

люминесценция позволяет картировать перспективные участки по поверхности и керну скважин [12].

1. *Белашев Б. З., Яковлев А. Н.* Определение параметров кристаллической решетки методом максимума энтропии // *Поверхность*. 2002. 9. С. 45–48.
2. *Белашев Б. З., Яковлев А. Н., Озерова Г. П., Лебедева Г. А.* Применение метода максимума энтропии для анализа ближнего порядка в стеклах // *Поверхность*. 2004. 8. С. 105–108.
3. *Белашев Б. З., Яковлев А. Н.* Опыт расшифровки структуры шунгита методом решения обратной задачи // *Углеродсодержащие формации в геологической истории: Тр. междунар. симпоз. (2–7 июня 1998 г., Петрозаводск)*. Петрозаводск, 2000. С. 102–106.
4. *Белашев Б. З., Карелина И. Н., Петрова В. В., Мелех М. В.* Способ определения качества слюдяного мусковитового сырья: Авт. св. СССР № 1671009, 1991.
5. *Белашев Б. З., Яковлев А. Н.* Применение максимума энтропии для обработки рентгенограмм и гамма спектров аморфных минералов // *Тр. РСНЭ'97*. Дубна, 25–29 мая 1997 г. Т. 1. С. 92–94.
6. *Амирханов Х. И., Анохина Л. К.* Применение мессбауэровской (гамма резонансной) спектроскопии в геохронологии и сейсмогеохимии. Махачкала, 1984.
7. *Белашев Б. З., Попова Т. В.* Спектральные методы детектирования геологической информации // *Материаловедение*. 2001. 7. С. 25–29.

Несмотря на простоту и доступность выбранных методов, их информативность подтверждена результатами проведенных исследований.

8. *Белашев Б. З.* Анализ смесей методом максимума энтропии // *Тр. междунар. конф. «Математические методы в технике и технологиях» (31 мая – 3 июня 2005 г.)*. Казань, 2005. Т. 2.
9. *Белашев Б. З., Кулешевич Л. В.* Декрепитация газовой-жидких включений в кварце из различных генетических типов золоторудных проявлений Карелии // *Геология и полезные ископаемые Карелии*. Вып. 8. Петрозаводск, 2005. С. 89–94.
10. *Белашев Б. З., Скамницкая Л. С., Лебедева Г. А., Озерова Г. П.* Нетрадиционные методы очистки кварца от газовой-жидких включений // *Геология и полезные ископаемые Карелии*. Вып. 3. Петрозаводск, 2001. С. 131–134.
11. *Кулешевич Л. В., Белашев Б. З.* Колчеданное оруднение Восточной Карелии (Опыт изучения состава и электрофизических свойств пиритов) // *Геология и полезные ископаемые Карелии*. Вып. 1. Петрозаводск, 1998. С. 57–72.
12. *Белашев Б. З., Гродницкий Л. Л.* Опыт применения люминесцентных методов при картировании диафоритов в Беломорском подвижном поясе и прилегающей окраине Карельского кратона // *Там же*. С. 95–99.

УГЛЕРОДИСТО-КРЕМНИСТЫЕ СЕКРЕЦИИ В МАКСОВИТАХ

Н. С. Бискэ

Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

Детальное микроскопическое изучение углеродисто-кремнистых секретий в максовитах позволило получить фактический материал, способствующий пониманию процессов миграции углеродистого вещества (УВ) и тем самым генезиса залежей максовитов, являющихся ценным сырьем многоцелевого использования. Максовиты, по М. М. Филиппову [1], – это пелитоморфные шунгитоносные породы с содержанием шунгитового вещества (ШВ) от 10 до 45%, слагающие куполообразные залежи. Максовиты являются экстремивными сапробитумолитовыми породами, для которых характерно присутствие ШВ смешанного типа: первично-осадочного и миграционного. Стратиграфически максовиты приурочены к верхней подсите заонежской свиты людиковия (нижний протерозой), выявлены в Заонежье.

По текстурным особенностям среди максовитов выделено несколько разновидностей [1–3]. В самом общем виде их распространение в купольных постройках может быть представлено следующим образом: массивные разновидности преобладают в придонной части, брекчированные – в

кровельной, слоистые – на флангах залежи. Степень брекчированности уменьшается по направлению к подошве и центру залежи. Базальный тип цемента сменяется прожилково-инъекционным. Ниже залегает высокоуглеродистая порода, именуемая С. О. Фирсовой [2] псевдобрекчией, которая содержит «кремнистый и кремнисто-углеродистый материал (аналогичный по составу цементу брекчий) в форме многоугольников, треугольников, линзочек, микропрожилков, размером 0,5–3,0 мм, разобщенных в пространстве». В этом же направлении брекчия с белым кварцевым цементом сменяется черноцементной с углеродисто-кремнистой связующей массой. В ряде работ [1, 3 и др.] псевдобрекчия отождествляется авторами с выделенной ими скрытой (шунгит-шунгитовой) брекчией, которая отличается тем, что «обломки цементируются близким по составу веществом, в составе которого присутствует также миграционное ШВ». Однако такое определение скорее отвечает черноцементной брекчии, по С. О. Фирсовой. В отличие от кварц-шунгитовой брекчии, обычно имеющей резкие прямолинейные контак-

ты цемента с вмещающей породой, для черноцементной брекчии более характерны прихотливая форма прожилков, скругленные контуры обломков и волнистая либо бугристая форма контакта, которая отмечается под микроскопом даже на макроскопически прямолинейных участках (рис., 1–4). Углеродисто-кремнистые секретиции морфологически весьма разнообразны: прожилковидные, округлые, линзовидные, неправильной, нередко весьма сложной формы. Как в цементе, так и в брекчированном маковите наблюдаются признаки течения.

Углеродисто-кремнистые секретиции, как правило, полностью раскристаллизованы и представляют собой микро- или мелкозернистый гранобластовый агрегат со слабо волнистым погасанием (рис., 1). Цвет цемента варьирует от черного до светло-серого в зависимости от содержания УВ и степени кристалличности. В светло-сером цементе частицы УВ не удается диагностировать под обычным микроскопом, и можно лишь предполагать наличие вокруг зерен кварца тонких (менее 1 мкм) пленок УВ, зафиксированных при электронно-микроскопическом изучении [1].

Цемент брекчий характеризуется структурно-текстурной неоднородностью. В пределах одного шлифа можно наблюдать самые разнообразные сочетания минеральных агрегатов, различающихся как структурно, так и количественным соотношением компонентов.

Непосредственно к стенкам полости нередко примыкает темно-серый однородный углеродисто-кремнистый агрегат с размером зерен $n-0,001$ мм. Спорадически в нем отмечаются реликты коллоидного строения в виде фрагментов неправильных по форме концентрически-зональных и полосчатых образований. Переход к светлому, обычно более крупнозернистому (с размером зерен $n-0,01$ мм) углеродисто-кварцевому агрегату может быть как резким, фиксируемым почковидной или бугорчатой границей (рис., 3), так и постепенным через чередование узких нечетких зон. Реже в призальбандах наблюдается симметричное тонкое напластование зон различного состава и зернистости (рис., 4). Светлый углеродисто-кварцевый агрегат может присутствовать в призальбандовых частях, а остаточные межпочечные пространства выполнены однородной темно-серой углеродисто-кремнистой массой. Кроме углеродисто-кремнистого агрегата здесь наблюдаются выделения УВ, сульфидов и карбонатов до 0,5 см в длину.

Характерной особенностью светлого углеродисто-кремнистого агрегата является наличие правильных сферических образований размерами от десятков микрон до 2 мм (рис., 2). Сфероиды отличаются составом, количеством (от двух до более сотни) и шириной зон (от $n-0,1$ мкм до $n-0,1$ мм). Углеродистые концентры чередуются с кремнистыми, углеродисто-кремнистыми и кремнисто-углеродистыми. Изредка наблюдаются зоны угле-

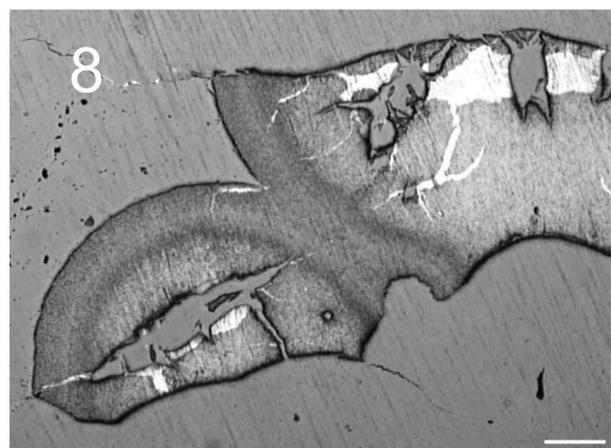
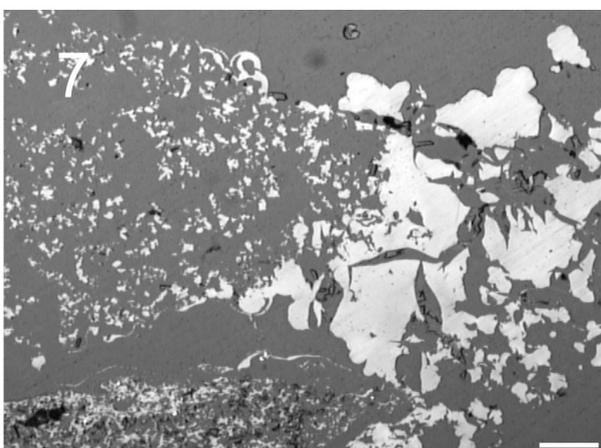
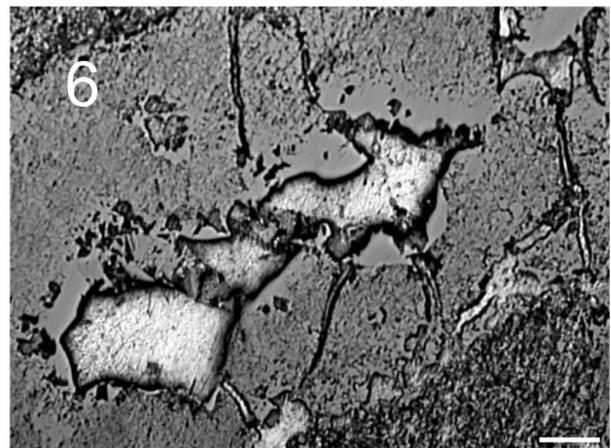
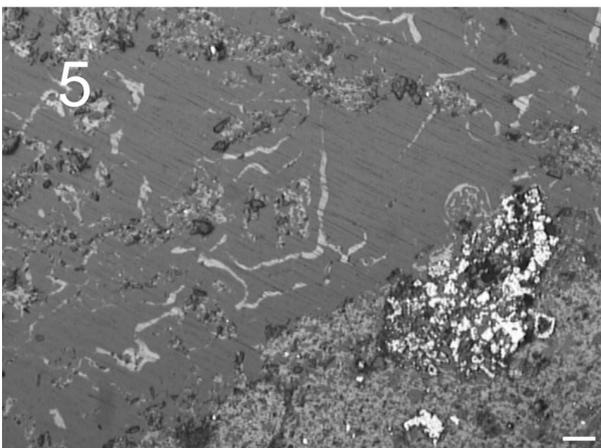
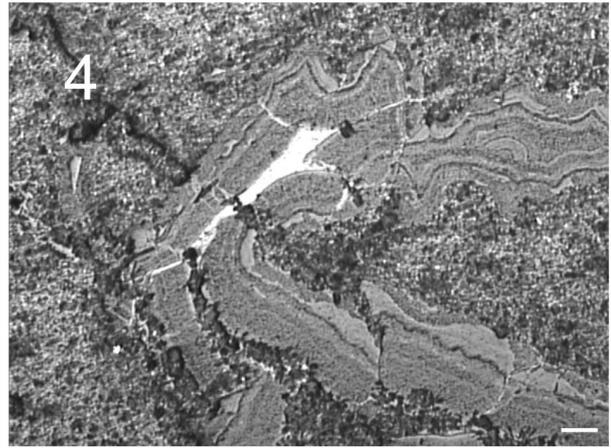
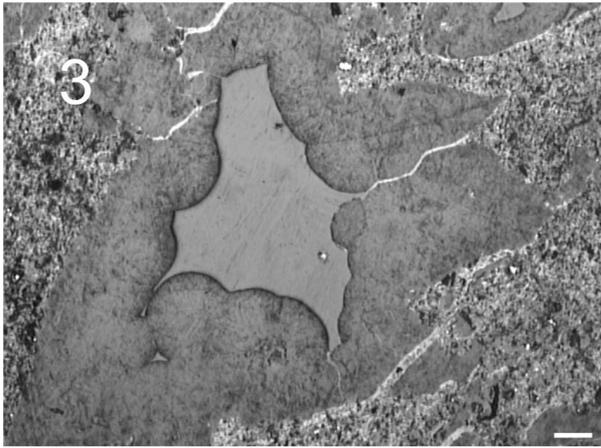
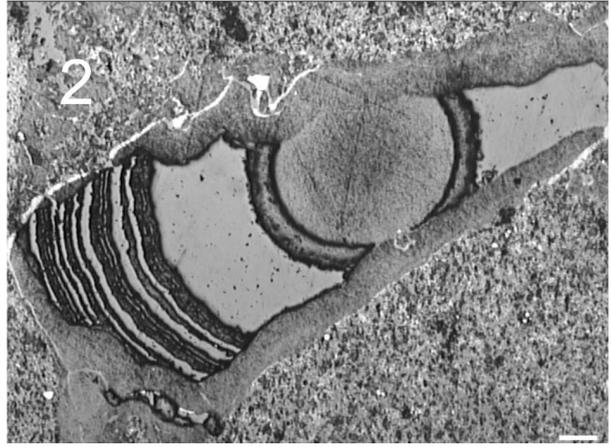
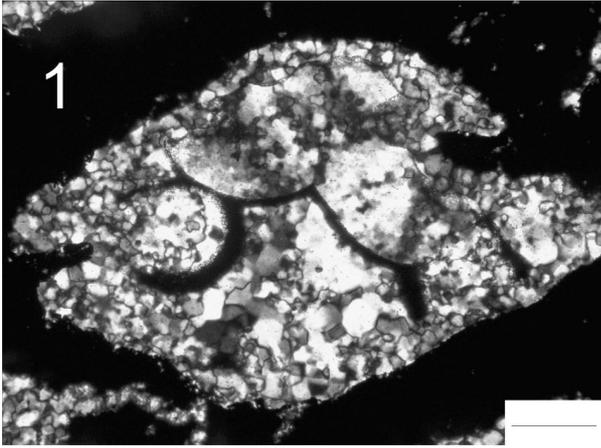
родисто-карбонатного состава (рис., 2). Сферические образования имеют скрытокристаллическую структуру. Под электронным микроскопом в них проявляются гелевые структуры, характеризующиеся различной степенью преобразования коллоидного вещества (глобулярная, субколлоидная и др.). Сферические образования присутствуют в жеодах, в виде полусфер нарастают на стенках пустот или на бугристой поверхности темно-серой углеродисто-кремнистой массы. Появление между соседними параллельными слоями мелких почек в виде сфер и полусфер говорит о прерывистом характере отложения.

Большой частью удается наблюдать лишь реликты сферических форм в виде отдельных узких концентр (рис., 1) или фрагментов концентрически-зональных структур, грубо радиально ориентированных кварцевых зерен, а также «крестов погасания», характерных для кремнистых (халцедоновых) сферолитов. Сферические и извилистые углеродистые прожилки, возможно, фиксируют скрытые поверхности почек (рис., 5). По многочисленным трещинам контракции в углеродисто-кремнистом агрегате наряду с УВ развиваются кварц, слюда, реже – сульфиды, калишпат и кальцит.

Миграционное углеродистое вещество является неоднородным по составу, структуре и оптическим свойствам. Наиболее распространено однородное УВ желтого различной интенсивности цвета, анизотропное, обладающее более высокой отражательной способностью, чем более редкое бронзово-серое миграционное УВ, которое содержит тонкодисперсную (меньше 1 мкм) примесь минеральных частиц.

Желтое УВ в виде тонких, нередко прерывистых микропрожилков окаймляет маковиты в жеодах, выполняет трещинки отслоения и усыхания в углеродисто-кремнистом цементе (рис., 2–6). Каемки УВ, окаймляющие маковиты или их обломки, имеют волнистые, местами почковидные границы. В отдельных тонких зонах в УВ наблюдаются перистые и чешуйчатые структуры, которые возникли, по всей видимости, в результате перекристаллизации. Согласно данным, приведенным в работе [4], подобные структуры свидетельствуют о появлении графитоида или скрытокристаллического графита. В интенсивно обуглероженных участках брекчий в центральной части кварцевых прожилков присутствуют относительно крупные почковидные обособления УВ (рис., 7). Они обычно брекчированы и залечены слюдой, калишпатом и кварцем, которые разделяют фрагменты микропрожилков УВ или зарастают поперечные трещинки в них.

Углеродистые оторочки имеют с маковитами нерезкий контакт, могут содержать минеральные включения вмещающей углеродистой породы, так же как и прожилки, которые переходят из маковита в цементирующую массу. Мелкие обломки



Микротекстуры и микроструктуры углеродисто-кремнистых секретий в максовитах:

1 – прозрачный шлиф, с анализатором; 2–8 – полированные шлифы; линейка – 0,1 мм. 1 – тонкие концентрические зоны, состоящие из углеродистого вещества, сохраняются в кварцевом агрегате с микрогранобластовой структурой, развившемся при перекристаллизации кремнистого геля; 2 – концентрически-зональное образование в максовите. Углеродистое вещество – белое, кварц – светло-серый, углеродисто-кремнистая масса – серая, углеродисто-карбонатная масса представлена тонким чередованием черных и темно-серых полос; 3 – почковидные углеродисто-кремнистые образования в брекчированном максовите. Пирит – ярко-белый, углеродистое вещество – белое, кварц – светло-серый, углеродисто-кремнистая масса – серая; 4 – зональное и концентрически-зональное (справа сверху) строение брекчированного углеродисто-кремнистого агрегата. Трещинки усыхания выполнены углеродистым веществом (белое), по секущим максовит трещинкам и в оторочке развивается мелкочешуйчатая слюда (черное); 5 – брекчированный максовит с метаколломорфными выделениями пирита (ярко-белое). Извилистые прожилки, сложенные углеродистым веществом (светло-серое), возможно, отвечают скрытым поверхностям почек в раскристаллизовавшемся углеродисто-кремнистом геле (темно-серое); 6 – обособление углеродистого вещества в углеродисто-кварцевой массе брекчировано, обростаёт кварцем, калишпатом и слюдой. Трещинки усыхания в микрозернистом углеродисто-кварцевом агрегате выполнены углеродистым веществом. Брекчированный максовит; 7 – колломорфные выделения углеродистого вещества в микрозернистом углеродисто-кварцевом цементе (раскристаллизовавшемся кремнистом геле). Наиболее крупные почковидные обособления углеродистого вещества (белое) брекчированы, разделены агрегатом слюдки, калишпата и микрозернистого кварца; 8 – сферические углеродисто-кремнистые образования в микрозернистой углеродисто-кварцевой массе. Трещины усыхания в сферолитах выполнены углеродистым веществом (белое), калишпатом и слюдой (серое)

максовитов в углеродисто-кремнистом цементе нередко обуглерожены, причем наблюдается постепенный переход от максовита к однородному желтому УВ, содержащему единичные минеральные микровключения размером $n=0,01$ мм. Обуглероженные ксенолиты максовитов обычно соединены тонкими «перемычками», сложенными УВ.

Желтое УВ выполняет жеоды в максовитах и жеодоподобные остаточные пространства в цементе брекчий. Последние имеют форму многоугольника (нередко удлиненного) с обращенными к центру выпуклыми сторонами. Наиболее поздние микропрожилки УВ рассекают как углеродисто-кремнистые выполнения, так и максовиты.

Бронзово-серое миграционное УВ образует в брекчированных максовитах микропрожилки прихотливой формы с тонкой линзовидной полосчатостью, обусловленной колебаниями в содержании УВ, а также слагает почковидные агрегаты и сплошные выделения в межпочечных остаточных пустотах (рис., 8). Отмечается постепенное изменение количества тонкодисперсной минеральной примеси (а следовательно, цвета и отражательной способности) по простираению прожилка, в сферолитах – в радиальном направлении, реже – по центрам.

Бронзово-серое УВ сечется микропрожилками желтого УВ, встречается в нем в виде линзовидных и полосчатых обособлений. Оба вида УВ участвуют в различном соотношении в совместных выделениях.

В зональной жеоде с тонкозернистой углеродисто-кварцевой оторочкой, на бугристой поверхности которой нарастают углеродисто-кремнистые сферолиты, желтое УВ проникает по отдельным центрам, брекчируя и поглощая их, вплоть до появления бронзово-серого УВ с точечными минеральными включениями.

В заключение необходимо отметить, что выполнение углеродисто-кремнистых секретий в залежах максовитов происходило при участии коллоидных растворов и носило длительный, прерывистый, многостадийный характер. Коллоидная природа углеродисто-кремнистой массы обосо-

бывается наличием бугристо-полосчатых зон; почковидных и концентрически-зональных образований, отложившихся на стенках открытых трещин; углеродисто-кремнистых сфероидов и их реликтов в жеодах; признаков флюиальности в цементе брекчий, а также многочисленных трещин усыхания, выполненных более поздними образованиями. Консервирующие свойства УВ обусловили в значительной мере сохранение колломорфного строения при перекристаллизации.

Заложение наиболее ранних секретий, вероятно, имело место по трещинам синерезиса в сапропелевом осадке, еще не полностью утратившем пластичность. Бугристая форма контактов секретий с максовитами; извилистая, нередко петлеобразная форма микропрожилков, признаки флюиальности как в цементе брекчий, так и в боковой породе говорят в пользу этого предположения. Форма секретий определялась формой пустот и пор (в том числе трещин усыхания). Мелкие округлые обособления образовались, возможно, на месте газово-жидких включений, многоугольные с вогнутыми сторонами обособления отражают форму межпочечных пустот.

Миграционное УВ обнаруживает большое морфологическое разнообразие. Наличие секущих взаимоотношений позволяет выделить не менее трех генераций УВ. После отвердения углеродисто-кремнистого геля движение газово-жидкого флюида происходило, по всей видимости, по трещинам контракции, отслоения, остаточным пустотам, линзовидным полосам ксенолитов, так как именно здесь наблюдается отложение УВ, а несколько позже мелкозернистого кварца, слюды, сульфидов и т. п. Основной этап формирования миграционного УВ, вероятно, обусловлен внедрением силлов габбро-долеритов, обеспечивших мощный прогрев, вплоть до образования скрытокристаллического графита. Отложение миграционного УВ нередко сопровождалось метасоматозом ранее образовавшихся минеральных масс.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 05-05-97513р-север-а.

1. Филиппов М. М. Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск, 2002. 280 с.

2. Фирсова С. О., Шатский Г. В. Брекчии в шунгитовых породах Карелии и особенности их генезиса // ДАН СССР. 1988. Т. 302. С. 177–180.

3. Рычанчик Д. В., Ромашкин А. Е. Особенности внутреннего строения Максовской залежи шунгитовых по-

род // Углеродсодержащие формации в геологической истории: Тр. междунар. симпоз. (2–7 июня 1998 г., Петрозаводск). Петрозаводск, 2000. С. 73–79.

4. Фирсова С. О., Якименко Е. Ю. Еще раз к вопросу о шунгите // Литология и полезные ископаемые. 1983. № 3. С. 88–94.

ЭКЛОГИТЫ БЕЛОМОРСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА

О. И. Володичев

Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск, volod@krc.karelia.ru

В современной геологии проблемы высокобарических (НР) и ультравысокобарических (УНР) комплексов приобрели особую актуальность. Связано это с тем, что в соответствии с получившей широкое распространение и среди отечественных специалистов теорией тектоники плит данные комплексы и, в первую очередь, эклогиты как главный их компонент являются индекс-признаком конвергентных – субдукционных и коллизионных процессов. В результате столь повышенного внимания к указанной проблеме в последний период было получено много интересных данных, позволивших значительно расширить и углубить наше представление как о геологии и петрологии этих комплексов, так и об особенностях геодинамики процессов их образования и последующей их эксгумации. В числе несомненных достижений в этой области особое место занимает первая в мире достоверная находка позднеархейских коровых эклогитов в Беломорском подвижном поясе (БПП) в районе с. Гридино [1] и на Кольском полуострове в районе Б. Салмы [2, 3]. Значимость названных находок заключается в том, что многие исследователи считают, что в архее из-за высокого геотермического градиента и сравнительно тонкой земной коры эклогиты, как наиболее показательные индикаторы глубокой субдукции, не могли образоваться, и только в позднем протерозое (около 1 млрд лет назад) возникли условия, необходимые и достаточные для развития литосферы Земли по плитотектоническому сценарию и, следовательно, для образования эклогитов. Позднее благодаря находке эклогитов в Усагаранском поясе Танзании с возрастом 2,0 млрд лет [4] этот рубеж отодвинули вглубь на 1 млрд лет, но отношение к специфике архейской геодинамики в основном оставалось прежним.

Главным следствием этой находки является вывод о вероятном существовании в архее относительно мощной (порядка 60–65 км) земной коры, достаточной для проявления на раннем этапе развития Земли конвергентных плитотектонических процессов – субдукции, судя по Р-Т параметрам эклогитового метаморфизма, в условиях «теплой»

плиты (геотермический градиент 13–14 град/км, $P = 14,0–17,5$ кбар, $T = 740–865$ °С) и коллизии. Какую геодинамическую природу имеют данные архейские эклогиты, связано ли их образование с одним из этих процессов или они просто являются эксгумированным фрагментом нижнекоровых образований, предстоит выяснить в ходе последующих более детальных исследований.

В районе с. Гридино эклогиты распространены в пределах линейной структуры, генетическая природа которой интерпретируется как зона интенсивно мигматизированного тектонического меланжа [1]. Аллохтонный характер обломочного компонента меланжа определяется большим разнообразием пород в обломках, с учетом их генетических и петрогеохимических особенностей как в структуре в целом, так и в отдельных участках и обнажениях; различной степенью и характером фрагментарности пород; разной степенью участия их в деформациях; значительным градиентом в условиях метаморфизма отдельных компонентов, а также несомненным отличием от пород, слагающих пограничные структуры. В составе обломочного компонента резко преобладают породы основного состава – эклогиты и продукты их ретроградного преобразования; метаморфизованные, в том числе и эклогитизированные, габброиды разного состава, формационной принадлежности и, вероятно, возраста; разнообразные амфиболиты – полевошпатовые, гранатовые и гранат-клинопироксеновые, а также метапироксениты; образовавшиеся по анортозитам цоизитовые породы; реже гнейсы, и в том числе кианит-гранат-биотитовые и кальцифиры.

Эклогиты с возрастом 2720 ± 8 млн лет [5], образованные в основном по базитам, сопоставимым с офиолитоподобным комплексом БПП [6], а также по пироксенитам и магнезиальному габбро, уже в домигматитовый период прошли полный цикл ретроградных преобразований, включающий образование симплектитовых эклогитов нескольких генераций и гранат-клинопироксеновых амфиболитов ($P = 14,0–13,0$ кбар до 6,5 кбар, $T = 770–650$ °С), испытавших к тому