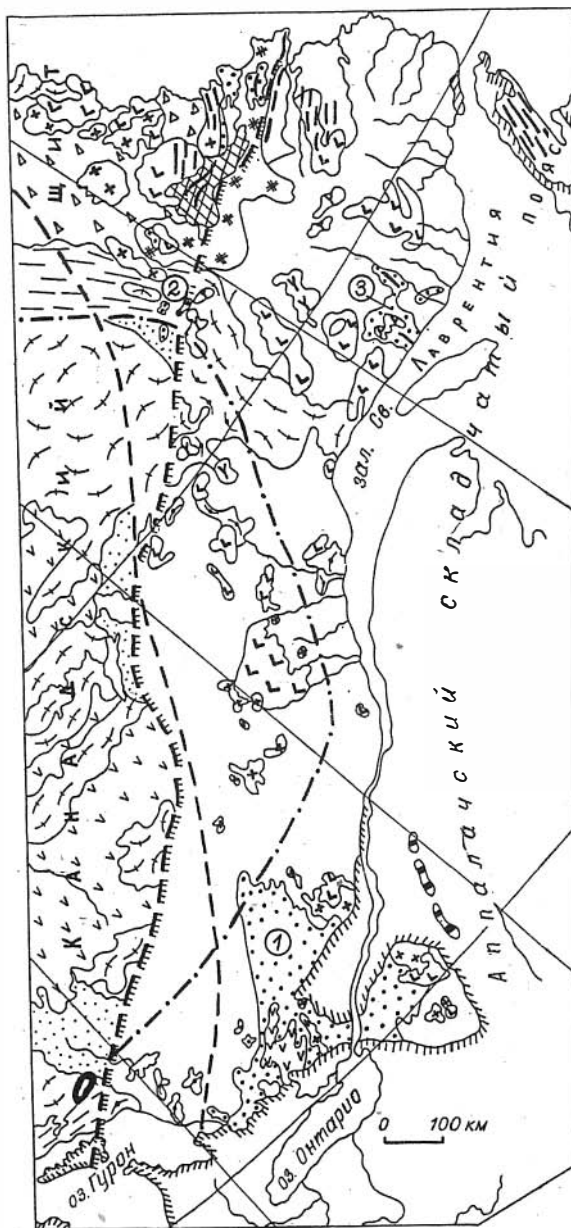
В заключение выскажем надежду, что предпринятый анализ не только поможет решить поставленную выше частную авторскую задачу, но и будет полезным для исследователей, интересующихся зарубежной геологией.

НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Провинция Гренвилл от побережья Атлантического океана протягивается в юго-западном направлении примерно на 2000 км при ширине в 500–800 км и погружается в районе Великих озёр под палеозойские образования Североамериканской платформы [71]. Юго-восточный край провинции скрыт частично под палеозойскими толщами Аппалачского складчатого пояса, а частично под водами залива Св. Лаврентия. Северо-западная граница определяется Гренвиллским Фронтом (рис. 1). Последний косо накладывается на соседние, более древние провинции: Южную, Сьюпириор, Черчилл и Нейн, входящие в состав Канадского щита. Если главные структурные элементы этих древних провинций имеют субширотные (прогиб Гурон, пояс Абитиб и др.), или субмеридиональные (Лабрадорский прогиб и др.) простирания, то для Гренвиллской провинции характерны северо-восточные. Уже это обстоятельство определяет послеафёбский возраст формирования провинции и всех её элементов.

Для Гренвиллской провинции существует несколько слабо различающихся между собой схем тектонического районирования. Наиболее известная составлена Х.Р.Вайн-Эдвардсом [71] и несколько позднее изменена К.Х.Стоквеллом [60]. Наиболее значимыми в э схемах являются такие структурные элементы, как Гренвиллский Фронт и Гренвилльская Фронтальная Тектоническая зона. Последнюю для краткости будем именовать просто Гренвиллской зоной.

Анализ современного геологического материала показывает, что Фронт проводится по очень различным признакам: структурным (степени дислоцированности, разломам), степени метаморфизма (по типу метаморфизма или какой-либо изограде); геофизическим (гравитационным ступеням), геологическим (площади распространения тех или иных вещественных комплексов, в частности анортозитов) и др., что хорошо видно на рис. 2. Причём разница в местоположении Фронта местами достигает ширины в сотню километров, т.е. занима-



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20

ет примерно одну пятую ширины провинции. Не лучше обстоит дело и на западе провинции [20, 53].

Чтобы избавиться от неопределенности пространственного положения Фронта, исследователи пытаются выделить зону [20, 53] [60, 63, 71].

показывают некоторые попытки [42], ностей: сохраняется неопределенность положения северной (северо-западной) её границы (Фронта) и добавляется неопределенность положения южной. Не вступая в полемику по проблеме северо-западной границы Гренвиллской провинции, отметим, что на схеме (см. рис. I) реализован вариант проведения Фронта по биотитовой изограде, предложенный К.Х.Стоквеллом [60].

Гренвиллская зона при протяженн от 16 до 80 км представляет собой полосу, в которой проявлен

Рис. I. Схематическая геологическая карта Гренвиллской провинции, составленная на основе [49].

Архейские комплексы: 1 - гранито-гнейсовые, 2 - зеленокаменные. Архейско-нижнепротерозойские комплексы нерасчлененные: 3 - провинции Чёрчилл, 4 - провинции Гренвилл. Нижнепротерозойские (афебские) комплексы: 5 - складчатые от неметаморфизованных до слабометаморфизованных, 6 - складчатые интенсивно метаморфизованные в послеофебское время, 7 - нескладчатые неметаморфизованные, 8 - лополит Садбери, 9 - Транслабрадорский батолит. Позднепротерозойские комплексы: 10 "менного" типа, 11 - осадочно-вулканогенные "орогенного" типа. Интрузивные комплексы: 12 - анортозитовый, 13 - щелочной сиенит-гранитоидный, 14 - габброидный, 15 - рои даек диабазов, долеритов, габбро, 16 - трапзовый магматизм в Аппалачах. Границы: 17 - распространения палеозойских толщ, 18 - между архейским кратоном Сьюпириор и афебским Гуронско-Лабрадорским складчатым поясом, 19 - предполагаемого распространения позднекембрийских осадочно-вулканогенных и интрузивных образований, 20 - Гренвиллский фронт. Цифры в кружках: 1 - площадь распространения супергруппы Гренвилл, 2 - Западный участок Центрального Минерального пояса, 3 - складчатый пояс Вейхэм.

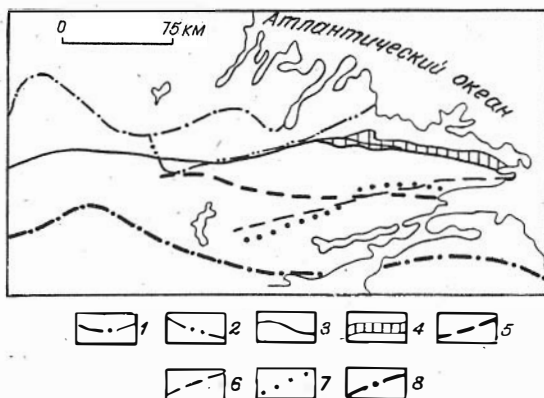


Рис. 2. Положение Гренвиллского Фронта на востоке Гренвиллской провинции (из 42). Положение Гренвиллского Фронта по 1 - Stockwell, 1963; 2 - Stockwell, 1964; 3 - Smyth, Greene, 1976; 4 - Stevenson, 1970; 5 - Taylor, 1971; 6 - Grasty e.a., 1969; 7 - Fahrig, Larochelle, 1972; 8 - Wynne-Edwards, 1972.

более слабо (до низких ступеней амфиболитовой фации) "Гренвиллский" ^X метаморфизм и в которой достаточно уверенно прослеживаются структурно-вещественные комплексы более древних соседних провинций [42, 60, 71]. Полученные по нескольким пересечениям (рис. 3) через Гренвиллский Фронт разными методами по разным минералам и породам радиометрические датировки предположительно из одних и тех же горизонтов (массивов) показали, что при переходе от провинции Сьюпириор через Фронт в провинцию Гренвилл в зоне шириной всего 10-15 км резко меняются их значения от 2800-2900 до 1000-900 млн лет [60]

что Гренвилльская зона сформировалась в процессе целого ряда диастрофизмов и эпизодов метаморфизма и что собственно "Гренвиллские" диастрофизм и метаморфизм проявились в этой зоне только на

^XПока будем пользоваться этим определением в кавычках.

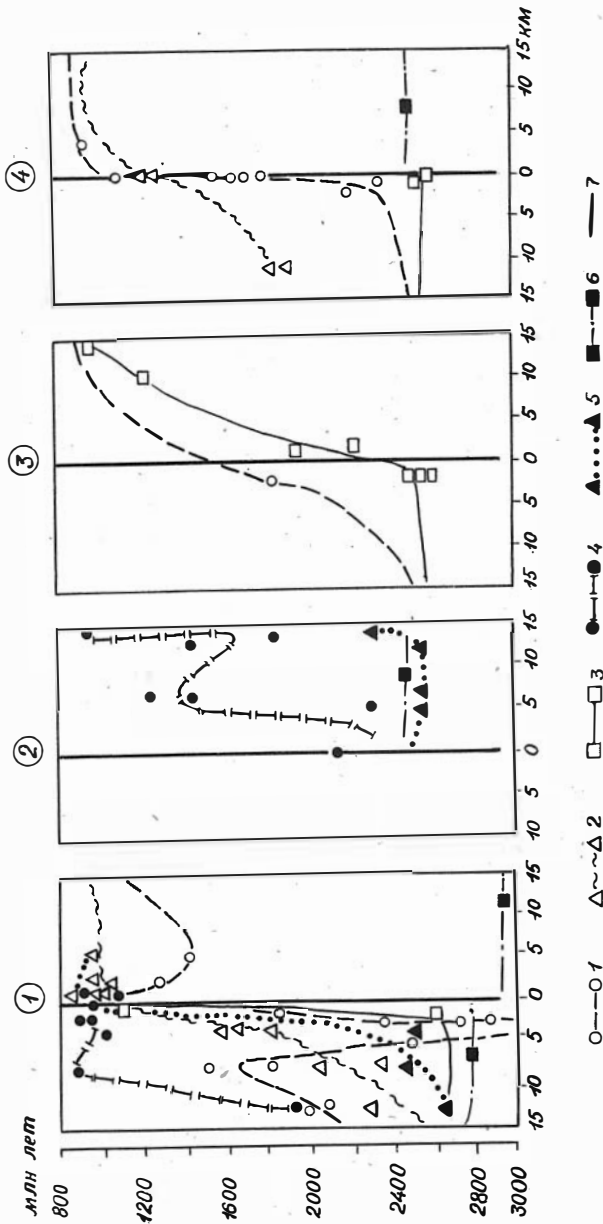


Рис. 3. Изменение радиометрических датировок при пересечении Гренвиллского Фронта в районах (цифры в кружках): 1 - Доверсиер-Лейк (немного южнее оз. Шабогамо), 2 - Сэлпрайз-Лейк (в 10 км юго-западнее оз. Шабогамо), 3 - Мейтискейн-Лейк (в 180 км юго-западнее оз. Шабогамо), 4 - Вал-д'Ор (320 км юго-западнее оз. Шабогамо. (По 82).
 датировки калий-аргоновые: 1 - по биогиту, 2 - по мусковиту, 3 - по роговой обманке; рубидий-стронциевые: 4 - по биогиту, 5 - по мусковиту, 6 - по валовым пробам изохронные, 7 - Гренвиллский фронт.

небольших участках. Ряд других исследователей [15, 18, 71 и др.] считают, что в Гренвиллской провинции вообще проявился один цикл диастрофизма и метаморфизма — "гренвиллский", что резкая, "пятнами", зональность метаморфизма обусловлена рядом причин. Во-первых, миграцией зон метаморфизма от кратонной части Канадского щита во внутренние зоны провинции (в сторону Аппалачской складчатой системы — А.Б.); во-вторых, разным уровнем денудации; в-третьих, неравномерным размещением позднекембрийских интрузий и очагов вулканической деятельности; в-четвертых, первичной тектонической дифференциацией в провинции, позднее завуалированной денудацией. Нет смысла впадать в полемику по этим вопросам, хотя отметить неоднозначность подходов к проблеме "гренвиллских" событий среди канадских геологов необходимо.

В пределах Гренвиллской зоны и в ближайших ее окрестностях сосредоточено значительное количество выходов верхнекембрийских отложений, начиная с формации Симс на западе и кончая группой Дабл-Мер на востоке. В работах последних лет осадочно-вулканоогенные толщи, расположенные восточнее прогиба Сил-Лейк (или складчатого пояса Наскопи, по К.Х.Стоквеллу) [60] делятся в единый Центральный Минеральный пояс [56, 58].

К юго-востоку (югу) от Гренвиллской зоны районирование провинции построено на разнородных признаках. Выделенные здесь зоны имеют разную в плане форму и включают в себя разновозрастные и разноформационные комплексы [60]. Эти комплексы слагают два структурных этажа.

В нижний входят образования, претерпевшие гранулитовую или глубоководную амфиболитовую стадии метаморфизма, в том числе афебского (раннепротерозойского) возраста, и прослеживающиеся сюда из Гуронского и Лабрадорского прогибов. Бесспорно, что эти гранито-гнейсовые комплексы имеют дорифейский возраст.

В верхний этаж входят образования, заведомо моложе афебских, переработанные преимущественно в зеленосланцевой фации, реже в низких субфациях амфиболитовой фации метаморфизма: Гренвиллская супергруппа (группа, серия), слагающая Центральный Метаосадочный пояс, осадочно-вулканоогенные толщи Адирондакских гор и вскрытые скважинами на Адирондакской равнине и группа Вэйхэм-Бей. В ряде мест эти толщи перекрываются кембрийскими слоями с богатой фауной [52, ния, несомненно, относятся к позднему докембрию.

Обильные и разнообразные по составу, размерам и форме интрузии располагаются как в гнейсах нижнего, так и в метаморфитах верхнего структурных этажей. Среди них широко известен Анортозитовый комплекс.

Ниже кратко опишем комплексы только верхнего структурного этажа.

ОСАДОЧНО-ВУЛКАНОГЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Центральный Метаосадочный комплекс [27, 28, 71 и др.] слагают осадочно-вулканогенные толщи Гренвиллской супергруппы, наиболее широко развитой на юго-западе провинции (см. рис. I). Наиболее типичными породами в разрезах супергруппы являются белые мраморы, которые на коротких расстояниях изменяются от известковых до доломитовых. Содержание карбоната в этих породах обычно превышает 90 %. Оставшуюся часть породы составляют флогопит, диопсид и графит.

Вторым, не менее распространенным типом пород, являются разнообразные кварциты, особенно те, которые сложены белым и серым стекловатым кварцем. В них содержатся примерно те же примеси, что и в мраморах. Кварциты образуют обычно слои, пачки или толщи до 150 м. Во многих местах они сохранили косослойчатость, следы ряби и другие текстурно-структурные особенности, позволяющие не только уверенно относить их к мелководным осадкам, но также контролировать направление и последовательность нившияся местами размерность зерен в кварцитах указывает на разный гранулометрический состав: от тонкообломочных песчаников до конгломератов.

Третьим членом разреза супергруппы являются кристаллические сланцы, основу которых в разных сочетаниях составляют кварц, полевой шпат, слюда, силиманит и гранат. Отмечается значительное количество высокоглинозёмистых сланцев. Как правило, кристаллические сланцы переслаиваются в разных пропорциях с кварцитами и мраморами.

Кроме осадочных пород, в разрезе супергруппы Гренвилл присутствуют вулканогенные образования, представленные главным образом риолитами, трахитами, дацитами, андезитами, базальтами,

иногда с шиллоу-структурами. Все перечисленные разновидности зонально метаморфизованы и требуют приставки "мета". Вулканогенные породы в разрезах слагают как лавовые, пелловые потоки, так и толщи пирокластических разноразмерных образований, а также толстые тефроидные пачки из вулканокластических метакогломератов, метагравелитов и метапесчаников. Среди последних отмечаются горизонты метааркозов. В общем вулканогенные породы основного состава тяготеют к низам, а кислые разновидности — к верхам разреза супергруппы, хотя и те и другие встречаются по всему разрезу. Местами к метавулканическим образованиям приурочиваются железорудные горизонты. Вышеописанные толщи пород в разных разрезах присутствуют в различных пропорциях, создавая сложную фациальную зональность в супергруппе.

Супергруппа Гренвилл в современной структуре слагает крупную синформу северо-восточной ориентировки. Центральная наиболее прогнутая часть синформы (прогиб Гастингс и продолжающий его к северо-востоку бассейн Монт-Лаури) характеризуется наибольшей толщиной (до 7–8 тыс. м) и максимальной насыщенностью магматическими образованиями [7I]. Количество вулканогенных пород уменьшается вплоть до полного исчезновения из разрезов в северо-западном и юго-восточном направлениях. Примечательным в Центральном Метасадочном поясе является характер распределения фациальных зон. На северо-западе пояса располагаются грубообломочные осадочные фации, свидетельствующие о присутствии близкой суши, каковой, по-видимому, была в то время территория провинций Сьюпириор и Южной. К юго-востоку они замещаются более глубоководными осадками.

Авторы, исследовавшие палеогеологические аспекты супергруппы Гренвилл [6I, 7I], полагают, что она сформировалась в "платформенных" условиях: эпиконтинентальном, очень мелководном море и на примыкающих к нему равнинах. Необходимо допустить, что в пределах этих площадей существовали одновременно вулканические континентальные цепи, формирующиеся на проседающих (тропогах) зонах. Такая палеогеологическая обстановка приводила к сосуществованию очень зрелых осадков (чистых кварцитов, высокоглинозёмистых сланцев) и предгорно-вулканических шлейфов из грубообломочных незрелых образований. Эти обстановки отмечались Л.И.Салопом [6] эпохи.

Супергруппа Гренвилл зонально метаморфизована от зеленосланцевой до средней и высокой степеней амфиболитовой фации. Имеющиеся данные [71] показывают, что наиболее глубокий метаморфизм характерен для крыльев синформы Центрального Метаосадочного пояса, наиболее слабый присущ центральной зоне прогиба Гастингс. Не исключено, что такое площадное распределение метаморфических преобразований отражает не латеральный, а вертикальный характер метаморфизма, так как именно в центральных зонах этого прогиба установлены наибольшие полнота и толщина разреза.

Супергруппа Гренвилл прорвана анортозитами (Марси и другие массивы), а также многочисленными и разнообразными по составу гранитоидами и сиенитами. Таким образом, возраст супергруппы Гренвилл определяется, по крайней мере, как доанортозитовый. Из низов вулканогенного разреза получены радиометрические определения в 1310 ± 15 млн. лет и более молодые [60].

Мало чем отличаются от только что описанных отложения, вскрытые скважинами в пределах Адирондакской равнины и обнаженные в горах Адирондак [49], толщи фундамента из чарнокитов, гранитоидов, местами лейкогранитного состава гнейсов, перекрытых со структурным несогласием отложениями группы Освегатчи на Адирондакской равнине и группы Лейк-Джордж в одноименных горах. По составу и внутреннему строению группы сходны с вулканогенными разрезами супергруппы Гренвилл. Обращает на себя внимание здесь только наличие эвапоритовых образований, среди которых преобладают ангидриты, хотя не исключено присутствие и каменных солей [19, 49].

толщина которых невелика, сконцентрированы в пачке белых мраморов толщиной до 60 м (формация Губернерских Мраморов). Дж. Браун и А.Енгел [19]

и вмещающие их метадоломиты. Вместе с ними в этой же толще располагаются горизонты строматолитовых карбонатов.

Центральный Минеральный пояс сложен осадочно-вулканогенными толщами, образующими ряд формаций и групп. Этот пояс в современной структуре выражен крупной, сложно построенной синформой субширотной ориентировки с воздымающимися и выклинивающимися переклиналями. Килевой частью синформы является прогиб Сил-Лейк (или складчатый пояс Наскопи). При движении от киля к востоку последовательно обнажаются все более древние горизонты позднего до-

кембрия, выполняющие или узкие протяженные прогибы, или грабены (троги). Западная периклиналь высоко поднята, рассечена разрывами, сильно денудирована и представлена в современной структуре единичными пространственно отделенными от основной структуры грабенами и синклиналиями. В этих частных синклиналиях (рис. I) выделяются такие литолого-стратиграфические подразделения, как формация Симс, группы Блудерри-Лейк и Петскаписка [18, и др.] .

Формация Симс (около 0,7 тыс. м толщиной) развита как севернее Гренвиллского Фронта, так и в пределах Гренвиллской зоны. В основании ее выделяется пачка делювиально-склоновых отложений и конгломератов кварцевого состава, сменяющаяся вверх по разрезу средней пачкой из аркозовых речных песчаников. Венчается разрез толщей очень чистых равнообломочных и хорошо окатанных кварцевых песчаников мелководношельфового происхождения. Осадочные отложения прослоены силловыми телами разной толщины из кварцевых и оливковых габро, входящих в состав комплекса Шабогамо.

Восточнее синклиналей, выполненных формацией Симс, в районе оз. Габро развита группа Блудерри-Лейк, представленная кислыми преимущественно фельзитовыми и трахиандезитовыми вулканогенными образованиями в виде лав и вулканокластитов. К западу вулканогенные толщи фациально замещаются осадочными, среди которых присутствуют кварцевые породы, аналогичные таковым в формации Симс. В отложениях группы широко распространены дайки и силлы габброидов и базальтов комплекса Шабогамо. Как отложения группы, так и тела основного состава прорваны массивами гранитоидов [18,

Ещё восточнее в полосе Гренвиллской зоны располагается ряд выходов, которые отнесены к группе Петскаписка [19, 71]. Здесь развиты два резко различающиеся по метаморфизму и структуре комплекса. К первому Р.Ф.Емсли относит собственно группу Петскаписка, сложенную терригенными и вулканогенными образованиями, метаморфизованными в зеленосланцевой до амфиболитовой фациях. Предполагается, что метаморфизм является продуктом воздействия на вмещающие породы крупного анортозитового плутона Мишикамо [29, с. 4].

кристаллическими сланцами и гнейсами, содержащими в основе кварц, а также полевые шпаты, кордиерит, силлиманит, иногда зеленую шпинель, биотит. Наряду с этими породами присутствуют амфиболиты,

достаточно чистые кварциты и метатуфы. В южных выходах наблюдается переслаивание метатуфов основного состава и амфиболитов с кварцитами и парагнейсами. Как можно заметить, разрез группы имеет значительное сходство с некоторыми бескарбонатными разрезами супергруппы Гренвилл или с разрезом группы Блудерри-Лейк. Достоверно установлено прорывание отложений этой группы анортозитовым телом Мишиякамо. Калий-аргоновые датировки по биотиту из гранат-биотитового кристаллического сланца группы показал возраст в 1520 млн лет [60]. Этим же методом по биотитам из прорывающих группу магматических тел получены датировки в 1360, 1395 млн лет [60].

Второй комплекс залегает несогласно на анортозитах и вмещающих их породах и представлен слабометаморфизованными и деформированными осадочными толщами, среди которых преобладают аркозовые и кварцевые валунные конгломераты, гравелиты и песчаники. В составе галек и валунов основную долю занимают кварц, гранитоиды, кислые вулканогенные породы. Реже присутствуют кварциты, мраморы. Предполагается, что источником, поставившим валуны, были позднедокембрийские толщи типа группы Летития-Лейк (см. ниже). Калий-аргоновый возраст отложений по валовой пробе определен в 843 млн лет [60].

В килевой зоне и восточной периклинали Центрального Минерального пояса по геологическим и геохронологическим данным наиболее древними являются отложения групп Эйлик и Моран-Лейк (рис. 4).

Отложения этих групп залегают структурно несогласно на гранито-гнейсовом фундаменте, выделенном под названием комплекса Хоупдейл, и формирующем, по-видимому, основание трех провинций: Гренвилл, Черчилл и Нейн [63]. Отложения этих групп резко несогласно пересекаются Гренвиллским Фронтом [67], доказывая тем самым относительную молодость последнего. Так как Гренвиллский Фронт, согласно К.Х.Стоквеллу [60], это биотитовая изограда, то отложения (даже части некоторых структур), расположенные севернее и северо-западнее Фронта являются или неметаморфизованными, или слабо метаморфизованными, тогда как метаморфизм в отложениях, расположенных южнее Фронта, резко и быстро нарастает.

Группа Моран-Лейк (около 1,6 тыс. м толщиной), подстилающая многоэтажную структуру, центральную часть которой занимает наи-

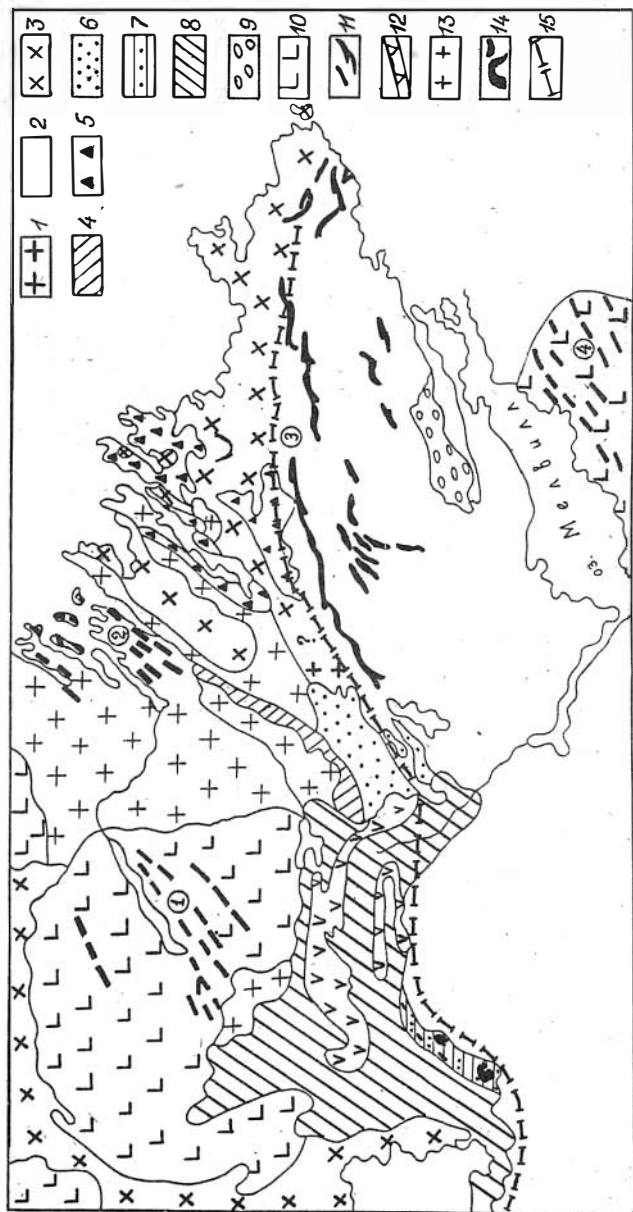


Рис. 4. Схематическая геологическая карта Центрального Минерального пояса и его окрестностей.
(По данным работ 20, 45, 75, 92).

Архейско-нижнепротерозойский фундамент: I - в провинциях Черчилл и Нейн, 2 - в провинции Гренвилл; Поведнепротерозойские (рифейские) образования: 3 - северная часть Транслабораторского багальита, 4 - группа Моран-Лейк, 5 - Элликс-группа, 6 - группа Брюс-Ривер, 7 - группа Ледития-Лейк, 8 - группа Сил-Лейк, 9 - формация Дабл-Мер, 10 - массивы анортозитов; севернее

Гренвиллского фронта - Харп-Лейк, южнее - Мелвилл, II - дайко-силловне комплекс (цифры в кружках): I - Харп, 2 - Эйлик, 3 - Михаил, 4 - Мили, I2 - Базальтовые и долеритовые силлы, I3 - массив гранитов Отгер-Лейк, I4 - щелочной гранит-сиенитовый комплекс Ред-Вейн, I5 - Гренвиллский фронт.

более молодая группа Сил-Лейк (см. рис. 4), обнажена в узких грабенах (трогах). Она начинается горизонтом умеренно сортированных пестроцветных кварцевых песчаников, локально перекрытым пластом кремнисто-окисных железорудных пород до 10 м толщиной. На северо-востоке они замещаются черными сланцами, доломитами и граувакками. Граувакки и сланцы трансгрессивно перекрывают нижние кварциты и местами выходят за пределы их распространения, залегая непосредственно на фундаменте. Условия формирования этой части группы мелководные, возможно, даже континентальные.

Выше осадочных толщ располагаются субморские базальтовые вулканогенные образования, представленные лавовыми потоками с непузырчатыми пиллоу-структурами. Такое трансгрессивное строение разреза Моран-Лейк привело некоторых исследователей к предположению, что базальты формировались в открытом море на глубинах, превышающих компенсационный уровень накопления карбонатов, т.е. не менее 5 тыс. м [67]. К сожалению, никаких данных, подтверждающих высказанное предположение, авторами не приводится. Более того, из палеотектонических профилей, помещенных в указанной работе неопровержимо следует, что осадки формировались в плоских мелководных бассейнах.

Группа Эйлик сейчас пространственно отделена от полей развития группы Моран-Лейк, хотя нижней своей частью и сопоставляется с последней и сложена гетерогенной толщей (до 8,5 тыс. м) преимущественно вулканогенных пород [59, 67]. Её нижняя часть только в самых общих чертах сходна с разрезом группы Моран-Лейк. Существуют и значительные различия. Прежде всего в том, что в средней части разреза располагается достаточно толстая (около 0,7-0,8 тыс. м) пачка грубообломочных и высокоглинозёмистых сланцевых мелководных пород. Далее, не исключено, что значительная часть мирована за счет осадочных пород [56]. Наконец, если горизонт железистых пород в группе Моран-Лейк рас-

полагается в низах разреза и ассоциируется с осадочными толщами, то в нижней части группы Эйллик, он тяготеет к верхам этой части и ассоциируется, скорее, с метабаазальтами. Таким образом, если эти образования одновозрастны, то имея сходство между собой на формационном уровне, они значительно отличаются в деталях и принадлежат, по-видимому, разным структурно-фациальным зонам или, скорее, формировались в разных трогах.

Верхи группы Эйллик (более 5,0 тыс. м) сложены вулканогенными породами преимущественно кислого состава, с редкими пачками и линзами осадочных отложений: алевролитов, песчаников и конгломератов полимиктового, аркозового и кварцевого состава, окисно-кремнистых железистых и карбонатных пород. В скоплениях кислых вулканогенных пород, значительное место занимают игнимбриты, туфы и различные туфосодержащие обломочные породы. Любопытно, что именно в туфах встречаются достаточно толстые, но быстро выклинивающиеся линзы карбонатных пород. Наряду с риолитовыми лавовыми потоками, присутствуют порфиновые субинтрузивные тела, а также пластины брекчий и лавобрекчий тел присутствуют лавы основного состава, в том числе пиллоу-баазальты. В целом группу Эйллик оценивают как бимодальную по составу известково-щелочную формацию с несколько повышенным содержанием калия [67].

Группа Летития-Лейк, выполняющая в современной структуре грабен субширотной ориентировки, сложена субвулканическими кварц-полевошпатовыми порфирами, по-видимому, как экструзивной, так и интрузивной природы. Предположительно, интрузивная часть свиты по латерали и по вертикали переходит в риолитовые потоки и игнимбриты [56]. Местами, разрушаясь, они образуют осадочную тефроидную оторочку. Все породы характеризуются повышенной щелочностью. Группа прорвана интрузиями щелочных же гранитов (Арк-Лейк, Ред-Вайн комплексы) с радиометрическим возрастом 1392 ± 75 млн лет, полученным рубидий-стронциевым изохронным методом [24]. Группа несогласно залегает на гранито-гнейсовом фундаменте и с перерывом перекрывается (см. рис. 4) толщами группы Сил-Лейк.

Возрастными аналогами группы Летития-Лейк являются группы Брис-Ривер, выходы которых закартированы на востоке провинции Гренвилл [56, 58]. Эта группа залегает местами на отложениях группы Моран-Лейк, местами на гранито-гнейсовом фунда-

менте, а местами на гранитах комплекса Юниор-Лейк, которые, возможно, прорывают толщи Моран-Лейк. Она выполняет синклиналичную структуру, сильно осложненную многочисленными разноориентированными разрывами (см. рис. 4). В группе выделяются три формации.

Нижняя Хеггарт-Лейк (около 4,5 тыс. м толщиной) образована конгломератами, фациально и стратиграфически сложно взаимосвязанными с песчаниками и подчиненным количеством лавовых потоков и силлов основного состава. Характерно наличие пачек с хорошей слоистостью, среди которой отмечаются троговая и планарная косо-слоистчатость. В конгломератах галька и валуны (обломки), размер которых местами достигает 0,8-1,0 м, представлены гранитами, гнейсами, песчаниками, милонитами, жильным кварцем, основными и кислыми вулканогенными породами, аргиллитами, реже доломитами, кремнистыми сланцами, железистыми кварцитами. Местами в обломочном материале до 60-70 % занимает продукты "гранитного смыва". Такая картина наблюдается, например, в окрестностях гранитного массива Юниор-Лейк, расположенного южнее грабена, выполненного группой Летития-Лейк. Это доказывает относительную древность массива. Анализ структурно-текстурных и фациальных особенностей позволил трактовать эту формацию как сформировавшуюся у подножия невысоких поднятий в виде широких вееров, дистальные части которых, возможно, накапливались в водных (озёрных) условиях.

В конгломератовой толще закартировано несколько маломощных и непротяженных тел основного и среднего состава, автобрекчированных, амигдалоидных, с порфиритовой структурой.

Выше лежащая формация Браун-Лейк (около 1,0 тыс. м) местами с размывом, а местами с постепенными переходами залегает на песчано-конгломератовых толщах формации Хеггарт-Лейк. В основании её выделяется пачка (30-70 м) конгломератов, по строению и составу галек не отличающаяся от конгломератов формации Хеггарт-Лейк. Главная часть формации сложена тонко- до среднезернистых пестроцветными вулканокластическими породами. Предполагается, что эта формация была распространена по площади более широко, нежели отложения формации Хеггарт-Лейк, и формировалась в условиях тектонически неустойчивого континентального бассейна.

Завершается разрез группы Брюс-Ривер формацией Сильвия-Лейк (около 8,0 тыс. м), сложенной преимущественно вулканогенными породами основного, ср

ками, силлами, грубыми пирокластическими образованиями, игниобритами. Основные и средние породы концентрируются в низах разреза, кислые тяготеют к его верхам, хотя в виде отдельных горизонтов и потоков лав и те и другие встречаются по всему разрезу. Основные и средние разновидности вулканогенных пород представлены оливиновыми базальтами, андезитами, трахиандезитами, трахитами; среди кислых наиболее широко представлены риолиты.

Пирокластические продукты вулканической деятельности имеют разную размерность: от брекчий, с размером обломков 0,5 м, до тонкотуфового материала. Кроме того, в разрезе присутствуют маломощные, быстро выклинивавшиеся линзы осадочных преимущественно крупнообломочных пород. Местами присутствует крупномасштабная косослойчатость, предположительно эолового (из туфов) происхождения. Все породы характеризуются повышенной щелочностью с преобладанием калиевых компонентов.

Анализ вулканогенных толщ позволил установить [56, 58], что образовались они в континентальных ареальной формы вулканических районах, на площадях, больших, чем сохранившиеся в современной структуре. Их формирование сопровождалось активным разрывообразованием и проседанием блоков с наваливающимися на них вулканогенными комплексами. Именно этим объясняется очень большая толщина тел на ограниченных площадях, а также сохранность до настоящего времени не только вулканогенных, но и подстилающих их обломочных (формации Хеггарт-Лейк и Браун-Лейк) отложений.

Таким образом, вышеприведённые данные говорят в пользу того, что заложившиеся ещё на рубеже раннего и позднего протерозоя (около 1800-1700 млн лет назад) троговые (межразломные, приразломные, надразломные грабены (авлакогены?)) структуры на сочленении современных Гренвиллской, Черчилл и Нейн провинций, продолжали существовать в среднем рифее. В это время осуществлялись очень неравномерные разнознаковые тектонические движения, приводившие то к интенсивной денудации, коплению. В процессе развития форма и размеры вновь заложившихся структурных элементов отчетливо изменялись, то расширяясь до изометричной формы бассейнов, то сужаясь до линейной формы трогов.

Более молодой является группа Сил-Лейк (толщиной до 12 тыс. м), выполняющая ядро крупнейшей опрокинутой к северу синформы. Стратиграфически она трансгрессивно и несогласно перекрывает нижележащие осадочно-вулканогенные комплексы трогов и прогибов, выходя далеко за их пределы на борта фундамента (см. рис. 4).

В составе группы различается пять формаций [12, 13, 56 и др.] .

Формация Бисси-Лейк (или Мажока-Лейк) (около 1,5 тыс. м) сложена главным образом массивными розовыми и белыми кварцитами, аркозовыми песчаниками и гравелитами, серыми и черными сланцами с локально присутствующими линзами конгломератов и вулканогенных пород основного состава. Местами разрез содержит до 90 % кварцевых песчаников, что свидетельствует о высокой зрелости осадков. Эта зрелость уменьшается к северу, где вместе с кварцевыми, появляются аркозовые терригенные породы. Базальты тяготект обычно к верхам разреза формации.

Формация Бюрк-Лейк согласно перекрывает Бисси-Лейк и сложена тонкослоистыми красноцветными песчаниками и сланцами, светлыми и черными кремнистыми сланцами и розовыми строматолитовыми и оолитовыми известняками. Формация насыщена большим количеством диабазовых даек и пластовых тел. Толщина этих тел изменяется от 30 до 600 м. За счет этого резко увеличивается толщина всей формации.

Вышележащая формация Виски-Лейк (около 0,9 тыс. м) сложена пестроцветными сланцами, переслаивающимися с красноцветными кварцевыми песчаниками.

Формация Салмон-Лейк (или Эделайн-Айленд) (около 1,4 тыс. м) сложена многочисленными лавовыми потоками (силлами?) обычно амигдалоидных базальтов, переслаивающихся с осадочными породами: красноцветными и черными сланцами, красноцветными косослоистыми кварцевыми песчаниками и аркозами.

Венчается разрез группы Сил-Лейк формацией Верхних красных кварцитов толщиной в несколько сот метров (по данным исследователей, от 450 до 750 м). Название свиты говорит о её составе.

Таким образом, группа Сил-Лейк сложена преимущественно осадочными породами с пачками хемогенных и органогенных пород. Основную часть группы составляют магматические образования, пред-

ставленные амигдалоидными платобазальтами в виде потоков, силлов и даек, типизированных как переходные между щелочными и толеитовыми [13].

Осадочные отложения группы Сил-Лейк, по мнению многих исследователей [12, 13, 55] водного моря вблизи прибрежной равнины на пенепленизированной перед этим поверхности. Магматические образования сформировались преимущественно в континентальных условиях в геодинамической обстановке внутриконтинентального рифтогенеза.

Складчатый пояс Вэйхэм, сложенный группой Вэйхэм-Бей, представляет собой крупную синформу с погружающимся к югу шарниром (см. рис. 1). Группа Вэйхэм-Бей изучена ещё очень слабо [16, 60, 61, 66]. Хотя основание её не вскрыто, различный стиль складчатости в ней и рядом расположенных участках фундамента однозначно говорит о наличии структурного несогласия в основании группы.

В группе, толщина которой до 7,5 тыс. м, условно выделяются три части: нижняя, - представленная переслаиванием окварцованных кристаллических сланцев, кварцитов с подчиненным количеством кварц-слюдистых и высокоглинозёмистых кристаллических сланцев, биотитовых гнейсов, гематит- и рутилосодержащих кварцитов; средняя, - сложенная монотонными тонкослоистыми и тонкозернистыми белыми кварцитами; верхняя, - состоящая из известковистых и белых кварцитов, а также переслаивающихся с ними филлитов. Во многих местах разреза устанавливаются косослойчатость и следы ряби. Значительное количество кварцитов очень чистые по составу. Только в некоторых разновидностях встречаются примеси из полевых шпатов и подчиненно-из биотита и мусковита, достигающие 10%. Таким образом, текстурно-структурные особенности и состав пород в группе говорят об очень высокой зрелости осадков и о мелководных условиях их накопления. Отличительным свойством является присутствие толщ высокоглинозёмистых сланцев. Группа пронизана большим количеством силлов (лавовых потоков?) и даек габбро и диабазов, резко увеличивающим толщину разреза группы.

Осадочные слои вместе с силлами собраны в простые прямые складки субмеридионального простирания. Метаморфизм в отложениях проявлен довольно интенсивно и изменяется от зеленосланцевых фаций до гранат-ставролитовой изограны амфиболитовой фации.

Калий-аргоновым методом по биотиту из ставролитовых сланцев получена радиометрическая датировка в 845 млн лет. Этим же методом датировка в 870 млн лет получена из гнейсов фундамента.

По литологическим особенностям группа Вэйхэм-Бей сопоставляется с супергруппой Гренвилл и принадлежит, по-видимому, единой структурно-фациальной зоне [66].

В виде небольших полей верхнедокембрийские образования известны и вне границ вышеописанных трех поясов. Например, на юго-востоке Гренвиллской провинции небольшой грабен выполняет грубо-обломочная аркозового состава формация Дабл-Мер [41, 59]. Известны и другие незначительные выходы. Но они ещё слабо изучены, и возраст их часто проблематичен.

ИНТРУЗИВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Уже упоминалось, что осадочно-вулканогенные позднедокембрийские отложения провинции Гренвилл прорваны обильными и разнообразными по форме и составу интрузиями. При анализе их обращают на себя внимание два момента: 1 - интрузии одного и того же комплекса, например анортозитового, не ограничиваются территорией собственно Гренвиллской, а продолжают в виде достаточно компактного пояса в соседние провинции; 2 - интрузии одного и того же комплекса в меньшей степени прорывают сохранившиеся позднедокембрийские образования, а в большей степени расположены в комплексах фундамента, подстилающих эти осадочно-вулканогенные толщи (см. рис. 1).

Отсюда следует несколько важных выводов. Во-первых, тектонотермальные процессы, определившие границы Гренвиллской провинции, и процессы, в результате которых сформированы магматические комплексы, не всегда совпадали пространственно. На это, по-видимому, впервые обратил внимание Р.Ф.Эмсли [30, 31], предложивший отказаться от выделения в Гренвиллской провинции эльсонского орогенеза и выделять только эльсонский магматический этап, проявившийся на более широких площадях, нежели площадь провинции Гренвилл.

Выше затрагивались проблемы диастрофизмов, эпох метаморфизма и гранитизации применительно к Гренвиллской провинции.

Необходимо отметить, что количество выделяемых орогенных (диастрофических, метаморфических, тектонотермальных и т.д.) эпизодов базируется целиком на радиометрических датировках, полученных преимущественно по интрузивным, реже по вулканогенным и очень редко по осадочным породам и минералам. Другими словами, выделение того или иного орогенического эпизода зависит от значения группы (а в некоторых случаях даже одной - двух) цифр радиометрических датировок по какому-либо интрузивному массиву или гранито-гнейсовому блоку. Даже если эти датировки не подкреплены никакими другими геологическими данными, они используются для доказательства проявления орогенических эпох. По-видимому, здесь до крайности, если не до абсурда, доводится идея Г.Штилле о том, что главным показателем орогенического события является наличие гранитоидных интрузий.

Однако сейчас становится ясным, что отдельные всплески магматической в том числе и гранитоидной деятельности, равно как и проявление деформационных (складчатых и разрывных) процессов, сопряженных часто с проявлением метаморфизма, могут многократно проявляться в течение единой тектонической эпохи. Такие пульсации и определяют сложные пространственные и временные взаимоотношения региональных и тем более локальных структурно-вещественных комплексов.

Во-вторых, широкое развитие интрузивных тел в комплексах фундамента Гренвиллской и прилегающих к ней провинциях говорит о том, что здесь произошли интенсивные денудационные процессы, которые вскрыли глубинные магматические тела, разрушив не только часть фундамента, но и перекрывающие его позднекембрийские образования.

В-третьих, в силу глубокой денудации Гренвиллской провинции, сочетающейся с широко проявленными процессами омоложения, при получении радиометрических датировок возможны крупные ошибки в определении стратиграфического положения того или иного интрузивного (метаморфического?) тела. На возможность такой ситуации обратил внимание К.Х. Стоквелл [60], обработав результаты радиометрических датировок, расположенных по траверсам, пересекающим Гренвиллский фронт (см. рис. 3). Поэтому, при анализе интрузивных комплексов, особенно гранитоидных, необходима предельная осторожность в выводах по магматической истории Гренвиллской провинции в позднекембрийское время.

Учитывая вышесказанное, кратко опишем интрузивные проявления в Гренвиллской провинции и ее ближайших окрестностях. Все интрузии группируются в три главных комплекса: Анортозитовый, Габброидный и Гранитоидный.

Анортозитовый комплекс составлен пестрой гаммой магматических интрузивных пород [2, 30, 31, 33]. Среди них преобладают анортозиты, габброиды, троктолиты, адамеллиты, мангериты, нориты, диориты, гранодиориты, граниты. В меньших количествах присутствуют гранитоиды со структурами рапакиви и сиениты. Всеми исследователями отмечается закономерная пространственная и определенная временная связь между этими типами пород. Рядом исследователей признается и прямая генетическая связь между ними, но другими она отрицается [2, 30]. Спорным остается вопрос трактовки места и значения анортозитовых комплексов в тектонической эпохе вообще, в том числе и "гренвиллской" [30, 31, 33, 45, 46, 47, 69 и др.] .

Состав, петрология и химизм многих анортозитовых массивов и сопровождающих — их вышеперечисленных магматических комплексов Гренвиллской и соседних провинций детально описаны в ряде публикаций [30, 31, 33, 47, 61, 63, 71]. Отметим только те стороны Анортозитового комплекса, которые необходимы для достижения поставленных в работе целей.

Хотя в геологической литературе широко используются собственные названия "Гренвилльский анортозитовый пояс", "Гренвилльская анортозитовая провинция" и т.д., нам представляется это заблуждением. Не затрагивая здесь глобальных сопоставлений [17, 44, 69, 70 и др.] и исходя только из гренвиллского примера, отметим:

1) полное отсутствие этого комплекса в юго-западной части провинции (см. рис. 1);

2) расположение значительной части анортозитовых интрузий, принадлежащих этому комплексу, вне Гренвиллской провинции, на территории провинций Черчилл, Нейн и под Аппалачами.

Процессы метаморфизма, складчатых и разрывных деформаций "гренвиллского" возраста (диастрофизма) накладываются на Анортозитовый пояс (назовем его условно так) резко несогласно. Практически анортозитовые массивы, расположенные в провинции Нейн и Черчилл не подвержены метаморфизму и деформациям, в то время как расположенные в провинции Гренвилл и под Аппалачами интенсивно

переработаны и деформированы. Зональный метаморфизм затронул анортозиты, расположенные в Адирондакских горах [49].

Соответствующим образом ведут себя данные радиометрических измерений. В целом достаточно заметно проявляется тенденция "омоложения" радиометрических возрастов анортозитовых массивов при движении из провинций Нейн и Черчилл, через провинцию Гренвилл в сторону Аппалачей [II, I5, 30, 33, 45, 46, 60, 69 и многие др.]. Из этого делаются разные выводы, вплоть до того, что в Анортозитовом поясе присутствуют комплексы разных возрастов: от 1700–1400 млн лет (развитых севернее фронта Гренвилл [30, 31, 69 и др.]) до 540–560 млн лет (на самом юге Гренвиллской провинции и, по-видимому, под Аппалачами [46]). Более убедительной представляется точка зрения, что омоложение радиометрических возрастов связано с метаморфическими и другими процессами, влияющими на соотношение изотопов в породе, и что становление анортозитовых интрузий в поясе было одноактным.

Если приповерхностные формы анортозитовых массивов достаточно хорошо отражаются на любой геологической карте (см., например, [38]), то форма их глубинной части изучена ещё слабо. В соответствии с буровыми и геофизическими данными многие исследователи полагают, что форма массивов является "грибовидной" [30, 31, 33, 46, 47, 49 и др.]. Судя по внутреннему зональному строению массивов разного размера и разного радиометрического возраста, форма для них остается сходной. У всех массивов "оладевидное", по образному выражению Р.Ф.Эмсли [30], плоское тело толщиной приблизительно в 2–4,5 тыс. м продолжается в глубину одним или несколькими штокообразными либо дайкообразными "корнями-стволами", являющимися магмоподводящими каналами.

Многочисленные радиометрические датировки, полученные разными методами по разным минералам и породам из Анортозитового комплекса укладываются в интервал 1700–500 млн лет. Большинство исследователей считает наиболее вероятным возраст магматических тел этого комплекса в 1500 млн лет (см. ниже).

Габброидный комплекс, в отличие от Анортозитового, наиболее широко развит в пределах Гренвиллской провинции. Лишь роом даек Херп и многими одиночными дайками и штоками он продолжается в провинции Черчилл и Нейн. Его образования выходят за северо-западную границу провинции Гренвилл, соединяясь на юго-западе,

возможно, через рой даек с магматическими телами троговой системы Кивино. Таким образом, северо-западная граница распространения Габброидного комплекса расположена пространственно более конформно по отношению к Гренвиллскому Фронту и Гренвиллской зоне, но все равно структурно несогласна с ними.

В Габброидный комплекс включаются многочисленные разновидности интрузивных габброидов, диабазов и базальтов, пространственно не связанных с телами сходного состава, входящими в состав Анортозитового комплекса. По форме они представляют собой силлы, дайки, небольшие массивы, штоки, линзы. На западе часть их объединяется в локальный комплекс Шабогамо [71, 72 и др.]. Обильные силловые и дайковые тела описаны в группах Сил-Лейк [13, 56] и Вэйхам-Бей [16, 71]. На востоке Гренвиллской провинции широко распространены интрузивные тела основного состава, объединенные в локальные комплексы Михаел и Адловик и дайковый рой Милли [32, 39, 40, 41, 59, 70 и др.].

Большое количество даек и небольших штоков рассеяно по всей территории Гренвиллской провинции и не входит в какой-либо из перечисленных локальных комплексов или роев даек.

Как правило, породы Габброидного комплекса представлены нормальными оливиновыми или плагиоклазовыми габбро или диабазами, реже их кварцевыми разновидностями, норитами, габбро-норитами, габбро-диоритами, диоритами. Иногда характеризуются повышенной щелочностью. Те тела силлов, которые прослаивают осадочно-вулканогенные комплексы (Сил-Лейк, Вэйхам-Бей), исследователями рассматриваются как трапшопы [13, 16 и др.].

Характерной чертой у пород части комплекса, расположенного южнее Гренвиллской зоны, является наличие у оливинов кольцевых, иногда многослойных корон. Появление таких корон объясняется разными причинами, но наиболее предпочтительной [32] считается та, что короны являются результатом прогресса этих тел в течение "гренвиллской" орогении. Объясняется это отсутствием корон в северных неметаморфизованных телах комплекса, но количество и отчетливость их нарастают к югу, в направлении нарастания степени метаморфизма [27, 32, 34]. Наиболее вероятным диапазоном формирования Габброидного комплекса сейчас считается интервал 1300-1400 млн лет (см. ниже).

Гранитоидный комплекс. Используя образное выражение В.Е. Логана, Х.Р. Вайн-Эдвардс в 1972 г. заметил: "Традиционно думают, что Гренвиллская провинция есть море гранитов" [71, с. 311]. Так действительно можно подумать, рассматривая некоторые геологические карты (см., например, [38]). Но чуть ниже Х.Р. Вайн-Эдвардс констатирует, что почти все это "море гранитов" есть "сиалический материал, принадлежащий к комплексу фундамента..." (там же). Действительно, как показывают современные исследования по отдельным участкам Гренвиллской провинции, син- и посттектонических гранитоидов интрузий здесь не так много, хотя и проявляется тенденция к их значительному увеличению на востоке провинции [39, 40 и др.] .

Гранитоидный магматизм провинции Гренвилл изучен ещё очень слабо. Поэтому ниже приведём два частных примера, по которым, хотя и очень приблизительно, можно судить о некоторых геологических аспектах Гренвиллского Гранитоидного комплекса.

На территории провинции Гренвилл широко распространены интрузии сиенитов. Они известны практически во всех зонах провинции, но наиболее широко развиты в Центральном Метаосадочном поясе, в складчатом поясе Вэйхэм-Бей и его окрестностях, в ядерной части Центрального Минерального пояса. В настоящее время ряд таких интрузий детально изучен в Центральном Метаосадочном поясе [22]. Массивы сиенитов прорывают повсеместно метатерригенно-мраморовые разрез, имеют незначительные размеры и достаточно сложное внутреннее строение.

Радиометрические данные по этой группе интрузий характеризуют широкий возрастной диапазон – от 850 до 1226 млн лет [21]. В целом по провинции этот интервал ещё шире (см. ниже).

Гораздо разнообразнее гранитоидные комплексы на востоке Гренвиллской провинции, где выделяется один из крупнейших батолитов – Транслабрадорский (рис. 5).

В настоящее время на основе детального картирования здесь выделено несколько крупных гранитоидных и гнейсовых комплексов, очень пестрых по составу [40]. Транслабрадорский батолит и ассоциирующиеся с ними породы занимают огромную территорию. Батолит очень неоднороден, но главную массу в нем составляют калишлатовые мегакристаллические гранодиориты, местами сильно рассланцованные и метаморфизованные. Значительную роль в его составе иг-

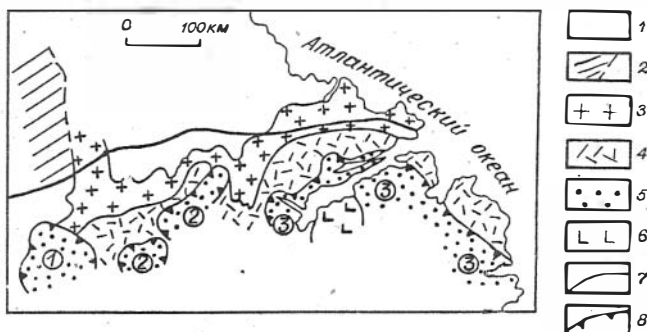


Рис. 5. Главные структурно-вещественные комплексы на востоке Гренвилльской провинции. (По работам 52, 53 с небольшими изменениями).

1 - архейские образования нерасчлененные, 2 - нижнепротерозойский Лабрадорский трог, 3 - Транслабладорский батолит, 4 - гнейсовый комплекс Гросвоте, 5 - гнейсовый комплекс Мелвилл-Лейк, 6 - интрузивный аноктозитовый комплекс Милли-Маунтинс, 7 - Гренвилльский Фронт, 8 - цифры в кружках - аллохтоны: 1 - Лейк-Джозеф, 2 - Билсон-Лейк, 3 - Кейп-Карибу. 8 - Границы аллохтонов.

рают также кварцевые монциты и слюдосодержащие граниты. Большая часть дайкового комплекса Михаел расположена в поле развития Транслабладорского батолита, прорывая его. Природа этого батолита пока неясна.

Как по интрузиям; входящим в Транслабладорский батолит, так и по другим гранитоидным массивам восточного региона провинции разными методами и по разным материалам, в том числе уран-свинцовым по цирконам, получены многочисленные радиометрические датировки. Наиболее древняя из них 1628 ± 9 млн лет [40]. На основании таких датировок здесь даже предлагается выделять самостоятельный орогенический пояс с возрастом 1650 млн лет [64]. Большинство же датировок имеют значительно меньшие значения. Геологические соотношения гранитоидов этого региона между собой и с вмещающими породами говорят о прорывании ими гнейсовых комплек-

сов, а также отложений группы Эйллик, Моран-Лейк и, возможно, Брюс-Ривер, но сами прорываются дайковым комплексом Михаел и, по-видимому, массивами анортозитового комплекса. Учитывая радиометрические датировки и не очень высокий прогрессивный метаморфизм гранитоидов, можно предполагать, что многие из массивов, входящих в состав Транслабдорского батолита, являются рифейскими. Они могли быть подводными каналами для тех кислых вулканических пород, которые в изобилии были распространены в провинции Гренвилл в это время.

ВОЗРАСТ ГЛАВНЫХ КОМПЛЕКСОВ И "ГРЕНВИЛЛЬСКИХ" СОБЫТИЙ

Данные относительного возраста. Выше упоминалось о том, что архейские и нижнепротерозойские комплексы из соседних провинций отчетливо прослеживаются на всю ширину Гренвилльской зоны. В отдельных случаях осадочно-вулканические нижнепротерозойские комплексы по устойчивым к метаморфизму маркирующим горизонтам (железорудным, кварцевым пачкам и формациям) прослеживаются и дальше в глубь провинции Гренвилл (см. рис. 1). Тем не менее, возраст большей части гранито-гнейсовых комплексов точно не установлен. Можно только предполагать, что они в подавляющей своей части являются "догрэнвилльскими", если под этим названием понимать время накопления Гренвилльской супергруппы и её аналогов. То, что Гренвилльская супергруппа залегает с резким структурным несогласием на гранито-гнейсовом фундаменте хорошо доказано как в бассейне р. Оттава, так и в районах Адирондака [49, 57, 71 и др.]. Резко несогласно на гранито-гнейсах залегают и другие осадочно-вулканические комплексы (Вэйхэм-Бей, Эйллик, Моран-Лейк и др.). Любопытно с этих позиций структурное положение формаций Симс, Блubberри-Лейк и Петскаписка (см. рис. 1). Слабометаморфизованные их осадки со структурным несогласием залегают на почти неметаморфизованных нижнепротерозойских толщах супергруппы Каниаписка, выполняющей Лабрадорский трог, далее к югу - на сильнее метаморфизованных аналогах в пределах Гренвилльской зоны и, наконец, южнее на гранулитовых гнейсах, входящих в состав гранито-гнейсового комплекса провинции Гренвилл. Таким образом, правомерно принять, что все гранито-гнейсовые комплексы, слагающие

большую часть провинции Гренвилл, являются догренвиллскими (до накопления Гренвиллской супергруппы и её аналогов) и могут рассматриваться как нерасчлененный архейско-нижнепротерозойский комплекс фундамента.

Осадочно-вулканогенные и интрузивные комплексы, залегающие резко структурно-несогласно на гранито-гнейсах фундамента, характеризуются следующими соотношениями.

На основании литологического сходства разрезы Гренвилл, Симс, Блугерри-Лейк, Вайхэм-Бей, Моран-Лейк, Эйллик могут рассматриваться как сформировавшиеся в сходных геодинамических условиях. Кроме литолого-петрографического сходства, следует принять во внимание следующие данные.

В настоящее время пока неясно, прорывает сложно построенный Альгонгский батолит Гренвиллскую супергруппу или последняя с размывом перекрывает его. Взаимоотношения между этими геологическими комплексами затемнены более поздними процессами и неясны. Наиболее древние радиометрические датировки из Альгонгского батолита, полученные калий-аргоновым методом по следам, равны 1460-1400 млн лет [57, 60]. Эти датировки, как и все другие, или равны, или даже несколько моложе принятых датировок Анортозитового комплекса, массивы из которого в Адирондаке отчетливо прорывают супергруппу Гренвилл [33, 49 и др.] .

Ряд интрузий, входящих в Транслабрадорский батолит прорывают низы группы Эйллик, но вместе с ней перекрываются несогласно отложениями Брюс-Ривер группы. Некоторые гранитные массивы (например, Оттер-Лейк) прорывают группу Брюс-Ривер, но не имеют отчетливых рвущих контактов с Транслабрадорским батолитом. Существует большая вероятность, что эти интрузии тоже принадлежат батолиту.

Кроме того, ряд исследователей достаточно обоснованно сопоставляют группу Петскаписка с группами Брюс-Ривер и Летития-Лейк [13]. Но доказано, что группа Петскаписка прорывается и метаморфизуется анортозитовым массивом Харп [13, 29]. Если принять во внимание вышеизложенное, закономерен вывод, что гранитообразование в Гренвиллской провинции проходило с начала формирования Гренвиллской супергруппы и её аналогов и до окончания накопления осадков Брюс-Ривер, Летития-Лейк и Петскаписка. Только после этого сформировались массивы анортозитового комплекса с их сложными

магматическими составляющими, вплоть до появления гранитов-рапакиви [30].

Данные по пока ещё слабо изученному осадочно-вулканогенному комплексу Вэйхэм-Бей не противоречат вышеприведённым. Доказано, что комплекс прорывается массивами гранитов, штоками сиенитов и интрузиями анортозитов [16, 48, 71].

На гранито-гнейсах, гранитах, анортозитах, а также на отложениях Петскаписка, Летития-Лейк и Брюс-Ривер залегает вулканогенно-осадочная группа Сил-Лейк. Таким образом, геологически она является наиболее молодой толщей из сохранившихся докембрийских образований. Её прослаивают многочисленные габровые и долеритовые силлы, геохимически сходные с силловым комплексом из группы Вэйхэм-Бей и роями даек Харп, Мили, а также дайково-силловым комплексом Шабогамо [13, 16, 40, 56]. Логично предположить, что все многочисленные рои даек в своё время входили как составные части в более сложные магматические комплексы, в которых кроме них присутствовали силлы и обширные экструзии. Другими словами, на месте и в окрестностях этих роев даек в позднем докембрии существовали комплексы, по магматизму сходные с комплексами, принадлежащими Сил-Лейк, Вэйхэм-Бей и др. Эти предположения, как нам представляется, правомерно распространить на гранитоидные интрузии и кислый вулканизм. Что касается осадочных пород, переслаивающихся, возможно, с предполагаемыми интрузивными телами, то судить об их характере можно только на основе сравнительного анализа с другими регионами.

Совсем неясно пока положение формации Дабл-Мер [39, 40, 59]. Местами она достаточно сильно деформирована, но слабо метаморфизована. Литологически эта формация принципиально отличается от нижнепалеозойских отложений, перекрывающих южную и юго-восточную периферию провинции Гренвилл.

В итоге, если исключить из рассмотрения формацию Дабл-Мер, геологические данные позволяют утверждать следующее.

1. В провинции Гренвилл присутствуют два докембрийских структурно-вещественных комплекса: гранито-гнейсовый и осадочно-магматический.

2. Структурно несогласно осадочно-магматический комплекс перекрывает гранито-гнейсовый, а плутонические тела прорывают как его, так и осадочно-вулканогенные породы провинции Черчилл и

Нейн. Местами по южной и юго-восточной периферии образования провинции Гренвилл перекрываются нижнепалеозойскими осадками. Таким образом, осадочно-магматический комплекс провинции Гренвилл располагается в возрастной вилке ранний протерозой – ранний палеозой и, следовательно, является рифейским в соответствии с принятой в нашей стране стратиграфической схемой.

3. Последовательность внутри осадочно-магматического комплекса может быть намечена следующими событиями. Накопление высокозерных ("платформенных") осадков, фациально-замещавшихся местами вулканогенными континентальными и преимущественно кислыми породами. Эти "платформенные" толщи прорывают многочисленные интрузии гранитоидов разной формы, состава и размеров. Часть из них являлась, вероятно, подводными каналами для кислых экзотрузий. Далее следует формирование Анортозитового комплекса. После поднятия и денудации снова начинается накопление вулканогенно-осадочных отложений, возможно, частично морских. При этом магматические процессы не прекращаются, формируются обильные дайковые комплексы и пластовые интрузии преимущественно основного состава. После этого, по-видимому, в допалеозойское время, проходят складчатость и метаморфизм.

Данные радиометрического возраста. Для более точной привязки осадочно-магматических серий провинции Гренвилл к известным внутририфейским рубежам кратко проанализируем существующие радиометрические данные.

Для анализа автор использовал около 600 датировок, полученных с начала 50-х годов различными методами по разным минералам и породам из магматических образований провинции Гренвилл и из интрузивных комплексов, расположенных частично на территории провинций Черчилл и Нейн. Около полутысячи известных: до 1976 года датировок сведены в таблице К.Х. Стоквеллом [60]. Около сотни анализов, полученных в более поздние годы преимущественно рубидий-стронциевым и самарий-ниодимовым изохронными и уран-свинцовым по циркону методами, заимствованы из других источников. Многие датировки достаточно часто повторяются в более поздних сводках. Так как автором не ставилась задача детального рассмотрения всех аспектов этих многочисленных датировок, то в список использованных источников включены только те, в которых содержатся эти данные наиболее полно [10, 11, 13, 15, 16, 18, 23, 25-28, 30-36, 39-42, 48, 49, 54, 56, 58, 64, 66, 71 и др.].

Отметим, что имеющийся "банк" радиометрических датировок по Гренвиллской провинции (по-видимому, и по другим тоже) требует отдельного всестороннего анализа. Результаты, изложенные ниже, только субъективная попытка использовать эти данные для уточнения положения в хроностратиграфической шкале охарактеризованных выше толщ рифея.

В целом датировки, полученные разными методами и по разным минералам и породам из отложений Гренвиллской провинции, попадают в интервал от 3760 до 340 млн лет. В большинстве интерпретаций первые из них объявляются "удревненными", вторые - "омоложенными". Первые получены по биотиту из гранитоидов гранито-гнейсового комплекса калий-аргоновым методом [18, 60], вторые - этим же методом по роговым обманкам из сиенитов и нефелиновых сиенитов [60]. Могут ли эти датировки отражать возраст формирования гранитов и сиенитов соответственно? Безусловно. Например, анализы по гранито-гнейсам получены из толщ, для которых не исключен раннеархейский геологический возраст, верхний хронологический предел которого оценивается канадскими геологами в 3,4-3,5 млрд лет [60 и др.]. Хорошо известно, что породы этого возраста выступают как фундамент для зеленокаменных поясов [14]. Эти породы широко проявлены в провинции Сьюпириор и могут продолжаться в провинцию Гренвилл. Вышесказанное в полной мере относится и к слабо- или совсем метаморфизованным сиенитам, слагающим небольшие по размерам тела, размещенные в гранито-гнейсовом дорифейском фундаменте.

На интервал времени от 1700 до 2700 млн лет приходится около двух десятков датировок, полученных калий-аргоновым и рубидий-стронциевым изохронным методами по слюдам и роговой обманке преимущественно из гранитоидов и гнейсов. Пять датировок этого интервала получены уран-свинцовым методом по циркону. Все эти датировки выстраиваются параллельно вектору хроностратиграфической шкалы и не представляют пока большого интереса.

Около трех десятков датировок попадают в интервал 800-350 млн лет. Получены они преимущественно калий-аргоновым методом по слюдам и амфиболам из нефелиновых сиенитов, монцонитов, карбонатитов и реже из гранитов и анортозитов. Эти датировки уже представляют интерес хотя бы потому, что, как уже указывалось выше, ряд авторов настаивают на наличии молодого комплекса анор-

тозитов [45, 46], а другие — на проявлении в Гренвиллской провинции Авалонских событий [60]. Но как и древние цифры, датировки этого диапазона не контролируются какими-либо геологическими данными.

Наибольшее количество датировок попадает в интервал 1700–800 млн лет. Начиная с рубежа в 1700 млн лет, количество датировок, полученных по всем типам осадочных, магматических и метаморфических пород всеми известными в настоящее время методами, постепенно нарастает и достигает максимума в интервале 950–1050 млн лет, после которого резко снижается практически до нуля на интервале 800–750 млн лет. Главная масса датировок (несколько сотен), приходящаяся на максимум, получена по гранитоидам, пегматитам, гнейсам и кристаллическим сланцам. В чуть более широкий интервал попадают практически все датировки, полученные по осадочным породам: сланцам, кварцитам, мраморам.

Таковы общие особенности распределения радиометрических датировок, которые, собственно, и свидетельствуют о мощных и широко проявленных событиях, трактуемых как "гренвиллские".

Но уже в конце 70-х, начале 80-х годов было подмечено, что "гренвиллские" события начинают "расплываться" по шкале. Анализ радиометрических датировок по разным интрузивным комплексам, с одной стороны, привел к выводу, что они являются далеко не одновременными [30, 60], с другой — показывал, что на гистограммах четко намечалось два максимума, соответствующие 1050–1100 и 900 млн лет [11]. Первый максимум выстраивался из датировок, полученных рубидий–стронциевым изохронным и уран–свинцовым по цирконам методами, а второй — калий–аргоновым методом по разнообразным минералам и породам. Проведившиеся проверки точности датировок разными методами при пересечении Гренвиллской зоны, т.е. от неметаморфизованных отложений севернее фронта, через зонально метаморфизованную Гренвиллскую зону к более внутренним, интенсивно метаморфизованным зонам, хотя и показывали на резкое "омоложение" датировок в целом, но какой-либо устойчивой закономерности по методам не давали [18, 60 и др.] .

Опубликованные после 1975 года датировки, среди которых преобладают самарий–ниодимовые изохронные и уран–свинцовые по сфену и цирконам, скорее усложнили, нежели уточнили ситуацию. Действительно, по метаанортозитам и норитам датировки не выходят

за рамки 1100–950 млн лет. В то же время по адамеллитам, присутствующим в тех же комплексах, нижний рубеж достигает 1460 млн лет. Причем датировки по этим магматическим телам концентрируются в двух максимумах: 1460 и 1320 млн лет. Широкий и неравномерный "разброс" датировок наблюдается и по сиенитам, сиенит-порфирам, граносиенитам и другим щелочным магматитам, которые связаны, как полагают, генетически и структурно с анортозитовыми комплексами. Датировки по этим массивам укладываются в интервал от 1700 до 350 млн лет с возможными максимумами 1620, 1250, 1050, 900, 650 млн лет. Сходная картина наблюдается и с другими магматитами: габбро, монцититами, вулканогенными породами и др.

Какими же возрастными значениями сейчас определяются вещественные комплексы в провинции Гренвилл и чему отвечает Гренвилльский максимум, который, собственно, и означает все те события, названия которых начинаются со слова "Гренвиллские"?

Радиометрические датировки из Моран-Лейк, Эйлик и Петскаписка, которые отражают время их возможного формирования, попадают на интервал 1750–1520 млн лет^х. Эти комплексы прорываются интрузиями Транслабрадорского батолита, радиометрические датировки которого варьируют в рамках 1500–1650 млн лет. Сходные датировки (1526 ± 44 , 1538 ± 25 млн лет и др) получены рубидий-стронциевым изохронным и уран-свинцовым по цирконам методами из магматитов групп Брукс-Ривер и Летития-Лейк. Эти группы, как указывалось выше, прорываются гранитами Оттер-Лейк, датированными в 1450 млн лет. Напомним, что граниты Летития-Лейк, возможно, принадлежат Транслабрадорскому батолиту, ибо контакты между ними очень неопределенны [40].

Все указанные породы прорываются анортозитовым комплексом, верхним возрастным пределом которого все чаще указывается рубеж в 1500 млн лет.

Датировки по магматитам из Центрального Метаосадочного пояса и из группы Вэйхэм-Бей, по-видимому, омоложены. Например, аляскитовые граниты из фундамента, на котором залегает супергруппа Гренвилл, датируются рубидий-стронциевым методом в 1429 ± 58 млн лет. Но как уже указывалось выше, приблизительно в 1400 млн лет датирован Альгонгский батолит. Этим же методом из

^х Конкретные цифры и методы их получения читатель найдет в источниках, указанных выше и опущенных здесь в целях разгрузки текста.

вулканогенных пород супергруппы получены датировки в 1068 ± 51 , 1231 млн лет, а из метавулканогенных пород верхов её – в 1286 ± 15 млн лет. Омоложенными, по-видимому, являются и датировки из анортозитов, сиенитов и гранитоидов Адирондакских гор. Но если геологические корреляции супергруппы Гренвилл с формацией Симс, а последняя – с формацией Петскаписка корректны, тогда близки и их возрасты: древнее рубежа 1500 млн лет.

Таким образом, геологические данные и, частично, радиометрические датировки позволяют принять раннерифейский возраст вулканогенно-осадочных толщ "платформенного" облика, а также гранитоидных и анортозитовых комплексов, их прерывающих. В настоящее время канадскими исследователями они относятся к раннему палеогеликию, возрастные рубежи которого определяются в 1750 – 1500 млн лет, по К.Х.Стоквеллу [60].

Многочисленные радиометрические датировки из вулканогенных пород и интрузивных тел Габбрового комплекса, которые отражают их возможный возраст образования, варьируют от 1500 до 1300 – 1250 млн лет. Датировки, полученные в последние годы из Габбрового комплекса Шабогамо, дайковых роев Харп, Михаел, Милли и других рубидий–стронциевым, самарий–ниобимовым изохронным и уран-свинцовым по цирконам методами, достаточно устойчиво указывают на рубеж в 1350 – 1400 млн лет. Если принять во внимание геологические данные и вышеуказанные датировки, то необходимо принять возраст комплекса Сил–Лейк и прерывающих его даек как раннесреднерифейский. В канадских шкалах он соответствует самому раннему неогеликию [60].

Следует обратить внимание на следующее обстоятельство. Среди дайковых комплексов имеются тела с радиометрическими возрастными в 1200 – 1000 млн лет. По геохимическим, радиометрическим и геологическим данным они могут быть аналогами даек и силлов, пронизывающих магматический комплекс Кивино, многочисленные датировки из которого попадают в этот же интервал геохронологической шкалы [60, 65]. Возможно, что такого типа образования, существовавшие в конце среднего рифея в Гренвиллской провинции в настоящее время уничтожены денудацией.

Таким образом, структурно-вещественные комплексы, сохранившиеся до настоящего времени в провинции Гренвилл и располагающиеся на дорифейском фундаменте, относятся к раннему рифею и са-

мым низам среднего рифея. По-видимому, есть комплексы даек и массивы интрузий, особенно монцонитов и сиенитов, конца среднего и позднего рифея.

Какие же события отражают "Гренвиллский" рубеж? Есть два крайних варианта трактовки этого рубежа.

1. На этом рубеже действительно произошли метаморфические, складчатые и орогенные процессы, которые собственно и отражены в датировках. При такой трактовке можно предположить, что в позднем рифее на месте Гренвиллской провинции существовал складчатый пояс, снивелированный к началу палеозойского (возможно, вендского) осадконакопления. Сохранившиеся в небольших количествах рифейские комплексы не дают возможности при таком предположении оценить ту геодинамическую обстановку, в которой сформировались эти комплексы. По крайней мере, они "нестандартны" и не укладываются в существующие геодинамические "концепции". При такой трактовке было бы логичным ожидать отсутствие датировок моложе этого рубежа.

2. Этот рубеж отражает "мнимые" или "запаздывающие" события. Каковы же послышки к подобному предположению?

1. Если исключить датировки по Анортзитовому, Габровому и, частично, по Гранитоидному комплексам, попадающие в "Гренвиллский" максимум, как заведомо омоложенные, то подавляющее большинство датировок, образующих "Гренвиллский" максимум, оказываются полученными по гранитам и гранито-гнейсам дорифейского возраста, т.е. являются, несомненно, "омоложенными". Степень их омоложения очень неопределенна, так как временной диапазон процессов "гренвиллского" омоложения следует, по-видимому, оценивать в несколько сотен миллионов лет. В этот диапазон могут входить и предпалеозойские события.

2. "Гренвиллский" возрастной максимум", фиксирующийся в частности в Гренвиллском фронте (биотитовой изограде), отчетливо несогласно вычленивается на все осадочно-вулканогенные и магматические комплексы, в том числе даек и сиенитов, возраст которых может быть значительно моложе рубежа 1100-1000 млн лет. Кстати, рой даек на Ньюфаундленде, сопоставляемый с некоторыми роями Гренвиллской провинции, имеет радиометрические датировки в 850-600 млн лет [13, 40, 50, 51, 62] и метаморфизован в палеозойское время. Таким образом, есть основание полагать, что метаморфизм в

Гренвиллской провинции проявился, возможно, в предпалеозойское время.

3. Практически из всех интрузивных комплексов рифейского возраста получены датировки много моложе Гренвиллского максимума. Наглядным примером могут служить датировки из анортозитового комплекса в 550–570 млн лет [45, 46]. Такие датировки заставляют предположить метаморфические или какие-либо другие процессы, проходившие в интервале нижнего рубежа палеозоя, которые и могли привести к омоложению датировок из магматитов.

4. Присутствующие в ближайших к Гренвиллской провинции районах Аппалачской складчатой области среднерифейские и в обилии сохранившиеся здесь верхнерифейские толщи были метаморфизованы только в раннепалеозойское время. Неметаморфизованными остаются и большинство вулканогенных и интрузивных комплексов среднего и верхнего рифея, широко развитых под чехлом южной части Североамериканской платформы и входящих в её чехольное образование [4, 5, 37].

Учитывая вышесказанное, автор склоняется ко второй трактовке и полагает, что Гренвиллский максимум радиометрических датировок в одноименной провинции отражает мнимый, "фиктивный" рубеж. Фиктивными представляются и все события, связывающиеся с этим рубежом. По-видимому, в этом следует искать несовпадение "радиометрического" и "биологического" рубежей при определении границы между средним и верхним подразделениями рифея [21].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Рассмотрение геологических, радиометрических и других данных по Гренвиллской провинции показало, что в общем виде здесь выделяются два крупных структурно-вещественных комплекса (тектонических этажа): дорифейский гранито-гнейсовый и рифейский осадочно-магматический.

Гранито-гнейсовый комплекс сложен архейскими и нижнепротерозойскими глубоко метаморфизованными образованиями, достаточно уверенно выделяемыми только в Гренвиллской зоне. В остальных зонах провинции такое разделение обычно не проводится. Большие трудности возникают при определении гранитоидных интрузий как

дорифейского, так и более молодого возраста в пределах распространения гранито-гнейсового комплекса. Условно выделяются на западе - дорифейский Альгонгский батолит, а на востоке - нижне-рифейский Транслабрадорский.

В соответствии с приведённым выше определением Р.Д.Хатчера архейско-нижнепротерозойский гранито-гнейсовый комплекс является фундаментом для вышележащих остатков складчато-метаморфизованных пород рифея и нескладчатых неметаморфизованных отложений нижнего палеозоя.

Остатки рифейского комплекса в целом сложены мелководными морскими, лагунными и континентальными осадочными отложениями, ассоциирующимися местами с вулканогенными толщами кислого, основного и реже среднего составов. Формирование комплекса началось накоплением высокозрелых и высокоглинозёмистых терригенных (продукты кор выветривания) и карбонатных пород на предельно неплензированной поверхности. Эти отложения формировались на обширных аллювиальных равнинах, по краю которых местами осаждались эвапоритовые осадки.

Одновременно с такими специфическими осадками формировались вулканогенные толщи из коровых очагов магматизма. Резко повышенная толщина комплексов там, где отсутствуют вулканы, свидетельствует о формировании этих толщ в структурах проседания типа грабенов (трогов, авлакогенов) или узких линейных глубоко прогнутых бассейнов. Ориентировка прогибов Гастингс, Моран-Лейк, Эйлик, Вэйхэм-Бей и, возможно, других была в то время субмеридиональной, в отличие от более поздней субширотной ориентировки Гренвиллской зоны. Такие структурные направления подтверждаются и закономерностью распространения интрузивных, в частности Анортозитового, комплексов (см. рис. I).

Если допустить, что Гранитоидный и Анортозитовый комплексы прорывали фундамент и внедрялись только в самые низы рифейских толщ, то следует признать, что толщина последних в то время была очень значительной. Принимая во внимание предположения о глубине формирования анортозитовых массивов в 4-4,5 км и данные о толщине супергруппы Гренвилл и её аналогов, необходимо допустить наличие "чехольных" отложений нижнего рифея к юго-востоку от палеогеологической границы (см. рис. I) в начальные этапы развития толщиной много более 5 км.

Судя по фрагментарным данным, отражающим соотношения отдельных толщ внутри нижнерифейского комплекса, он не был формированием одноактным. Это подтверждается наличием разрывов, несогласий и усилением метаморфизма в нижних его частях. Однозначно утверждать можно только то, что этот комплекс не подвергался региональной складчатости. Известные условные несогласия, как можно полагать, формировались локально: в зонах многочисленных крупных разрывов и в приконтактных зонах интрузий. Часть их обусловлена перекосом блоков, ограниченных разрывами. В среднем рифее, по-видимому, резко усилилась магматическая деятельность как кислого, так и особенно основного состава, сопровождавшаяся формированием молассоидных отложений, частично сохранившихся в прогибе Сил-Лейк. Многочисленные дайки, рои даек, обширные силловые тела, значительное количество гранитоидных, монцонитовых и сиенитовых массивов служили подводящими магму каналами. Распространение их по всей Гренвиллской провинции, а также по южной части провинций Черчилли и Нейн свидетельствует, как представляется, о широком распространении отложений среднего рифея. Северо-западная граница распространения среднерифейских образований, по-видимому, была несколько переориентирована, и простираение её стало более конформным по отношению к Гренвиллскому Фронту.

Выше уже отмечалось, что одним из критериев для определения местоположения Гренвиллского Фронта является "молодой" метаморфизм. Так или иначе с ним связаны складчатые и разрывные деформации. Он влияет также на значения радиометрических датировок. Если учесть, что Гренвилльский Фронт, зафиксированный по этому признаку, несогласно накладывается почти на все стратиграфические комплексы Центрального Минерального пояса, в том числе и на самые молодые в нем отложения группы Сил-Лейк [12, 13, 60], то следует, что метаморфизм, по-видимому, проявился после среднего рифея. Приняв во внимание значительное количество цифр, полученных разными методами из рифейских гранитоидов и анортозитов, попадающих в интервал 550-600 млн лет, можно предположить вендский, а может быть, и раннекембрийский возрасты метаморфизма. В этом случае реально существующими будут некоторые единичные гранитные, монцонитовые и сиенитовые интрузии, датированные разными методами в интервале 1300-600 млн лет. По-видимому, интенсивные воздымания и сопровождающая их денудация где-то на рубеже

кембрия и докембрия (а также, частично, и в послекристаллическое время) привели к полному исчезновению существующих до этого верхнерифейских толщ, частично - средне- и нижнерифейских толщ. В некоторых районах в значительной степени денудирован комплекс фундамента. В результате глубокой денудации в современной структуре обнажились очень глубокие горизонты интрузий (а может быть, и неглубоко залегавшие магматические камеры), а также позднекембрийских толщ, подвергшихся гораздо более сильному метаморфизму.

Сейчас невозможно оценить толщину денудированных комплексов, хотя, исходя из сохранившихся разрезов, она вряд ли была меньше 10-15 км. Близкими цифрами характеризуются, как известно, позднедокембрийские сходного состава толщи многих регионов мира, в том числе и сибирских: Енисейского края, Байкало-Латомской дуги, Кудомо-Майского прогиба.

Глубокая денудация, о которой свидетельствуют обилие "корней" магматизма и глубокий "молодой" метаморфизм древних, вмещающих эти "корни", комплексов, послужила, как представляется, причиной выделения нового тектонотипа: областей диасхизиса [8 и др.] или зон тектонотермальной переработки [3]. По-видимому, денудационный срез в большинстве палеозойских и мезозойских складчатых областей в конечном счёте обнажит "область диасхизиса" ("зону тектонотермальной переработки"). Таким образом, представляется, что "область диасхизиса" это не новый тектонотип, а отражение мощных процессов разрушения и глубокой денудации. Если это так, то нетрудно по степени магмопроявления и метаморфизма выделить уровни (ранги) глубины денудации.

Суммируя сказанное в качестве ответа на поставленные в начале публикации вопросы, можно констатировать следующее. В провинции Гренвилл присутствуют два главных структурно-формационных комплекса: нижний, сложенный гранито-гнейсами архейско-протерозойского возраста и отвечающий понятию фундамента, и верхний, сложенный остатками зонально (пятнисто?) метаморфизованных осадочно-магматических рифейских пород, отвечающих "складчатому чехлу" на этом фундаменте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башарин А.К. Нижняя граница и некоторые структурно-формационные особенности рифея Сибири// Геол. и геофиз. - 1981. - № 12. - С. 14-24.
2. Богатиков О.А. Анортозиты. - М.: Наука, 1979. - 231 с.
3. Божко Н.А. Поздний докембрий Гондваны. - М.: Недра, 1984. - 232 с.
4. Докембрий континентов. Северная и Южная Америка. - Новосибирск: Наука, 1976. - 240 с.
5. Докембрий континентов. Основные черты тектоники. - Новосибирск: Наука, 1977. - 264 с.
6. Салоп Л.И. Общая стратиграфическая шкала докембрия. - Л.: Недра, 1973. - 310 с.
7. Салоп Л.И. Геологическое развитие Земли в докембрии. - Л.: Недра, 1982. - 343 с.
8. Семихатов М.А. Стратиграфия и геохронология протерозоя. - М.: Наука, 1974. - 302 с.
9. Хаин В.Е. Особенности тектонического развития земной коры в раннем докембрии - действительные и мнимые//Проблемы геологии раннего докембрия. - Л., 1977. - С. 5-12.
10. Ashwal L.D., Wooden J.L. Sm-Nd isotopic studies of Proterozoic anorthosites: systematics and implications//The Deep Proterozoic Crust in the North Atlantic Provinces. - Dordrecht, 1985. - P. 61-74.
11. Baer A.I. Two orogenies in the Grenville Belt? - Nature. - 1981. - Vol. 290. - P. 129-131.
12. Baragar W.R.A. Seal Lake Group, Labrador// Pap. Geol. Surv. Can. - 1978. - № 77-14. - 37 p.
13. Baragar W.R.A. Tectonic and regional relationships of the Seal Lake and Bruce's River magmatic provinces//Bull. Geol. Surv. Can. - 1981. - № 314. - 72 p.
14. Baragar W.R.A., McGlynn J.C. Early Archean basement in the Canadian Shield: a review of the evidence//Pap. Geol. Surv. Can. - 1976. - № 76-14. - 21 p.
15. Bell K. Will the real Grenville Orogeny please stand up. //Nature. - 1981. - Vol. 290. - P. 89-90.

16. Bourne J.H. Geochemistry of the felsic metavolcanic rocks of the Wakeham Group: a metamorphosed peralkaline suite from the eastern Grenville Province, Quebec, Canada//Can.J.Earth Sci. - 1986. - Vol. 23, № 7. - P. 978-984.

17. Bridgwater D., Windley B.F. Anorthositic, post - orogenic granites, acid volcanic rocks and crustal development in the North Atlantic Shield during the mid - Proterozoic//Special Public. Geol. Soci. South Africa, 1973. - № 3. P. 307-317.

18. Brooks G., Wardle R.J., Rivers T. Geology and geochronology of Helikian magmatism, western Labrador//Can.J.Earth Sci. - 1981. - Vol. 18, № 7. - P. 1211-1227.

19. Brown J.S., Engel A.E.J. Revision of stratigraphy and structure in the Balmat - Edwards district, northwest Adirondacks, New York//Geol. Soc. Amer.Bull. - 1956.-Vol. 67, № 12. - P. 1599-1622.

20. Ciesielski A., Oullet E. Le Front de Grenville dans la region de Chiboudamau (Quebec)//Pap. Geol. Surv. Can. - 1985. - № 85-1B. - P. 303-317.

21. Corriveau L. Account of field observations on rock units and structural features of the Mont-Laurier area, Central Metasedimentary Belt of the Grenville Province//Pap. Geol. Surv. Can. - 1984. - № 84-1A-P. 303-306.

22. Corriveau L. Precambrian syenitic plutons, Central Metasedimentary Belt, Grenville Province of Quebec//Pap.Geol.Surv. Can. - 1985. - № 85-1A. - P. 165-174.

23. Currie K.L., Loveridge W.D. Geochronology of retrogressed granulites from Wilson Lake, Labrador//Pap. Geol. Surv. Can. - 1985. - № 85-1B. - P. 191-197.

24. Curtis L.W., Currie K.L. Geology and petrology of the Red Wine alkaline complex, central Labrador//Bull. Geol. Surv. Can. - 1981. - № 294. - 61 p.

25. Dallmeyer R.D. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mineral age record of variably superimposed Proterozoic tectonothermal events in the Grenville Orogen, Central Labrador//Can.J.Earth.Sci. - 1987. - V.24, №2. - P. 314-333.

26. Dallmeyer R.D., Rivers T. Recognition of extraneous argon components through increment-release $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analysis of biotite and hornblende across the Grenvillian metamorphic gradi-

- ent in south-western Labrador//*Geochimica et Cosmochimica Acta*. - 1983. - Vol.47, № 3. - P. 413-428.
27. Davidson A. Tectonic framework of the Grenville Province in Ontario and Quebec, Canada//*The deep Proterozoic crust in the North Atlantic Provinces*. - Dordrecht, 1985. - P. 133-150.
28. Davidson A., Nadeau L., Grant S.M., Pryer L.L. Studies in the Grenville Province of Ontario//*Pap.Geol.Surv.Can.* - 1985. - № 85-1A. - P. 463-483.
29. Emslie R.F. The geology of the Michikamau intrusion, Labrador//*Pap. Geol. Surv. Can.* - 1970. - № 68-57. - 85 p.
30. Emslie R.F. Anorthosite massifs, rapakivi granites and Late Proterozoic rifting of North America//*Precambrian Res.* - 1978. - Vol. 7, № 1. - P. 61-98.
31. Emslie R.F. Elsonian magmatism in Labrador: age, characteristics and tectonic setting//*Can. J. Earth. Sci.* - 1978. - Vol. 15, № 3. - P. 438-453.
32. Emslie R.F. The coronitic Michael gabbros, Labrador: assessment of Grenvillian metamorphism in northeastern Grenville Province// *Pap.Geol.Surv.Can.* - 1983. - № 83-1A. - P. 139-145.
33. Emslie R.F. Proterozoic anorthosite massifs//*The Deep Proterozoic Crust in the North Atlantic Provinces*. - Dordrecht, 1985. - P. 39-60.
34. Emslie R.F., Loveridge W.D., Stevens R.D. The Mealy dykes, Labrador: petrology, age, and tectonic significance// *Can. J. Earth Sci.* - 1984. - Vol. 21, № 4. - P. 437-446.
35. Erdmer P. Precambrian geology of the Double Mer - Lake Meville region, Labrador//*Pap. Geol. Surv. Can.* - 1984. - № 84-18. - 37 p.
36. Fahrig W.F., Loveridge W.D. Rb-Sr study of the Michael gabbro, Labrador//*Pap.Geol.Surv.Can.* - 1981. - № 81-1C. - P. 99-103.
37. Flawn P.T., Muehlberger W.R. The Precambrian of the United States of America: south-central United States//*The Precambrian Intersci.* - 1970. - Vol. 3. - P. 72-144.
38. Geological Map of Canada scale 1 : 5 000 000. - *Geol. Surv. Can.*, Ottawa. - 1968.
39. Gower C.F. Geology of the Double Mer White Hills and surrounding region, Grenville Province, eastern Labrador//*Pap. Geol. Surv. Can.* - 1984. - № 84-1A. - P. 553-561.

40. Gower C.F. Geology of the Double Mer White Hills and surrounding region, Grenville Province, Eastern Labrador//Pap. Geol. Surv. Can. - 1986. - №86-15. - 50 p.
41. Gower C.F., Owen V. Pre-Grenvillian and Grenvillian lithotectonic regions in eastern Labrador—correlations with the Sveconorwegian Orogenic Belt in Sweden//Can. J. Earth Sci. -1984 - Vol. 21, № 6. - P. 678-693.
42. Gower C.F., Ryan A.B., Bailey D.G., Thomas A. The position of the Grenville Front in eastern and central Labrador//Can. J. Earth. Sci. - 1980. - Vol. 17, № 6. - P. 784-788.
43. Guidebook for Southern Appalachian field trip in the Carolinas, Tennessee and northeastern Georgia//North Carolina Geol. Surv. - 1979. - 117 p.
44. Herz N. Anorthosite belts, continental drift and the anorthosite event//Science. - 1969. - Vol. 164. - P. 944-947.
45. Higgins M.D., Doig R. 540-Myr-old anorthosite complex in the Grenville province of Quebec, Canada//Nature. - 1977. - Vol. 267. - P. 40-41.
46. Higgins M.D., Doig R. The Sept Iles anorthosite complex: field relationships, geochronology, and petrology//Can. J. Earth Sci. - 1981. - Vol. 18, № 3. - P. 561-574.
47. Kehlenbeck M.M. Tectonic evolution of the Lac Ronvray anorthosite mass, Quebec//Can. J. Earth Sci. - 1972. - Vol. 9, № 12. - P. 1640-1649.
48. Loveridge W.D. U-Pb ages on zircon from rocks of the Lac de Morhiban map area, Quebec//Pap. Geol. Surv.Can. - 1986. - № 86-1A. - P. 523-530.
49. McLelland J.M., Isachsen Y.M. Geological evolution of the Adirondack Mountains:a review//The deep Proterozoic crust in the North Atlantic provinces. - Dordrecht, 1985. - P. 175-216.
50. Owen J.V., Campbell J.E.M., Dennis F.A.R. Geology of the Lake Michael area, Lond Range Inlier, western Newfoundland//Pap. Geol. Surv.Can. - 1987. - № 87-1A. - P. 643-652.
51. Owen J.V., Machin D.C. Petrography and geochemistry of Some mafic dykes in the Lond Kange Inlier, western Newfoundland //Pap. Geol. Surv.Can. - 1987. - № 87-1A. - P. 305-317.
52. Poole W.H., Sanford B.V., Williams H., Kelley D.G. Geology of southeastern Canada//Economic geol.report. Geol. Surv. Can. - 1970. - № 1. - P. 227-304.

53. Rivers T. The northern margin of the Grenville Province in western Labrador-anatomy of an ancient orogenic front//Precambrian Res. - 1983. - Vol. 22, № 1-2. - P. 41-73.

54. Rivers T., Nunn G.A.G. A reassessment of the Grenvillian Orogeny in western Labrador//The deep Proterozoic crust in the North Atlantic Provinces. - Dordrecht, 1985. - P. 163-174.

55. Roy J.L., Fahrig W.F. The paleomagnetism of Seal and Jroteou rocks from the Grenville Front, Labrador: polar wandering and tectonic implications//Can. J. Earth Sci. - 1973. - Vol. 10, № 8. - P. 1279-1301.

56. Ryan B. Volcanism, sedimentation, plutonism and Grenvillian deformation in the Helikian basins of Central Labrador//Pap. Geol. Surv. Can. - 1981. - № 81-10. - P. 361-378.

57. Sims P.K., Card K.D., Lumbers S.B. Evolution of early Proterozoic basins of the Great Lakes region//Geol. Surv. Can. - 1981. - № 81-10. - P. 379-397.

58. Smyth W.R., Marten B.E., Ryan A.B. A major Aphebian-Helikian unconformity within the Central Mineral Belt of Labrador: definition of new groups and metallogenic implications//Can. J. Earth Sci. - 1978. - Vol. 13, № 12. - P. 1954-1966.

59. Stevenson I.M. Rigolet and Groswater Bay map-areos, Newfoundland (Labrador) (13I, 13II)//Pap. Geol. Surv. Can. - 1970. - № 69-48. - 24 p.

60. Stockwell C.H. Proposals for time classification and correlation of Precambrian rocks and events in Canada and adjacent areas of the Canadian Shield. Part 1: a time classification of Precambrian rocks and events//Pap. Geol. Surv. Can. - 1982, - № 80-19. - 135 p.

61. Stockwell C.H., McGlynn J.C. Emslie R.F. et al. Geology of the Canadian Shield//Geonomic geol. report. Geol. Surv. Can. - 1970. - P. 43-150.

62. Stukas W.R., Reynolds P.H. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of the Long Range dykes of Newfoundland//Earth and Planetary Sci. Letters. - 1974. - Vol. 22. - P. 256-266.

63. Taylor F.C. A revision of Precambrian structural provinces in northeastern Quebec and northern Labrador//Can. J. Earth. Sci. - 1971. - Vol. 8, № 5. - P. 579-584.

64. Thomas A., Nunn G.A.G., Wardle R.J. A 1650 Ma orogenic belt within the Grenville Province of northeastern Canada//The deep Proterozoic crust in the North Atlantic Provinces. - Dordrecht, 1985. - P. 151-161.

65. Wallace H. Keweenaw geology of the Lake Superior Basin//Pap. Geol. Surv. Can. - 1981. - № 81-10. - P. 399-417.

66. Wanless R.K., Loveridge W.D. Rubidium-strontium isochron age studies, report 2//Pap. Geol. Surv. Can. - 1978. - № 77. - P. 22.

67. Wardle R.J., Bailey D.G. Early Proterozoic sequences in Labrador//Pap. Geol. Surv. Can. - 1981. - № 81-10. - P. 311-359.

68. Ware M.J., Hiscott R.H. Sedimentology of Proterozoic cratonic sheet sandstones of the eastern Canadian Shield: Sims Formatioin, Labrador, Canada//Precambrian Res. - 1985. - Vol. 30 № 1. - P. 1-20.

69. Wiebe R.A. Anorthosite and associated plutons southern Nain complex, Labrador//Can. J. Earth Sci. - 1978. - Vol. 15, № 8. - P. 1326-1340.

70. Wiebe R.A. Proterozoic basalt dikes in the Nain anorthosite complex, Labrador//Can. J. Earth Sci. - 1985. - Vol. 22, № 8. - P. 1149-1157.

71. Wynne-Edwards H.R. The Grenville Province//Variations in tectonic styles in Canada//Spec. pap. Geol. Assoc. Can.- 1972. - № 11. - P. 263-334.

72. Zindler A., Hart S.R., Brooks C. The Shabogamo Intrusive Suite; Labrador: Sr and Nd isotopic evidence for contaminated mafic magmas in the Proterozoic//Earth and Planetary Sci. Letters. - 1981. - Vol. 54, № 2. - P. 217-235.

Утверждено к печати
Институтом геологии и геофизики СО АН СССР

Технический редактор Н.Н.Александрова

Подписано к печати 12.02.88. МН 09085.
Бумага 60x84/16. Печ.л.3,0. Уч.-изд.л.2,8.
Тираж 200. Заказ 121. Бесплатно.

Институт геологии и геофизики СО АН СССР
Новосибирск, 90. Ротапринт.