

С. А. Светов, А. И. Светова, Т. Н. Назарова

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ РЕПЕРНЫЕ УРОВНИ В ВЕРХНЕАРХЕЙСКОМ ХАУТАВААРО-КОЙКАРСКОМ СТРАТОТИПЕ\*

В общей стратиграфической шкале нижнего докембрия России, утвержденной МСК в 2001 г., в верхнем архее в лопийской эоноте в качестве стратотипа средней эратемы утверждена хаутаваарская серия Карелии в геохронологических рубежах 3000–2800 млн. лет с нижней границей в  $2995 \pm 20$  млн. лет (Сергеев, 1989; Общие вопросы..., 2000). Опорный разрез Хаутавааро-Койкарского полигона, мощностью 6 км, детально описан по свитам и сопровожден геологическими схемами в монографии «Стратиграфия докембрия Карелии...» (1992).

В работе приведены новые данные, полученные при системном анализе и латеральном изучении типовых (маркерных) породных ассоциаций для различных свит и их непосредственных границ в пределах доменов Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса. Основой исследования стало переосмысление максимально сохраненного разреза Хаутаваарской структуры (с привлечением дополнительных материалов по Койкарскому зеленокаменному домену). В качестве базовой геодинамической эволюционной модели формирования пояса принимается концепция эволюции межмикроплитной конвергентной зоны (Светова, Светов, 1996, 1998, 1999; Светов, 2003; Svetov, Svetova, 2001; Svetov et al., 2001), проходившей в несколько этапов.

В период  $3,1-3,0$  млрд. лет образовалась энсиалическая вулканическая дуга, маркируемая в Хаутаваарской структуре (в отдельных доменах) Няльмозеро – Игнойла – Хаутаваара – Чалка – Остер аккумулятивными постройками стратовулканов дифференцированной известково-щелочной серии (BADR-серии), сформировавшая мощные толщи лав и пирокластитов андезитового и дацитового состава в субаэральных и субаквальных обстановках. Фронтальные и тыловые бассейны в этот период заполнялись в основном внутренними осадками – перемытыми вулканокластическими образованиями проксимальных и дистальных фаций турбидитового ряда и хемогенными кремнистыми породами, с завершением активной вулканической деятельности замещались вулканогенно-терригенными породами.

Субсинхронно с развитием вулканической дуги, в интервале  $3,05-2,95$  млрд. лет, происходит открытие глубоководного задугового протоокеанического бассейна (реликты выявлены в Хаутаваарской, Киндасовской, Койкарской, Семченской, Совдозерской, Паласельгинской, Остерской и Листьегубской структурах), в аллохтонных фрагментах которого сохранились вещественные комплексы спрединговой зоны – коматиит-толеитовая ассоциация в сочетании с морскими осадками – кремнистыми, хемогенными (рудно-кремнистыми), туфо-туффитами мафитового ряда.

В период  $2,9-2,85$  млрд. лет после аккретирования древней вулканической дуги и захлопывания «Лоухиваарского палеоокеана» продолжающаяся субдукция привела к образованию «молодой» вулканической дуги с вулканитами известково-щелочной серии, слабо дифференцированными, представленными андезидацитами, дацитами и риолитами (дуга реконструируется по реликтам Масельского, Янишского, Корбозерского, Семченского, Эльмусского палеовулканов). При этом во фронтальном бассейне отлагались терригенные породы, возникшие за счет разрушения края континента, стратиграфически выше и в тыловом бассейне отлагались продукты разрушения субаэральной «молодой» вулканической дуги, вулканогенно-хемогенные, вулканогенно-терригенные, хемогенные и осадочные породы, а во внутренних отчлененных лагунах шло накопление органогенных илов, туфопесчаников, кварцевых песчаников, силицитов и серноколчеданных руд.

В то же время происходит открытие «кульонского окраинного моря», заполняемого подушечными лавами толеитовых базальтов с гиалокластитами и туфами. Предшествовавшая лавам базальтов седиментогенная брекчия, включающая мелкие остроугольные литокласты базальтов и редко графитистого сланца, предполагает возможность того, что в данном случае базальты также находятся в аллохтонном залегании.

Закрывание морского бассейна и аккретирование с молодой вулканической дугой привели к образованию тылового бассейна, в котором отлагались прибрежно-морские осадки, представленные ритмично-слоистыми вулканокластитами и переслаиванием лапиллиевых, псаммитовых туфов, туфопесчаников с

\* Работа осуществлена в рамках программы, выполняемой по тематике РАН «Эволюция конвергентных зон перехода океан – континент в верхнем архее Восточной Финноскандии».

графитистыми алевролитами, продуктами разрушения вулканической дуги и органогенными илами фоновой морской (лагунной) седиментации.

Интерпретация геологической истории Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса в рамках теории литосферных плит вносит некоторые ограничения на трактовку стратиграфических разрезов, обсуждаемых ранее с позиций статического накопления. Однако при этом формирование каждой свиты отражает собственную палеогеографическую обстановку отложения вулканитов и осадков и характеризуется литостратиграфическими колонками, отличающимися по латерали. Литостратиграфическая последовательность внутри выделенных свит в пределах рассматриваемых террейнов сохраняется независимо от типа границ террейнов – стратиграфических или тектонических – и исчезновения отдельных свит по латерали.

Решению основной задачи исследования – выделению корреляционных горизонтов и реперных пачек-маркеров в нижних и верхних частях горизонтов – способствует прослеживание их границ в пределах географического распространения и закрепление их в стратотипической местности. Главным определяющим корреляционным признаком выделенных горизонтов является их вещественное наполнение, отвечающее законченным, разделенным во времени и пространстве вулканическим циклам.

В качестве горизонтов выделены: 1) Виетуккалампинский горизонт включает островодужные вулканиты БАДР-серии ( $2995 \pm 20$  млн. лет) (Сергеев, 1989) и сопутствующие ему вулканогенно-осадочные, вулканогенно-хемогенные и вулканотерригенные породы; 2) Лоухиваарский горизонт содержит маркерные коматит-базальтовые стратифицированные ассоциации ( $2921 \pm 55$  млн. лет) (Svetov et al., 2001), сопровождаемые внутрiformационными осадками (туфами – туффитами – силицитами); 3) Каляярвинский горизонт представлен вторым во времени этапом средне-кислого вулканизма СМА-типа ( $2854 \pm 14$  млн. лет) (Сергеев, 1989), предваряемого осадками – слоистой пачкой аренит-аркозов и завершаемого мощной пачкой графитистых алевролитов, включающих серноколчеданные руды; 4) Кульюнский горизонт состоит из стратифицированной толщи базальтовых лав с редкими линзами гиалокластитов и туфов.

Материал в работе излагается последовательно для каждого горизонта в хронологическом порядке стратиграфической схемы Хаутаваарской структуры и дополняется опорными коррелянтами Койкарского зеленокаменного домена.

### **Виетуккалампинский горизонт**

Максимальные мощности толщи приурочены к центрам активного островодужного вулканизма и представлены лаво-туфовыми накоплениями андезитового, андезидацитового и дацитового состава с субвулканитами адакитового ряда.

Завершение эксплозивной деятельности палеовулканов приводит к формированию в палеодепрессиях грубонаслоенных (мощность слоев 15–50 м) пачек мелкообломочных туфов-туффитов, сменяемых

ритмитами (туф – туффит – туфопесчаник – силицит) с мощностью слоев 0,05–0,2 до 0,8 м. Общая мощность 300–500 м.

В качестве маркера выделена пачка вулканотерригенных пород, сложенная вулканомиктовыми аренитами, субаркозовыми аренитами с редкими прослоями силицитов и алевролитов, завершающая разрез свиты. В районе д. Игнойла в левом берегу р. Шуи мощность пачки составляет 60 м (рис. 1, В), и она представлена следующим разрезом.

На туфах-туффитах в сближенных выходах залегают:

1. Грубозернистые вулканомиктовые субаркозовые арениты, темно-серые, на поверхности видны зерна полевого шпата размером от 1–2 до 6–8 мм и зерна голубого кварца размером 1–3 мм. Содержат линзы, длиной 30–40 см при ширине 5–15 см, мелкозернистого песчаника и редкие тонкие линзочки хлоритового сланца. Мощность 16,5 м.

2. Слой афанитового темно-серого силицита, массивного. Мощность 1,7 м.

3. Вулканомиктовые аркозы, крупнозернистые, со светло-розовым полевым шпатом и голубым кварцем. Мощность 1,5 м.

4. Вулканомиктовые среднезернистые арениты с линзами грубозернистых аренитов и тонкими слоями хлоритового сланца, массивные, кверху слоя породы становятся грубозернистыми с линзовидной слоистостью, подчеркиваемой тонкими слоечками хлорит-серицитового сланца (флазерная слоистость). Мощность 21 м.

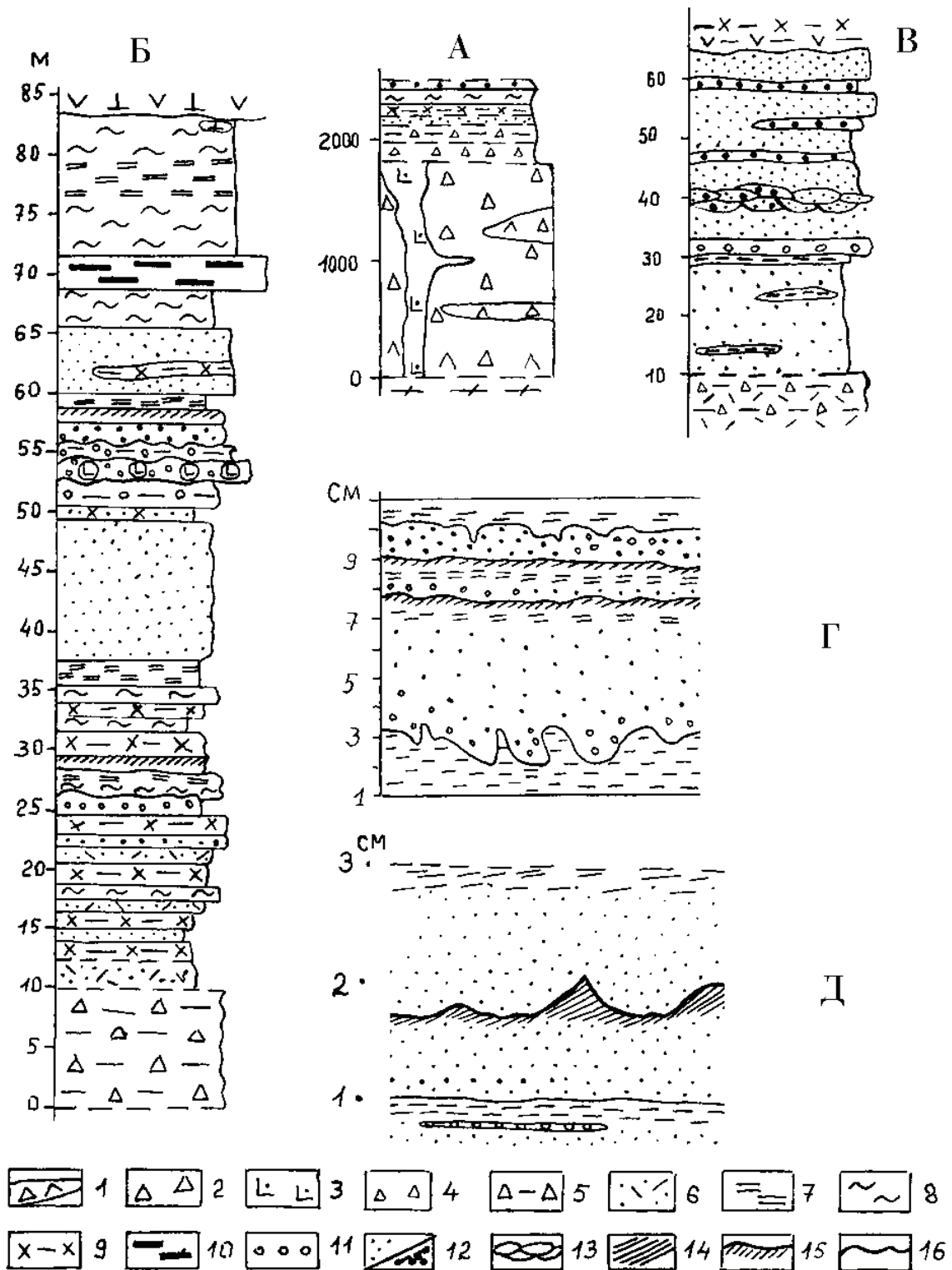
5. Крупнозернистые вулканомиктовые арениты, неяснослоистые. Видимая мощность 19 м.

6. Мелкозернистые параллельнослоистые вулканомиктовые арениты. Мощность 1,7 м.

7. Граувакки темно-зеленые, тонкослоистые, с вкрапленностью сульфидов и магнетита, представляющие образования лоухиваарской свиты.

Таким образом, верхний маркерный уровень виетуккалампинского горизонта трассируется по появлению пачки вулканотерригенных пород в разрезе туфо-туффитовых накоплений игнойльской толщи. При формировании вулканотерригенной пачки источниками сноса являлись вулканические постройки андезитового состава и гранитоидные массивы, выведенные в область эрозии, что подтверждено геохимически.

Представленная маркерная пачка терригенных пород четко отражает обстановку формирования осадков в приливно-отливной зоне прибрежной мелководной части бассейна. Полиmodalность первого слоя грубозернистых аренитов с реликтами линзовидной слоистости и тонкими линзами тонкозернистых алевролитов и песчаников образовалась в условиях наступающей трансгрессии, на грубых песках отлагаются тонкозернистые осадки (илы и тонкозернистые пески) более глубоких частей бассейна. Это положение подтверждается отложением темно-серых тонкозернистых кремнистых пород (силицитов), массивных, неслоистых. Следующий слой осадков – грубозернистые аркозы с градационной слоистостью – привнесены низкоскоростным мутьевым потоком. Выше пласт среднезернистых аренитов мощностью в 21 м, в нижней части пласта неясно выражена волнистая слоистость, а в верхней – флазерная слоистость. Нижняя часть



**Рис. 1. Литолого-стратиграфические колонки виетуккалампинской свиты:**

А - генерализованный разрез виетуккалампинской свиты, Б - верхняя реперная пачка свиты к с-з от ст. Хаутаваара, В - верхняя реперная пачка, д. Игнойла, Г, Д - обнажение 2845, градационная слоистость вулканомиктовых аренидов со знаками нагрузки в подошве слоя и элементами срезания косой слоистости в кровле слоя (обн. 350);

1 - лавы, лавобрекчии андезидацитов, андезитов, дацитов, 2 - глыбовые, агломератовые, лапиллиевые туфы, 3 - нек дацитов, 4 - лапиллиевые, псаммитовые туфы, 5 - туфы, кремнистые туфы, туффиты андезидацитов, 6 - псаммитовые кристаллокластические туфы андезидацитов, 7 - силициты, 8 - графитистые алевролиты, 9 - граувакки (вулканомиктовые кварцполевошпатовые, лититовые), 10 - мафитовые туффиты, силициты, 11 - субаркозовые арены, 12 - вулканомиктовые кварцевые арены: а - крупнозернистые, б - среднезернистые, 13 - флазерная слоистость в грубозернистых аренидах, 14 - мономиктовые конгломераты, гравелиты, 15 - косая слоистость в кровле слойков, 16 - следы размыва

сформировалась в условиях регрессии – в основной среднезернистой части появляются линзы грубозернистых аренитов. Флазерная слоистость развивается в приливно-отливной зоне в движущихся в противоположных направлениях течениях, перемежающихся с периодами высокого и низкого стояния воды (Рейнек, Сингк, 1981). Выше вновь следует пачка массивных неслоистых грубозернистых аренитов, отложившихся из высокоскоростного мутьевого потока. Завершает разрез пачка среднезернистых аренитов с нечеткой параллельной слоистостью, отложившаяся в динамически спокойной прибрежной обстановке.

В районе ст. Хаутаваара в 15 км к северу уровень-маркер сложен более разнообразными породами, в его составе появляются продукты разрушения мафитовой толщи – граувакки, графитистые туффиты, валунные моноконгломераты, графитистые алевролиты, силициты, вулканомиктовые арениты, туфопесчаники. Характерна тонконаслоенная стратификация этой маркерной пачки. Приводится ее унифицированный разрез (рис. 1, Б).

На лапильевых, псаммитовых туфах дацитов залегает:

1–4. Переслаивание слоев светлого туфопесчаника и темно-зеленой вулканомиктовой и лититовой граувакки. Мощность слоев 1,1–1,5 м.

5. Графитистый алевролит, тонкослоистый. Мощность 1,5 м.

6. Кремнистый туффит. Мощность 1,2 м.

7. Лититовая мафитовая граувакка, темно-зеленая с литокластами базальтов, с водно-оползновыми текстурами, следами размыва слоев, сингенетичными деформациями. Мощность 1,5 м.

8. Вулканомиктовый аренит. Мощность 0,9 м.

9. Кварц-полевошпатовая граувакка. Мощность 1,2 м.

10. Лититовая граувакка, зеленая, с мелкими обломками основных и кислых пород. Мощность 1,5 м.

11. Вулканомиктовый аренит. Мощность 1,1 м.

12. Слой тонкого переслаивания графитистого алевролита, силицита и зеленой граувакки. Мощность 2,5 м.

13. Туфопесчаник мелкозернистый, с тонкой косяной слоистостью в кровле слойка. Мощность 0,9 м.

14. Кварц-полевошпатовая зеленая граувакка. Мощность 0,5–0,7 м.

15. Силицит. Мощность 1,7 м.

16. Светло-серый туфопесчаник, с пятнами силицита. Мощность 12 м.

17. Гравелит темно-серый, с градационной слоистостью в слоях мощностью до 50 см. Обломки дацитов (0,5–2 см) заключены в темно-серый песчаный цемент. Сечется дайкой базальтов. Мощность 2 м.

18. С размывом ложится слой мономиктовых конгломератов. Гальки и мелкие валуны округлые или угловатые, размером 5–25 см, сложены крупнозернистыми дацитами с вкрапленниками голубого кварца и плагиоклаза, редко округлые литокласты гравелита. Цемент мелкообломочный, контактовый. Мощность 2,2 м.

19. С размывом залегает слой гравелита, темно-зеленого, с редкими галечками дацита. Мощность 0,6 м.

20. Светло-серый туфопесчаник, в кровле косая слоистость. Мощность 0,6 м.

21. Переслаивание кремнистого туффита, туфопесчаника, линз граувакк и графитистых сланцев. Мощность 5 м.

22. Графитистый алевролит. Мощность 3,5 м.

23. Амфиболовый силицит. Мощность слоя 0,7–2,3 м.

24. Графитистый алевролит с прослоями силицитов. Мощность 15 м.

Представленный разрез отражает литологические нюансы второго варианта маркерной пачки виетуккалампинской свиты. Арениты и субаркозы присутствуют в редких слоях, основная масса осадков принадлежит продуктам перемыва местных вулканов (туфопесчаник, кремнистый туффит, силицит, алевролит), и появляются граувакки, связанные с разрушением мафического аллохтона, выведенного на поверхность выше уровня эрозии.

Таким образом, в качестве маркера верхней границы горизонта (свиты) предлагается пачка вулканотерригенных пород, определяемая и трассируемая в структуре по появлению первых терригенных пород – вулканомиктовых аренитов, субаркозов и граувакк.

### Лоухиваарский горизонт

Коматиит-базальтовая ассоциация (Al-недеплетированного типа) с изменяющейся мощностью разрезов от 150–500 м до 1500–2200 м является достаточно ярким маркером в стратиграфической схеме (Стратиграфия..., 1992; Svetov et al., 2001) (рис. 2, А).

Анализируя разрез свиты по морфологическим особенностям лав и литологии осадочных составляющих, можно отметить некоторые характерные особенности их формирования. Коматииты отлагались в задуговом океаническом бассейне со сглаженным рельефом дна и спокойной динамикой водной среды. Осадки представлены туфами-туффитами, обогащенными органическим или кремнистым веществом. С отложением пачки плагиофировых базальтов (массивные лавовые потоки) связана интенсивная фумарольно-гидротермальная деятельность, поставившая в бассейн рудные компоненты (магнетит, ильменит, сульфиды), кремнезем, графит. Верхняя пачка базальтовых лав образовалась в условиях малоглубинного бассейна с расчлененным рельефом, в кровле потоков появляются миндалекаменные, пенные лавы, а межподушечное пространство заполняется среднезернистой грауваккой.

Реперная пачка осадков завершает разрез Лоухиваарского горизонта и представлена в основном граувакками, прослеживаемыми по восточному борту структуры, с сохранившейся мощностью от 20–45 м до 150 м в районе 4-го порога р. Шуи. В 2 км западнее д. Хаутаваара в канаве и обнажениях представлен следующий разрез верхней пачки (рис. 2, Б).

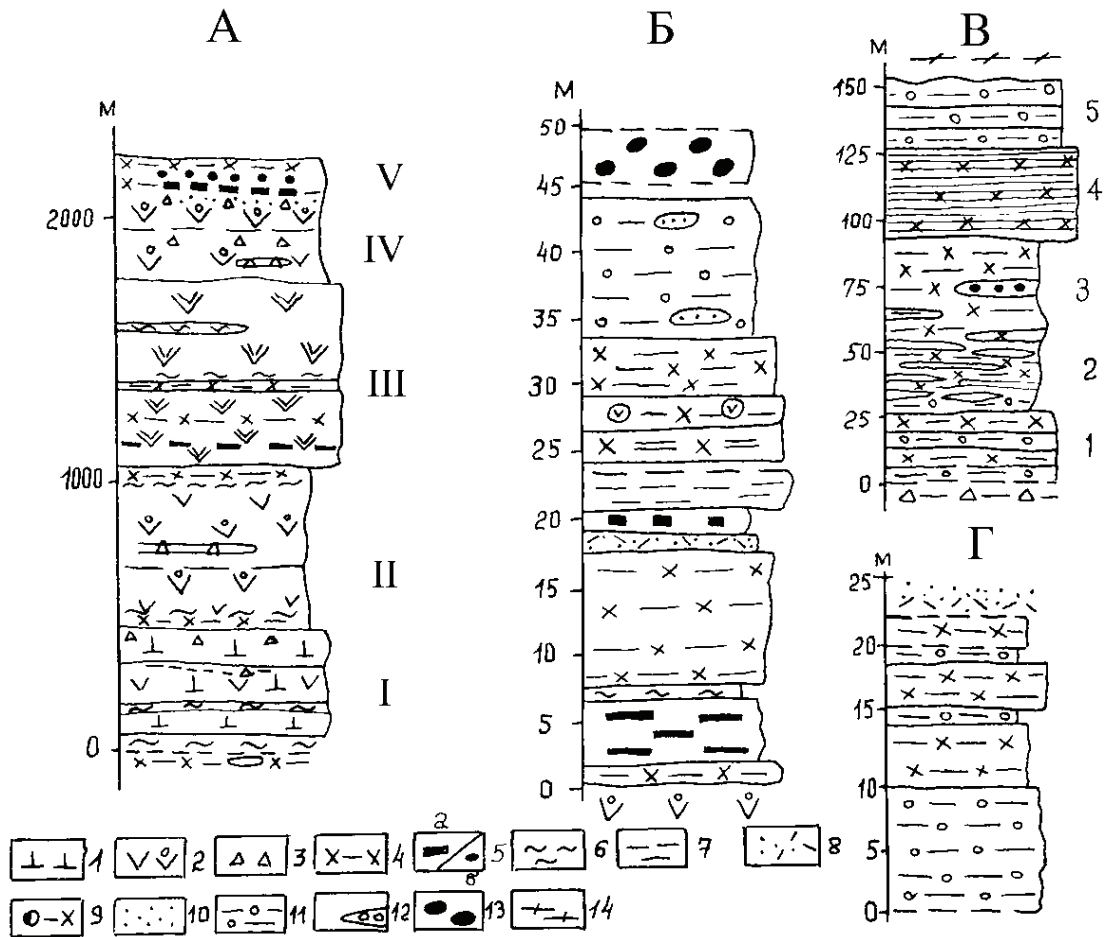
На кровле подушечных лав базальтов залегают:

1. Вулканогенная граувакка, темно-зеленая, мелкозернистая, неясно слоистая. Мощность 1,1–2,5 м.

2. Магнетит-амфиболовый кварцит. Мощность 3–5 м.

3. Графитистый мафитовый туффит. Мощность 0,8 м.

4. Вулканомиктовая мафитовая граувакка, зеленая. Мощность 9 м.



**Рис. 2. Литостратиграфия лоухиварской свиты:**

А – стратиграфическая колонка лоухиварской свиты: I – коматитовая толща в ассоциации с графитистыми алевролитами, графитистыми туффитами, силицитами и тонкозернистыми граувакками; II – толща массивных и подушечных лав базальтов с редкими линзами агломератовых и псаммитовых туфов, силицитов; III – толща массивных плагиофировых базальтов с горизонтами магнетитовых кварцитов, коматитовых туффитов, графитистых сланцев, силицитов; IV – толща подушечных и массивных лав базальтов с редкими слоями тонких туфов и мелко-, среднезернистых граувакк; V – верхняя пачка вулканогенно-осадочных пород; Б, В, Г – частные литостратиграфические колонки верхней реперной пачки Лоухиварской свиты: Б – опорный разрез 123 км за д. Хаутаваара, В – р. Шуя, 4-й порог от д. Игнойла. На рис. В: 1 – параллельная слоистость вулканогенных и вулканомиктовых граувакк, 2 – линзовидная слоистость (в линзах туфопесчаники и силициты), 3 – вулканомиктовые, лититовые граувакки, с линзами к/з аркоз, 4 – тонкая слоистость, плейчатость, силицит – граувакка, 5 – параллельная слоистость в лититовых граувакках, Г – разрез 112 км;

1 – коматиты, 2 – базальты массивные и подушечные, 3 – агломератовые, псаммитовые туфы, 4 – вулканогенные мафитовые граувакки, 5а – магнетитовые кварциты, 5б – серноколчеданные руды, 6 – графитистые сланцы, 7 – силициты, 8 – туфопесчаники, 9 – мономиктовые конгломераты, 10 – кварц-полевошпатовые граувакки, 11 – вулканомиктовые лититовые граувакки, 12 – линзы аркоз, 13 – полимиктовые конгломераты каляярвинской свиты, 14 – гранито-гнейсы

5. Кварц-полевошпатовая граувакка, темно-серая. Мощность 1,5 м.

6. Серноколчеданная руда. Мощность 1,2 м.

7. Силицит, темно-серый, массивный. Мощность 8 м.

8. Туффит базальтовый, темно-зеленый, слоистый. Мощность 1,6–4 м.

9. Внутриформационный конгломерат. Хорошо окатанные валуны базальта диаметром до 30 см в базальном цементе вулканомиктовой зеленой граувакки. Мощность 2,1 м.

10. Вулканомиктовая мафитовая граувакка. Мощность 4,5–5 м.

11. Кварц-полевошпатовая темно-серая граувакка. Мощность 3,5–4 м.

12. Лититовая граувакка, в цементе встречаются мелкие обломки кремнистых пород. Мощность 20 м.

Выше залегают полимиктовые конгломераты каляярвинской свиты.

Общая мощность верхней реперной пачки 40–45 м.

В районе д. Игнойла (рис. 2, Г) сохранившаяся в разрезе мощность пачки граувакк составляет 35–40 м.

В 5–6 км южнее д. Игнойла в районе 4-го порога р. Шуи (рис. 2, В) выходит 150-метровая пачка мафитовых граувакк, представленная переслаиванием лититовых среднезернистых, реже крупнозернистых граувакк с редкими мелкими обломочками дацитов, параллельно- или линзовидно-слоистых, с мощностью слоев от первых метров до 25–30 м и тонкозернистых тонкослоистых вулканогенных граувакк. Среди граувакк отмечены редкие маломощные прослои аренитов, туфопесчаников, силицитов. Завершается разрез лититовой грауваккой.



Верхняя реперная пачка лоухиваарской свиты представлена в основном разными литотипами граувакк с прослоями туффилов базальтов, реже линзами моноконгломератов, магнетит-амфиболовых кварцитов, серноколчеданных руд, несет в структуре функцию маркера, отмечая положение в разрезе лоухиваарской свиты в случае отсутствия лавовых горизонтов.

В Койкарской структуре коррелянтом лоухиваарской свиты является питкилампинская свита коматит-базальтового состава. В качестве маркера выделяется завершающая разрез пачка граувакк (рис. 3), видимой мощностью 150–200 м. Генерализованный разрез (рис. 3, Б) реперной пачки представлен следующим образом (снизу вверх):

1. Вулканогенная алевролитовая граувакка, темно-зеленая, мелкозернистая, тонкослоистая. Мощность 25–30 м.

2. Вулканомиктовая мафитовая граувакка, среднезернистая, темно-зеленая, массивная или слоистая порода, в породе присутствует кластический плагиоклаз размером 1–3 мм. Слоистость отмечается по изменению гранулометрии (мелко-, крупнозернистые породы), по появлению слоев вулканогенных алевролитовых граувакк (мощностью 2–4 см), основных туффилов (мощностью 20–30 см), в них наблюдалась единичная линза субаркозового крупнозернистого арениита, мощностью 0,6–1,5 м. Мощность слоя 70–80 м.

3. Туффит базальтов. Мощность 25 м.

4. Лититовая мафитовая граувакка, темно-зеленая псаммитовая, с редкими обломочками базальтов (размером 1–2 см).

5. Кварц-полевошпатовая граувакка, зеленовато-серая, темно-серая, мелкозернистая до тонкозернистой, иногда ритмичнослоистая. Видимая мощность 50 м.

Из представленных породных литотипов маркерного горизонта наиболее широко развиты основные туффиты, вулканогенные алевролитовые и вулканомиктовые мафитовые граувакки, перекрывающие коматиты и базальты и распространенные наиболее компактно в районе озер Ребо, по восточному склону палеопостройки или в виде локальных пятен в центральной и северной частях структуры.

Ксенолиты туфов, туффилов, граувакк содержатся в субвулканических дацитах, следовательно, возраст их древнее  $2935 \pm 15$  млн. лет (Бибикова, Крылов, 1983).

### Каляярвинский горизонт

Основным маркером свиты является нижняя пачка, общей мощностью до 320 м, сложенная осадочными породами, довольно редко встречаемыми в таком объеме в доменах Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса (рис. 4). Разрез начинается с полимиктовых конгломератов, представленных одним выходом. Валунны и гальки базальтов, габбро-диабазов, амфиболитов, андезитов, кремнистых пород, кварца заключены в базальном цементе кварцевого арениита.

Выше залегает пачка арениитов (рис. 4, Б, В), слоистых, для которых характерно переслаивание слоев различной зернистости, алевролитов, силицитов, внутриформационных конгломератов. Слои арениита имеют мощность от первых метров до 10–25 м, алевролита – 1–3 см и слои темно-серого силицита – 5–10 см. Иногда силициты встречаются в виде жел-

ваков, диаметром 10–15 см, среди песчаников. В минеральном составе песчаников присутствует кварц, плагиоклаз (олигоклаз, в зональных зернах олигоклаз-андезин), биотит, хлорит, эпидот, иногда турмалин, рудный минерал. В арениитах отмечены зерна темно-серого и голубого кварца размером 2–3 мм. Характерна как грубая слоистость, так и тонкая ритмичность внутри отдельных слоев с трансгрессивной и регрессивной направленностью, градационная слоистость в мелкозернистых слоях. Грубая слоистость обусловлена чередованием слоев, различных по зернистости и составу, – кварцевых, вулканомиктовых, субаркозовых арениитов. В слоях арениитов присутствуют линзы мономиктовых конгломератов, содержащих окатанные валуны и гальки пород подстилающих слоев, мощностью 0,3–1,2 м.

В пачке арениитов встречен слой темно-серого вулканокластического арениита мощностью 7 м, содержащего таблитчатые, игольчатые кристаллокласты плагиоклаза.

Выше следует 80-метровая пачка аркозовых арениитов, массивных, светло-серых пород, содержащих терригенные зерна голубого и темно-серого кварца, плагиоклаза, микроклина и линзовидные стяжения кремнезема длиной 5–7 см при ширине 1,0–1,5 см.

Второй маркер каляярвинского горизонта – пачка проркластитов андезидацитового и дацитового состава, сменяемых туффитами, туфопесчаниками, силицитами.

Завершающая пачка каляярвинского горизонта мощностью от 150 до 300 м представлена графитистыми алевролитами.

Возраст каляярвинской свиты *древнее 2810 млн. лет* получен по прорывающим гранитам (Тугаринов, Бибикова, 1980).

В стратиграфическом аналоге – кивилампинской свите Койкарской структуры – разрез начинается с толщи вулканических андезидацитового и дацитового состава в ассоциации с хемогенными, вулканогенно-осадочными породами и завершается терригенной толщей. Последняя сложена туфопесчаниками, граувакками (вулканомиктовыми мафитовыми, лититовыми, кварц-полевошпатовыми), вулканомиктовыми арениитами, субаркозовыми арениитами, внутриформационными моноконгломератами, хемогенными породами.

Особенно характерны для толщи несколько разновидностей силицитов – массивных, конкреционных, седиментогенных брекчий силицитов, смешанных пород – чертовых арениитов.

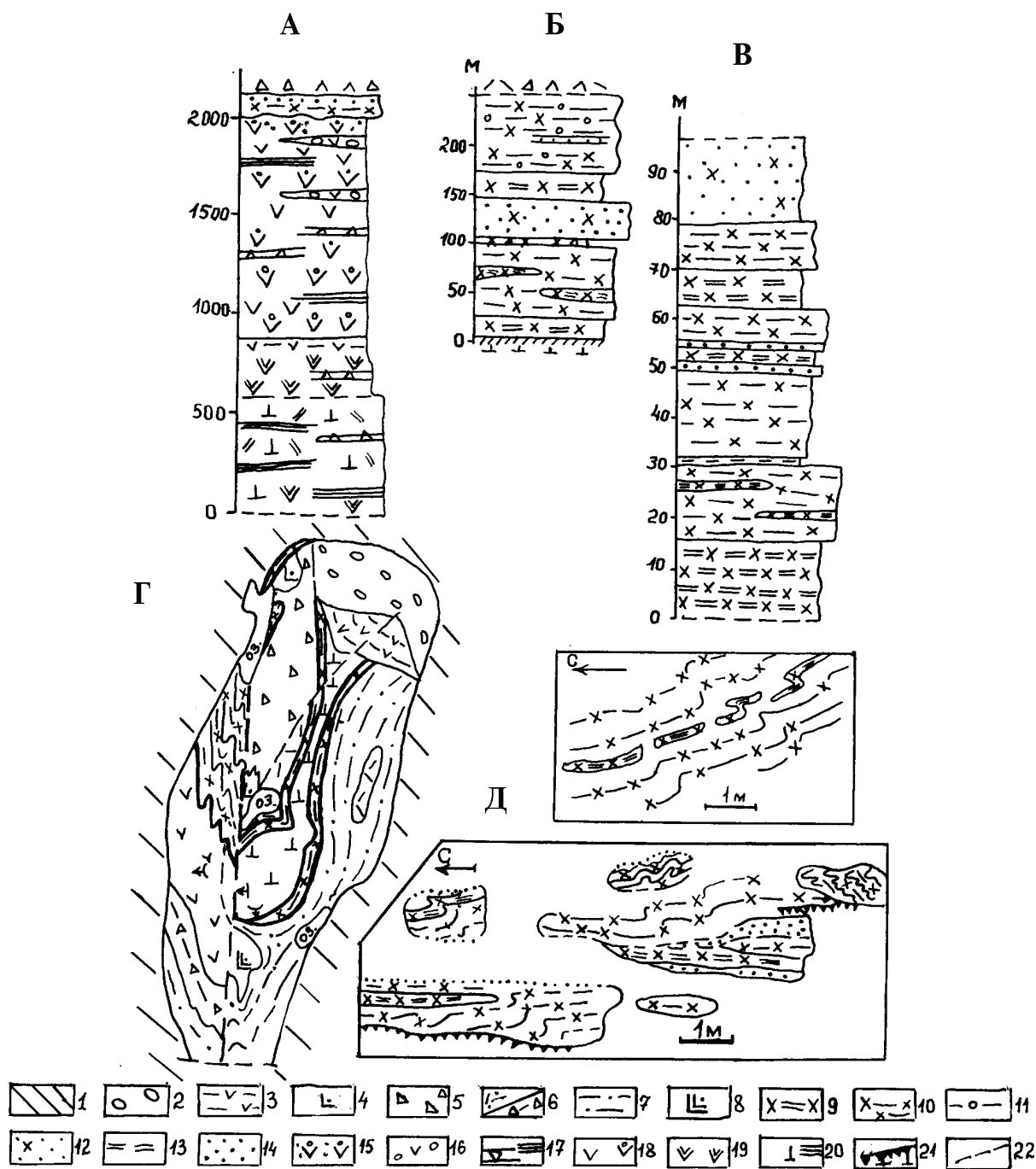
Доломиты темно-красные, белые, темно-серые слагают самостоятельный горизонт мощностью 25–30 м. Завершают разрез толщи тонкослоистые графитистые алевролиты мощностью до 150 м.

Терригенная пачка включает набор довольно эксклюзивных пород (силициты, доломиты) и может выполнять роль маркера.

Возраст кислых вулканических пород в Койкарах составляет  $2860 \pm 15$  млн. лет (Самсонов и др., 1996).

### Кульюнский горизонт

Сложен стратифицированной толщей базальтов – массивные, подушечные, вариолитовые лавы,



**Рис. 3. Литостратиграфия питкилампинской свиты и детали зарисовки:**

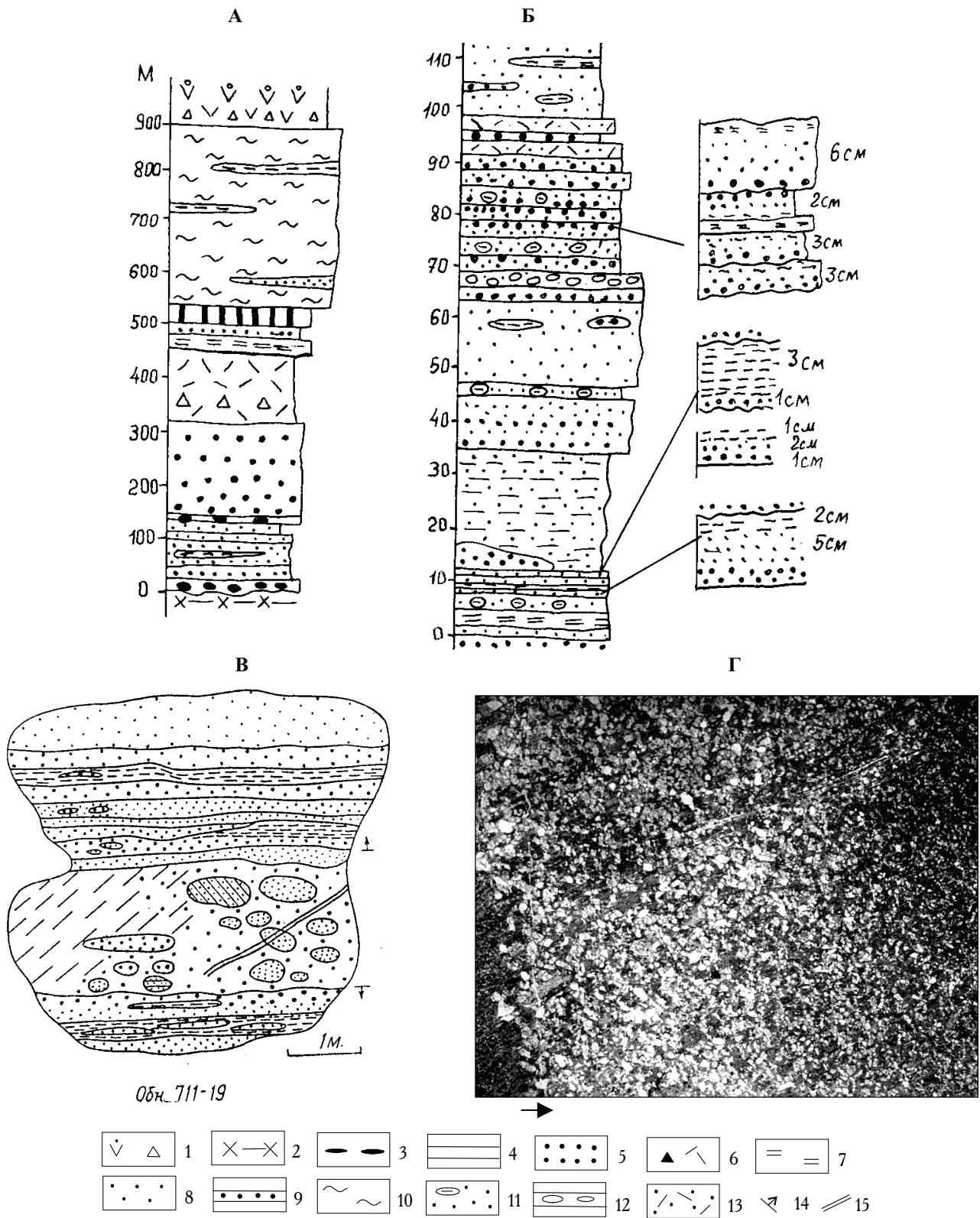
А – питкилампинская свита в Койкарско-Семченской зоне, Б – унифицированный разрез верхней реперной пачки питкилампинской свиты Койкарской структуры, В – частный разрез реперной пачки в районе оз. Ребо, Г – распространение верхней реперной пачки питкилампинской свиты в Койкарской структуре (обозначена знаком ××), Д – зарисовка обнажений в районе оз. Ребо;

1 – ятулий, 2 – сарилий, 3 – сумий, лопий; 4 – дайка риодацитов, 5 – андезидацитовые вулканиты (лавы, грубые туфы), 6 – псаммитовые, перемытые туфы, 7 – верхняя терригенная пачка кивилампинской свиты, 8 – дайка дацитов, 9 – вулканогенная граувакка, 10 – вулканомиктовая граувакка, 11 – литовая граувакка, 12 – кварц-полевошпатовая граувакка, 13 – силициты, 14 – субаркозовые песчаники, 15 – подушечные базальты с граувакковой засыпкой, 16 – гиалокластиты, 17 – прослои тонких и лапиллиевых мафитовых туфов, 18 – подушечные и массивные толстые базальты, 19 – высокомагнезиальные базальты, 20 – коматиты со спинифекс-структурами и без, 21 – кора выветривания на коматитах, 22 – зона разлома

гиалокластиты, туфы, агломератовые и псаммитовые, общая мощность ~600 м.

В качестве маркера служит реперная пачка обломочных пород в основании свиты – олигомиктовые конгломераты, туфобрекчии, граувакки.

Олигомиктовые конгломераты сложены окатанными гальками дацитов, их туфами, размером в 2–3 см, реже 6–7 см, погруженными в базальный цемент средnezернистого кварцевого аренита. Мощность 2,5–3 м.



**Рис. 4. Литостратиграфия каляярвинской свиты:**

А – опорный разрез каляярвинской свиты, д. Хаутаваара, Б – частный разрез (р. 711) реперной пачки и примеры прямой и обратной ритмичности, В – слой внутриформационного конгломерата (обн. 711-19), Г – шлиф-градационная слоистость в арените;

1 – базальты, брекчия седиментационная, кульюнская свита, 2 – граувакки лоухиваарской свиты, 3 – полимиктовые конгломераты каляярвинской свиты, 4 – арениты, слоистые, ритмичнослоистые, 5 – аркозы, 6 – андезидацитовые вулканиты (туфы, туффиты, дайки), 7 – силицит, 8 – мелкозернистый кварцевый аренит, 9 – серноколчеданные руды, 10 – графитистые алевролиты с линзами и тонкими прослойками песчаников и силицитов, 11 – желваки кремнезема в тонкозернистом песчанике, 12 – внутриформационные конгломераты, гравелиты, 13 – туфопесчаник, 14 – направление ритмичности, 15 – кварцевая жила (обн. 711-19)



Выше следует слой туфобрекчий темно-зеленых, массивных, сложенных остроугольными литокластами базальтов, размером 1–2–4 см и единичных 10–15 см, реже в литокластах графитистые алевролиты, силициты, граувакки, заключенные в матрикс мелкозернистой темно-зеленой граувакки. В нижней части слоя туфобрекчий выходит линза крупнозернистого арениита, мощностью 0,2 м. Общая мощность слоя 12 м. В кровле осадочной пачки наблюдается переслаивание тонкозернистых, тонкополосчатых, мелко-, среднезернистых темно-зеленых граувакк мощностью 1,2–1,5 м, на осадки налегают лавовые потоки базальтов.

### Выводы

В основе корреляции архейских образований в пределах зеленокаменных структур должны лежать геохронологические и литостратиграфические принципы. Несмотря на террейновое строение зеленокаменных доменов – аккреционных террейнов, по классификации J. H. Dover (1990), внутренняя стратификация разрезов имеет первичную природу и бесспорно является основой для стратиграфических реконструкций.

Детальный литостратиграфический анализ частных разрезов зеленокаменных доменов Ведлозерско-Сегозерского пояса позволил для Хаутавааро-Койкарской стратотипической местности выделить, литологически охарактеризовать и проследить по латерали реперные осадочные пачки (уровни) основных горизонтов лопийского разреза.

1. Так, нижняя вьетуккалампинская свита, связанная с андезитовым вулканизмом островодужного типа, представлена только в пределах Хаутаваарской структуры, при этом имеет реконструированную мощность до 2,5 км. В свите отсутствует устанавливаемая нижняя граница, а верхняя представлена реперной пачкой терригенных пород – арениитов, аркозов, туфопесчаников, формирующихся в мелковод-

ных прибрежных условиях, подобные условия сохраняются в южной и северной частях структуры, в центральной части при общем терригенном характере осадков резко изменяется характер стратификации – пачка приобретает тонконаслоенный характер, в ее составе появляются мафитовые граувакки, моноконгломераты, графитистые алевролиты – продукты разрушения мафического плато появляются раньше самих мафитов, что может свидетельствовать об аллохтонном залегании.

2. Для лоухиваарской и питкилампинской свит стало возможным выделить реперную пачку, представленную граувакковым парагенезом, который в первой свите достигает мощности 150 м, а во второй – 200–230 м. Кроме граувакк в пачке встречаются прослой железистых силицитов, серноколчеданных руд, силицитов. В Койкарской структуре маркерная пачка начинается с коры выветривания и переходит в граувакковый комплекс, подобная пачка сохранилась также в Семченской структуре и маркирует завершение разреза питкилампинской свиты.

3. Выделена толща терригенных осадков калаярвинской свиты в виде ее стартовой маркерной ассоциации. Свита залегает на лоухиваарской с угловым стратиграфическим несогласием и слоем полимиктовых конгломератов в основании.

4. В качестве верхней маркерной пачки для калаярвинской и кивилампинской свит может быть предложена пачка графитистых алевролитов с доломитами, силицитами и туфопесчаниками, отражающая лагунные фации мелководного бассейна.

5. Для разреза кульюнской свиты, сложенной базальтами, реперная пачка представлена в основании конгломератами, кварцевыми арениитами, седиментогенными брекчиями с кластикой базальтов, реже черных сланцев, в тонкозернистом граувакковом цементе и граувакками. В свите появление продуктов разрушения мафитов наблюдается ранее самой мафитовой ассоциации.

### ЛИТЕРАТУРА

Бибилова Е. В., Крылов И. Н. Изотопный возраст кислых вулкаников Карелии // ДАН. 1983. Т. 268, № 5. С. 1231–1235.

Общие вопросы расчленения докембрия: Материалы 3-го Всерос. совещ. Апатиты, 2000. 315 с.

Рейнек Г. Э., Синг И. Б. Обстановки терригенного осадконакопления. М., 1981. 440 с.

Самсонов А. Б., Бибилова Е. В., Пухтель И. С. и др. Изотопные и геохимические различия кислых вулканических пород зеленокаменных поясов Карелии и их геотектоническое значение // Тез. докл. «Корреляция геологических комплексов Фенноскандии». СПб., 1996. С. 74.

Светов С. А. Новые данные по геохимии древнейших (3,05–2,95 млрд. лет) андезитовых ассоциаций Восточной Фенноскандии // ДАН. 2003. Т. 388, № 5. С. 1–5.

Светова А. И., Светов С. А. Стратиграфическая граница нижнего и верхнего лопия (верхний архей) в зеленокаменных структурах Центральной Карелии // Тез. докл. 1-й междунар. конф. «Fennoscandian geological correlation», 8–10 сент. 1996 г. СПб., 1996. С. 79–80.

Светова А. И., Светов С. А. REE систематика позднеархейских граувакк Койкарского стратотипа Ведлозерско-Сегозерского ЗКП Центральной Карелии // Материалы совещ. «Осадочные формации докембрия и их рудоносность». СПб., 1998. С. 64–65.

Светова А. И., Светов С. А. Палеовулканологические реконструкции верхнеархейского андезитового вулканизма Центральной Карелии (Морфология, петрохимия, РЗЭ систематика) // Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия. Корреляция геологических комплексов Фенноскандии: Материалы междунар. конф. Петрозаводск, 1999. С. 145–146.

Сергеев С. А. Геология и изотопная геохронология гранит-зеленокаменных комплексов архея Центральной и Юго-Восточной Карелии: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. 1989. 24 с.

Стратиграфия докембрия Карелии. Опорные разрезы верхнеархейских отложений / Под ред. С. И. Рыбакова. Петрозаводск, 1992. 190 с.

Тугаринов А. И., Бибилова Е. В. Геохронология Балтийского щита по данным цирконометрии. М., 1980. 130 с.

*Dover J. H.* Problems of terrane terminology – causes and effects // *Geology*. 1990. Vol. 18. P. 487–488.

*Svetov S. A., Svetova A. I.* Accretion-collision model for the formation of Archean greenstone belts in the central Karelian craton // Wehéd P., Golubev A. (eds.) Abstract volume & Field trip guidebook, 3<sup>rd</sup> annual GEODE-Fennoscandian field workshop on Paleoproterozoic and

Archean greenstone belts and VMS districts in Fennoscandian Shield, Russia, SC "Mineral" & Karelian Research Centre, 2001. P. 82–83.

*Svetov S. A., Svetova A. I., Huhma H.* Geochemistry of the komatiite-tholeiite rock association in the Vedlozero-Segozero Archean greenstone belt, Central Karelia // *Geochemistry International*. 2001. Vol. 39, Suppl. 1. P. 24–38.