

## РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРВЫХ ЭТАПОВ ПРОЕКТА FAR-DEEP

В 2007–2008 гг. сотрудники Института геологии Карельского НЦ РАН принимали участие в международном проекте FAR-DEEP (Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Early Earth Project), который осуществляется в рамках международной программы континентального бурения ICDP (International Continental Scientific Drilling Programm). Куратором проекта является проф. V. A. Melezhik (Норвежская геологическая служба, университет г. Бергена), кроме него в координационный совет входят проф. L. Kump (Пенсильванский университет, США), проф. H. Srauss (Вестфальский университет, Германия), проф. A. E. Fallick (Исследовательский реакторный центр университетов Шотландии), проф. C. Hawkesworth (Бристольский университет, Англия). Координатором проекта является А. Lepland (Норвежская геологическая служба). Проект объединяет ученых 12 стран, включая Россию.

Научная цель проекта сформулирована следующим образом: «Архейско-протерозойский переход: становление современной аэробной земной системы». Для исследований намечен ряд событий архейско-протерозойского перехода, предположительно произошедших во временных рамках от 2500 млн лет (глобальный рифтинг) до 2000 млн лет (функционирование современного стиля рециклинга органического вещества):

Глобальные оледенения (2400(?) млн лет),

Изменения глобального цикла углерода (2330(?) – 2060 млн лет),

Окислительное событие в верхней мантии (2100 млн лет),

Появление свободного кислорода в атмосфере (??? млн лет),

Появление морского резервуара сульфатов (2100 млн лет),

Первые следы нефтегенерации (2000 млн лет),

Первые фосфориты (2000 млн лет).

Для решения этих задач предполагалось получение материалов наиболее представительных и хорошо охарактеризованных частей разреза по Имандра-Варзугской, Печенгской и Онежской структурам восточной части Фенноскандинавского щита.

Проект осуществляется в три этапа: буровые операции (май – октябрь 2007 г.), архивация керн (февраль – декабрь 2008 г.) и междисциплинарное исследование керн научными группами (2008–2011 гг.).

Буровой этап осуществлен в планируемые сроки на территории Кольского полуострова и Карелии.

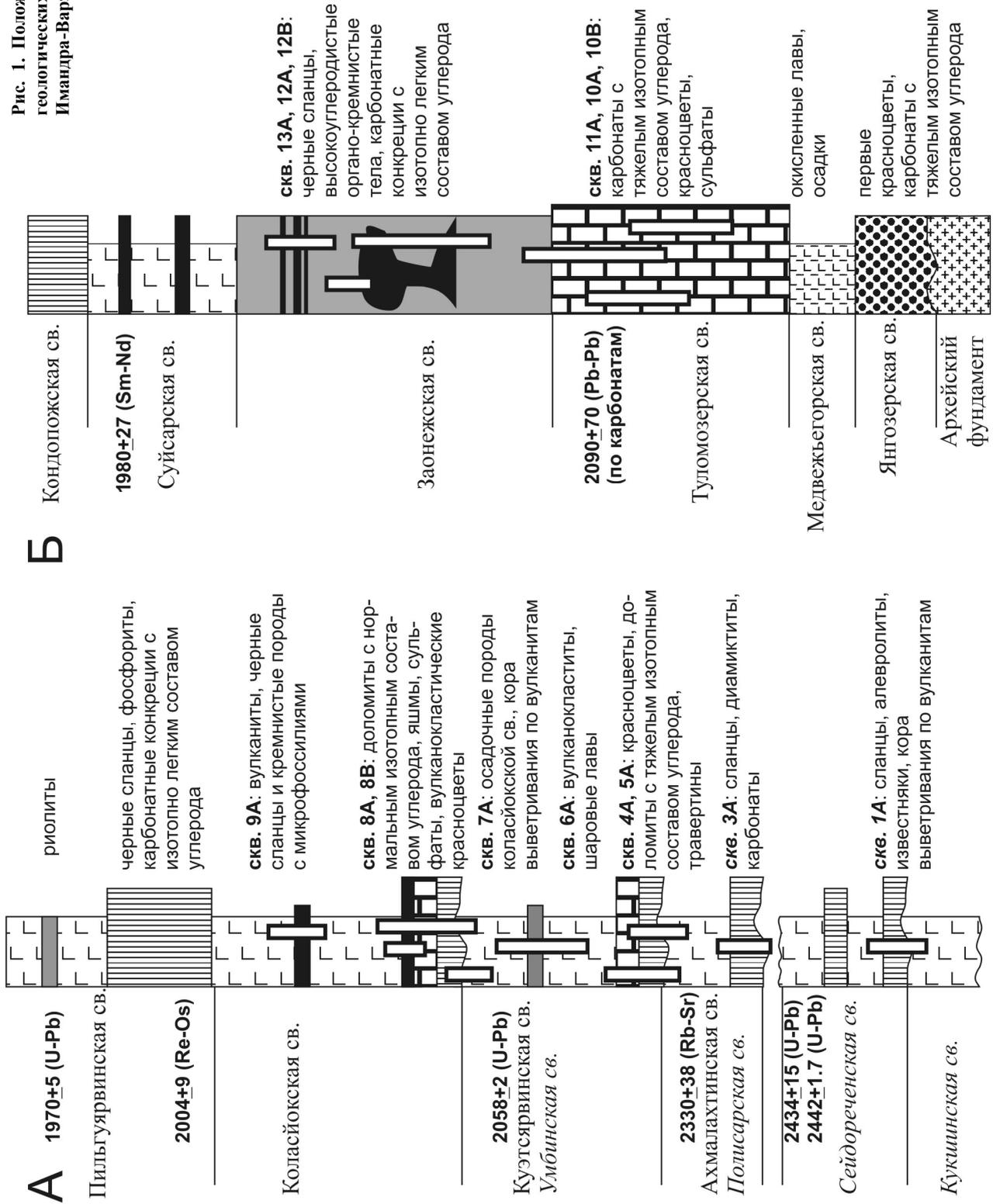
Полевые работы и буровые операции осуществлялись ГГУП СФ «Минерал» и финской компанией «SMOY», сотрудники Института геологии Карельского НЦ РАН и студенты геологических специальностей ПетрГУ участвовали в полевой обработке и описании керн. Бурение осуществлялось буровой установкой со съемным керноприемником, выход керн составил более 98%, при этом значительная часть керн ориентирована. Во время бурения выполнялось фотографирование керн каждого рейса, а также керн, уложенного в ящики. Кроме того, было выполнено первичное геологическое описание керн. Все материалы занесены в базу данных проекта.

Было пробурено 15 скважин и получен керновый материал общей длиной 3560 м, который распределен по геологическим структурам и стратиграфическим уровням следующим образом (рис. 1):

Скважина	Глубина, м	Свита (серия, формация)
<b>Печенгская структура</b>		
9A	100,8	Коласйокская
8A	46,9	Коласйокская
8B	335,0	Коласйокская, Куэтсарвинская
7A	92,5	Коласйокская, Куэтсарвинская
6A	313,2	Куэтсарвинская
5A	157,8	Куэтсарвинская, Ахмалахтинская
<b>Имандра-Варзугская структура</b>		
4A	233,9	Умбинская, Полисаркская
3A	254,5	Полисаркская
1A	199,4	Сейдореченская, Кукшинская
<b>Онежская структура</b>		
13A	239,3	Заонежская
12A	99,6	Заонежская
12B	503,4	Заонежская
11A	435,6	Заонежская, Туломозерская
10A	431,4	Туломозерская
10B	277,5	Туломозерская

В марте – мае и сентябре – декабре 2008 г. с участием сотрудников Института геологии Карельского НЦ РАН был выполнен второй этап международного проекта – архивирование керн скважин. Целью данного этапа являлась подготовка керн к исследованию его научными группами и отбор 500 архивных образцов для общей характеристики разрезов. Архивация заключалась в следующих операциях: 1) фотографирование круглого керн в ящиках, 2) измерение магнитной восприимчивости по круглому керну с детальностью 10 см, 3) пиление керн на две половины, 4) сканирование пиленого керн на специализированном высокоразрешающем аппарате, 5) детальное

Рис. 1. Положение скважин в разрезах геологических структур: Печенгской, Имандра-Варзугской (А) и Онежской (Б)



геологическое описание, 6) отбор архивных образцов, 7) фотографирование пиленого керна в ящиках для документации положения отобранных образцов, 8) изготовление шлифов и дробление проб. По отобранным образцам выполняются аналитические работы методами XRF и ICP-AES; определение содержания свободного и карбонатного углерода. Все результаты архивации, включая аналитические данные, занесены в базу данных проекта. Ознакомиться с некоторыми материалами и текущим состоянием проекта можно на сайте [www.icdp-online.org](http://www.icdp-online.org), проект Far-Deer. На этом же сайте участникам проекта доступна в полном объеме база данных.

Таким образом, в результате выполнения первых стадий проекта получен значительный объем материала для решения поставленных задач. Инициативной группой под руководством проф. В. А. Мележика планируется издание иллюстрированного атласа, представляющего полученный материал.

### Некоторые новые геологические данные, полученные в ходе реализации проекта

По мере реализации проекта и накопления большого количества фактического материала, кроме ожидаемых результатов, получен ряд новых данных, касающихся геологического строения исследуемых структур, не предвиденных в проектных разрезах скважин.

В Онежской структуре скважины, вскрывшие доломитовый комплекс туломозерской свиты (10А, 10В, 11А), показали, что значительное количество карбонатных пород являются терригенными – песчаниками, гравелитами. Обломочные доломиты чередуются с микритовыми, органогенными (строматолитовыми, онколитовыми), мощными прослоями карбонатных брекчий обрушения. Широко развиты псевдоморфозы по гипсу и соли в глинистых прослоях, проявления гипсовой тектоники. В средней части вскрытого разреза присутствует мощная пестроцветная толща, состоящая из переслаивания доломитов, алевролитов и аргиллитов бурого, красного, черного и серого цветов, со следами многочисленных пластичных деформаций. В этой пачке находится силл основного состава, местами значительно измененный. В скважине 10В сверху он начинается с относительно малоизмененных диабазов, вниз по разрезу постепенно нарастают изменения, выражающиеся в отальковании и хлоритизации, и к нижнему контакту превращается в бесструктурную хлорит-талковую породу. В скважине 11А, находящейся в 2,5 км от 10В, породы силла представляют собой мелкозернистую зелено-желто-серую массу с бурыми пятнами (реликтами пироксена?), состоящую из талька с примесью хлорита.

Скважина 11А также вскрыла переход туломозерской свиты в заонежскую. Породы нижней части заонежской свиты представлены серыми слоистыми алевролитами и мелкозернистыми песчаниками, в некоторых интервалах в цементе присутствует карбонат. Явных следов размыва между породами за-

онежской свиты и строматолитовыми доломитами не отмечено, но непосредственно на контакте присутствует прослой мощностью 1,5–2 см светлого аргиллитового вещества (корочка выветривания?). В алевролитах переходной зоны хорошо проявлены два процесса: окисление железа по трещинам кислородными водами ятулийских осадков и послойное оглеение – восстановление железа просачивающимися сверху водами углеродистых осадков заонежской свиты.

Скважины 12А, 12В и 13А, пройденные по породам верхней заонежской подсвиты, вскрыли тела высокоуглеродистых органокремнистых пород (максовитов), подсечены их интрузивные контакты с вмещающими породами. Очень интересны мало мощные инъекции максовитов, возможно являющиеся апофизами более мощных тел, и жилы максовитового состава в терригенных и карбонатных осадках. Отмечены проявления различных типов брекчированных пород, вероятно, связанных с процессами формирования максовитовых тел. Встречены интервалы развития пеперита, представленные фрагментами базитов в максовитовой матрице (рис. 2) и жилами максовитов в базитах (рис. 3). Выявлены признаки генерации и миграции УВ – жилы антраксолитов нескольких генераций в осадочных породах (рис. 4) и базитах, зоны вторичного обогащения осадочных пород миграционным ШВ, обуглероживание магматических пород на контактах с шунгитоносными.

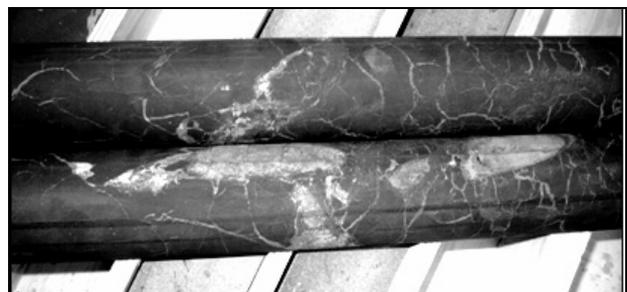


Рис. 2. Пеперит. Фрагменты базитов (светлое) в максовитовой матрице

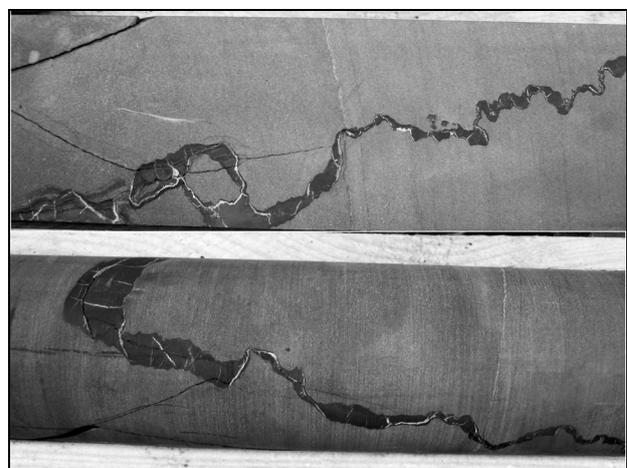


Рис. 3. Антраксолитовые жилы в доломитах

Осадочные горизонты, вскрытые скважинами, слагаются в основном алевролитами, с прослоями мелких песчаников, туффитов и граувакк. Это ритмичнослоистые терригенные осадки, представляющие собой флишеидную толщу, местами с турбидитными потоками. В верхней части вскрытого разреза встречаются карбонатные прослои, иногда брекчированные, конкреционные. В карбонатных частях разреза могут встречаться кремнистые конкреции, прослои фтанитов (лидитов). Эти прослои местами имеют секущие контакты с карбонатами, что свидетельствует о существовавшей фазе кремнистого геля.

В Имандра-Варзугской структуре скважина 1А вскрыла осадки сейдореченской свиты (сумий). В средней части разреза пачка сейдореченских квар-

цитовых песчаников, голубовато-серых, с крупной и гигантской косою слоистостью – речные дельтовые фации. Выше них пачка тонких серых сланцев, с волнистой, флазерной, иногда – ламинарной слоистостью (рис. 5). Ниже песчаников вскрыто переслаивание сланцев и алевролитов с флазерной слоистостью – указанием на приливно-отливные фации мелководья.

Скважина 3А в этой же структуре вскрыла образования полисаркской свиты, соответствующей сариолию. В верхней части разреза, среди переслаивания потоков андезитов и их туффов, встречен поток коматиитов с пироксеновым спинифексом. Ниже идут диамиктиты, соответствующие ледниковым образованиям. Они представлены своеобразными «пудинговыми» конгломератами (рис. 6).



Рис. 4. Максовитовая жила в габбро-долерите



Рис. 5. Характер слоистости в сланцах сейдореченской свиты



Рис. 6. Диамиктиты – «пудинговые» конгломераты полисаркской свиты

Это серые, светло-серые породы алевритовой размерности, параллельнослоистые. В них присутствуют относительно редкие уплощенные окатанные гальки тех же вмещающих алевролитов, что свидетельствует о размыве слаболитифицированных осадков. Иногда встречаются кварцевые гальки, изредка – гальки других пород, не местного размыва (дропстоуны?). Неожиданностью явилось обнаружение ниже диамиктитов пачки карбонатных пород, представленных карбонатными гравелитами, песчаниками, иногда тонкими, с параллельной и ламинарной слоистостью; также присутствуют прослои микритовых доломитов. В верхней части карбонатной пачки подсечен перидотитовый силл, сильно измененный и превращенный в тальк-хлорит-серпентиновую породу. В этой части разреза Имандра-Варзугской структуры ультраосновные интрузии ранее не были известны.

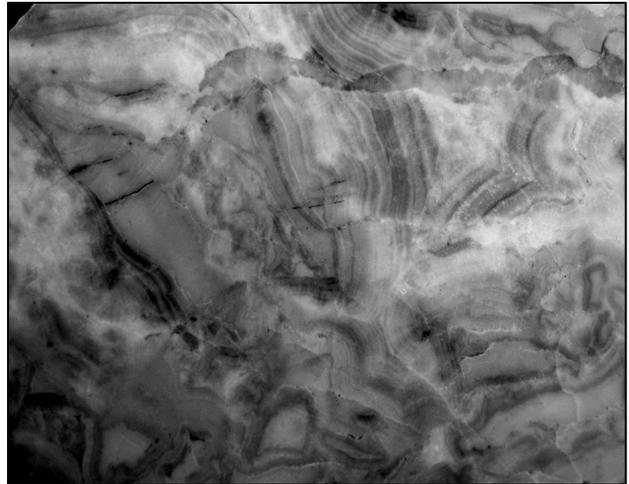
Строматолитовые доломиты, вскрытые в карбонатной пачке коласйокской свиты, внешне весьма напоминают ятулийские строматолиты Карелии, однако по своему стратиграфическому положению эти породы относятся к людииковийскому надгоризонту.

Разрез коласйокской свиты поражает количеством гематита в осадках. Песчаники и алевролиты импрегнированы мельчайшими кристалликами гематита, местами появляются прослои пелитов гематитового состава. Присутствует и преобразованный гематит в виде прожилков, кристаллов и стяжений.

Скважина 5А вскрыла разрез лучлампольской свиты, сопоставимой с карбонатным ятулием. Кроме строматолитовых доломитов, в разрезе присутствует значительное количество травертиновых прослоев. Травертины представляют собой концентрически-зональные образования неправильной формы, нежных голубоватых или розоватых оттенков; в центре иногда заметен подводный канал (рис. 7). Травертины свидетельствуют о субаэральных, субаквальных условиях.

Скважина 6А вскрыла разрез вулканогенной части куэтсярвинской серии. Представленный разрез состоит в основном из андезитовых потоков с подчиненным количеством базальтов, кислых вулканитов (дацитов, риолитов). В андезитовых потоках отчетливо проявлена дифференциация, их кро-

вельные части более кислого, до дацитового состава. В базальтовых потоках встречены миндалекаменные зоны, местами миндалины достигают порядка 10 см. Они заполнены эпидотом, кварцем, карбонатами, аксинитом (фиолетово-сиреневый борсодержащий минерал), яшмоидом. Аксинит часто является главным минералом, заполняющим миндалины.



**Рис. 7. Травертины лучлампольской свиты**

Встречены базальты с лопардитовыми текстурами – шаровая отдельность, в которой шары и межшаровое пространство зонально окислены и приобретают цвета от зеленого и желтого до оранжевого и красного, образуя полосчатый и пятнистый узор породы. Лопардиты интерпретируются как следы окисления магмы в верхнемантийных очагах.

Таким образом, первые этапы проекта FAR-DEEP выполнены весьма успешно и принесли массу интересного, нового, кондиционного материала для собственно исследовательской части проекта, начавшейся в 2009 г. Международная команда, состоящая из исследовательских групп по различным направлениям, при участии Института геологии Карельского НЦ РАН, приступила к активному изучению ядерного материала.