
М. М. Филиппов, Н. С. Бискэ, А. В. Первунина, Ю. Е. Дейнес

СОПОСТАВЛЕНИЕ ИЗВЕСТНЫХ И НОВЫХ ДАННЫХ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ МАКСОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШУНГИТОНОСНЫХ ПОРОД

Введение

Максовское месторождение приурочено к шестому горизонту шунгитоносных пород второй продуктивной пачки верхней заонежской подсвиты людикийского надгоризонта нижнего протерозоя. В разрезах подсвиты выявлены (Геология..., 1982; Органическое вещество..., 1994) пирокластические и лавовые образования, а также силлы долеритов мощностью от 20 до 80 м. Такая насыщенность разрезов интрузиями не могла не оказать влияние на процессы формирования месторождений максовитов*. Сторонники эндогенной гипотезы, например Л. П. Галдобина (1991), рассматривают образование «караваеобразных тел высокоуглеродистых пород» как результат отложения вещества поствулканическими газово-флюидными растворами. В диапировой модели генезиса месторождений максовского типа (Филиппов, 2002) роль интрузий учитывается лишь как фактор, обеспечивающий, наряду с другими породами, необходимое первичное условие для инверсии плотности в разрезе и, как следствие, развитие складок нагнетания.

Фактические данные свидетельствуют, по крайней мере, о массовом проявлении контактовых преобразований шунгитоносных пород. На многих участках (Карнаволок, Лебещина, Красная горка и др.) встречены и описаны измененные под влиянием тепла интрузий шунгитоносные породы. При ведении разведочных работ на Максовском месторождении (Михайлов, Купряков, 1985) также отмечались многочисленные признаки контактового влияния интрузивных тел на состав и свойства максовитов, однако предполагалось, что изменения пород в области контактов не существенны и не влияют на технологические свойства сырья. В 2002 г. были выполнены детальные исследования контактовых изменений максовитов и долеритов (Филиппов и др., 2002) в основном по керну скважины, пересекающей седьмой шунгитоносный горизонт и силл, обрамляющий западное

крыло месторождения. Было показано, что: а) на контакте с основными породами максовиты преобразованы в кокс, содержание шунгитового вещества в них существенно уменьшается, увеличивается содержание кварца, серицита, эпигенетичного пирита и кальцита, появляется пирротин, изотопный состав углерода и азота становится более тяжелым, молекулярная и надмолекулярная структура шунгитового вещества становится более упорядоченной, подвижные элементы мигрируют из зоны контакта на некоторое расстояние совместно с органическим веществом, миграционные формы шунгитового вещества представлены антраксолитами, в том числе их сажистыми разновидностями; б) плотность долеритов на контакте с шунгитоносными породами заметно снижается, уменьшается их электрическое сопротивление, магнитная восприимчивость и прочность, увеличивается радиоактивность и водопоглощение, непосредственно на контакте, как правило, резко возрастает содержание пирита, структура становится тонкозернистой, текстура миндалекаменной, появляется шунгитовое вещество по трещинам, в миндалинах и между зернами, причем не только в зонах контактов, но и на значительном удалении от них; в) мощность измененных максовитов для приведенных выше признаков от 2 до 5 м, долеритов – до 8 м. Активная деструкция органического вещества в условиях повышенных температур приводила к образованию газобразных и жидких углеводородов, склонных к полимеризации, т. е. не способных к дальней миграции. По этой причине в составе максовитов всегда присутствует антраксолит. Было высказано предположение о том, что сильный прогрев, вызывая глубокое преобразование органического и минерального вещества, оказал также влияние на развитие залежи максовитов (складки нагнетания), например, за счет повышения пластичности пород, уменьшения их вязкости, появления подвижных углеводородов и сопутствующего этому явлению разуплотнения пород. Было также установлено, что углеродистое вещество в долеритах является либо ассимилированным из ксенолитов осадочных пород, либо миграционным, образованным при катагенезе первично-осадочного органического вещества.

* Максовит – порода с высоким содержанием шунгитового вещества ($C_{св} > 20\%$), ее структура пелитоморфная или микрозернистая, текстура массивная или брекчиевидная. Генетически шунгитовое вещество частично является метасапропелевым, частично – миграционным органическим веществом.

Начавшиеся в 2005 г. работы по промышленному освоению Максовского месторождения позволили продолжить исследование проблемы влияния магматизма на формирование купольных шунгитоносных структур. Так, в юго-западной части месторождения в результате вскрышных работ 2008 г. на большой площади выявлен элювий по интенсивно выветрелым основным породам, который при разведке 1982–1985 гг. был принят за флювиогляциальные отложения. Полевые наблюдения стенок вскрышного котлована в совокупности с анализом геофизических материалов привели авторов данной статьи к выводу, что в этой части месторождения находится внутрикупольный силл с подводящим каналом, который ранее принимался за дайку. Большая площадь силла и выраженные изменения максовитов по всей поверхности верхнего и нижнего контакта позволяют определить время внедрения силла по отношению к формированию купольного тела, установить степень преобразования органического вещества осадочных пород до этого события, выявить новые данные о глубине и масштабе контактового преобразования сапропелитов. В статье приведены материалы по определению контура распространения субпластовой части силла, скорректировано геологическое строение юго-западной части месторождения, описан элювий по долеритам и дана дополнительная характеристика контактового метаморфизма максовитов.

Материалы наблюдений и их обсуждение

Общие сведения о месторождении

Максовское месторождение, сложенное массивными, брекчированными и трещиноватыми максовитами и частично срезанное эрозией, является ядром антиклинальной складки. Выявлены структурные, литологические и геохимические признаки формирования залежи как диапирового тела. Особенности его геологического строения достаточно полно отражены в многочисленных работах как геологов Карельской поисково-съёмочной экспедиции (КПСЭ) – производственной организации, занимающейся в разные годы поисками и разведкой месторождений максовитов (Михайлов, Купряков, 1985), так и специалистов научно-исследовательских институтов России (Филиппов, 2002 и др.). В ряде зарубежных публикаций также имеются основные сведения по геологии месторождения (Melezhik et al., 2004 и др.).

На рис. 1 приведен план, а на рис. 2 – разрезы юго-западной части Максовского месторождения, полученные в процессе детальной разведки 1982–1985 гг. (Михайлов, Купряков, 1985). Характерной особенностью геологического строения залежи является наличие трех силлов габбродолеритов, невыдержанных по мощности и выклинивающихся по простиранию. Северо-западное и юго-западное крыло купольного тела максовитов плавно обрамляет силл, внедрившийся между шестым и седьмым шунгитоносными горизонтами. На западе месторождения этот силл образует локальную синклинальную склад-

ку, глубоко входящую в купольную структуру, которая в результате приобретает резко асимметричную форму. Было высказано предположение о том, что асимметрия залежи является следствием деформации при механическом воздействии силла.

По данным работы (Михайлов, Купряков, 1985), в центральной части купола субвертикальное тело габбродолеритов (дайка) переходит в субгоризонтальную апофизу (скв. 207), точные размеры которой в процессе разведки определены не были. В работе А. М. Ахмедова (1995, с. 127) породы этого «трубообразного» тела названы ксенокластолавами «с отчетливо выраженной зональностью»: «в осевой части преобладают шунгитистые ксенокластолавы, в краевых – шунгитовые туфы и шунгиты с пузырьчатой, оолитоподобной и конкрециевидной текстурами и структурами».

Локализация внутрикупольного силла долеритов

В ходе разработки Максовского месторождения была вскрыта апикальная часть субвертикального тела долеритов (подводящего канала внутрикупольного силла) – стенка ЕЖ карьера (см. рис. 1) и на большой площади – верхний контакт силла с максовитами (его субгоризонтальная часть) – стенки вскрышного котлована АВ, ВГ, ГД, ДЕ.

Контур распространения внутрикупольного силла и, как следствие, коррекция схемы геологического строения западной части месторождения и ряда разрезов были проведены с использованием геофизических методов разведки (рис. 3). Геофизические материалы были получены в разные годы и на разных стадиях разведки месторождения научными сотрудниками Института геологии КарНЦ РАН (ИГ), а также специалистами КПСЭ*. По юго-западной части месторождения наблюдения были выполнены методами магниторазведки, электроразведки – методом естественного электрического потенциала (ЕП) и в ограниченном объеме (один профиль) малоглубинной сейсморазведки.

На графиках аномального магнитного поля в юго-западной части месторождения (рис. 4, Б) наблюдается резкий переход низких значений dT (до -150 нТл), соответствующих максимальной для месторождения мощности максовитов, к средним значениям $dT = -100$ нТл, а затем к повышенным – более 200 нТл. На графике dT по профилю 2 знакопеременными аномалиями отмечаются наклонные границы контактов обрамляющего и внутрикупольного силлов с максовитами. Появление аномальных зон связано с тем, что магнитная восприимчивость максовитов в области контакта резко возрастает, поскольку здесь часто появляется пирротин, и становится сопоставимой, а иногда и выше магнитной восприимчивости типичных габбродолеритов. Геофизический профиль 1, совпадающий с геологическим профилем 11-11' (рис. 4, В), позволяет обоснованно провести границу внутрикупольного силла и выделить вмещающие залежь породы по аномальным значениям магнитного поля до

* Геофизические наблюдения были проведены при участии Л. А. Пруссакова, Б. Н. Клубукова, А. В. Суханова.

100 нТл. Обрамляющий силл долеритов по данным магниторазведки на этом профиле проявлен слабо, однако он четко прослеживается на сейсмотомографическом разрезе как область повышенных скоростей. Его подошва уверенно отделяется от туфоалевролитов, которые сменяются максовитами шестого горизонта. Менее контрастно на фоне максовитов выделяются сохранившиеся от выветривания долериты внутрикупольного силла.

Уточнение контура распространения долеритов под четвертичными отложениями проведено с учетом материалов электроразведки методом ЕП (рис. 4, А). Максовиты естественных обнажений обычно отмечаются аномалиями до -1200 мВ, обуглероженные долериты субпластовой части внутрикупольного силла отмечаются отрицательными аномалиями значительно меньшей амплитуды (до -500 мВ).

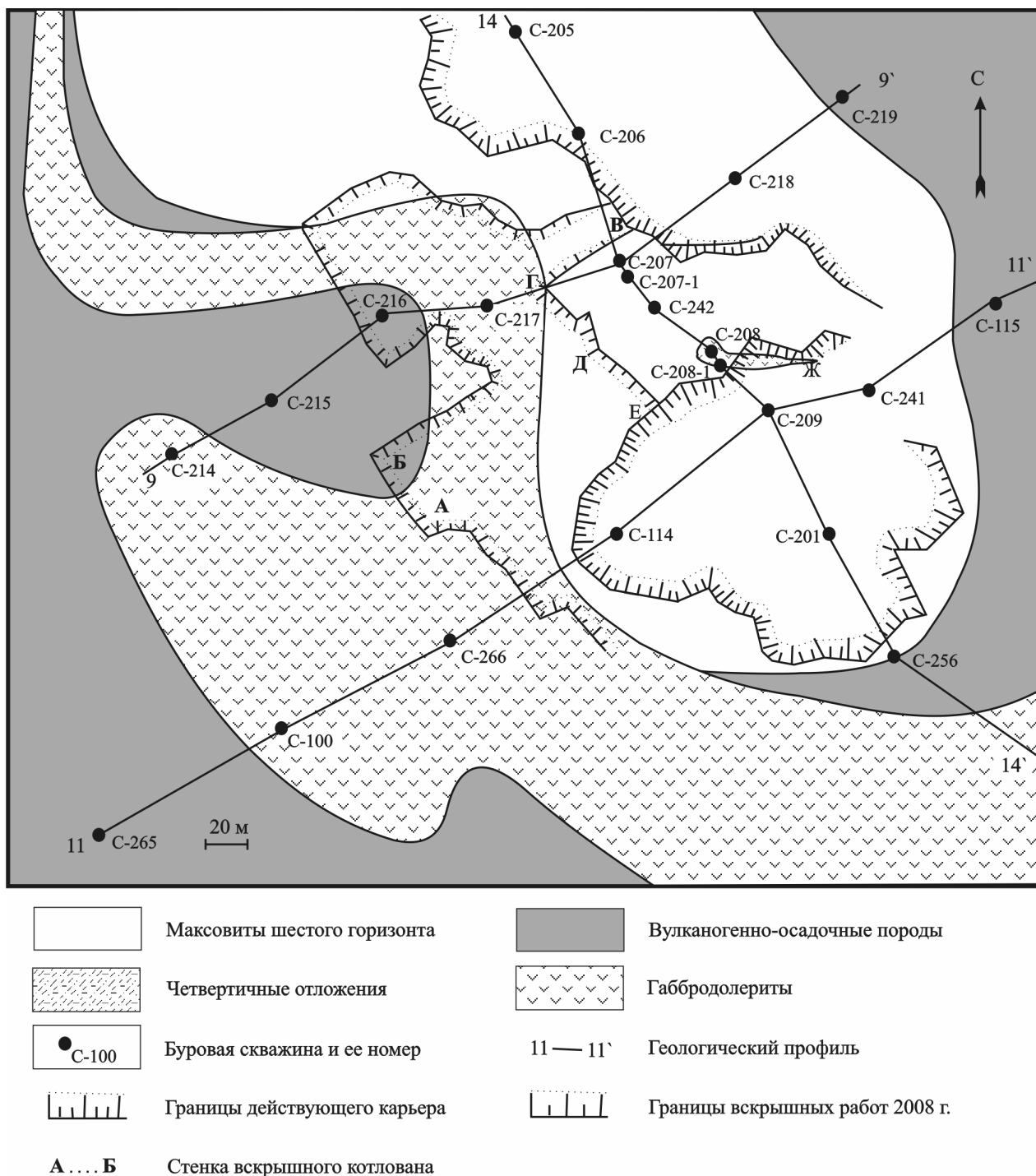


Рис. 1. Схема геологического строения юго-западной части Максовского месторождения (по: Михайлов, Купряков, 1985)

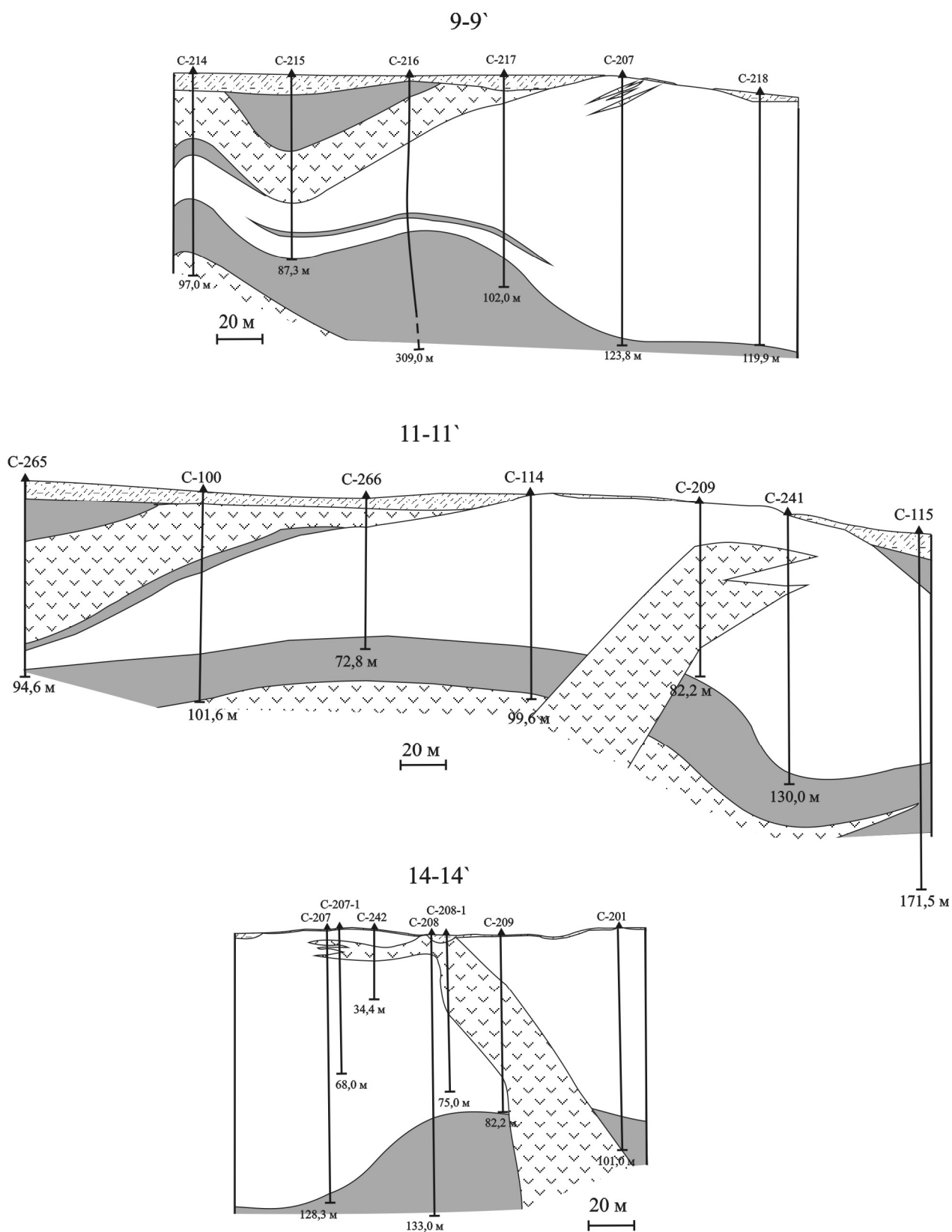


Рис. 2. Разрезы юго-западной части Максовского месторождения (по: Михайлов, Купряков, 1985):

Положение разрезов и условные обозначения см. рис. 1

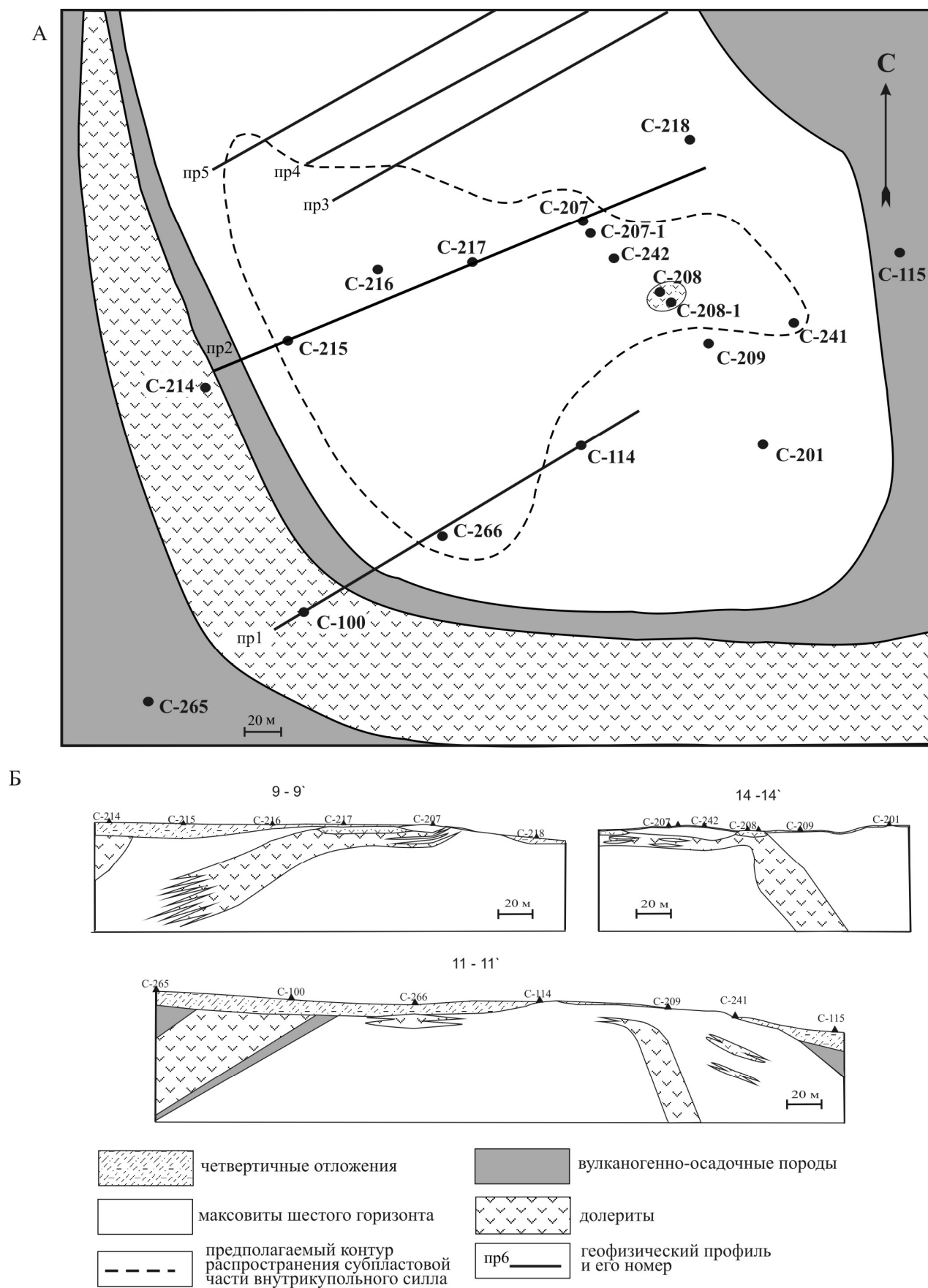
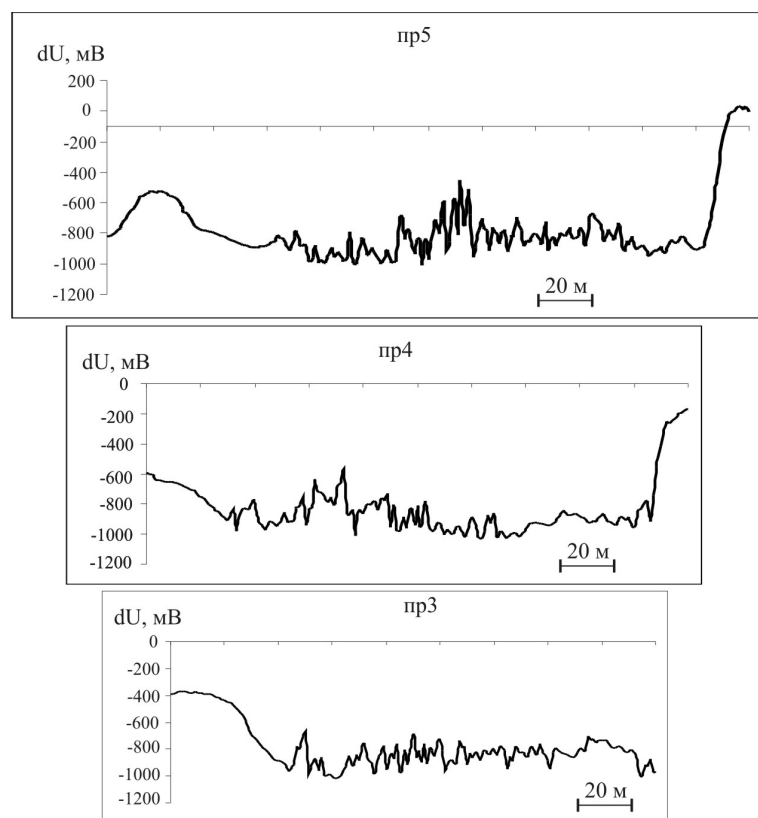
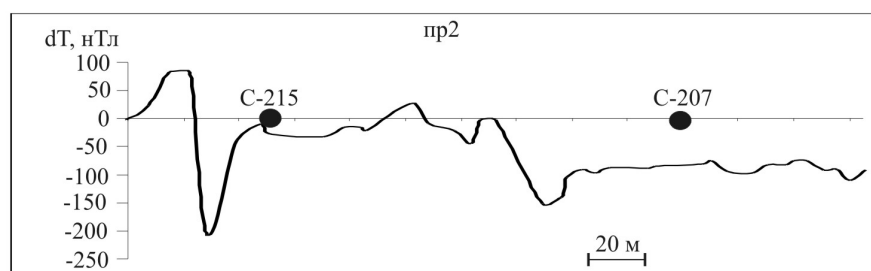


Рис. 3. Уточненная схема геологического строения (А) и разрезы (Б) юго-западной части Максовского месторождения

А



Б



В

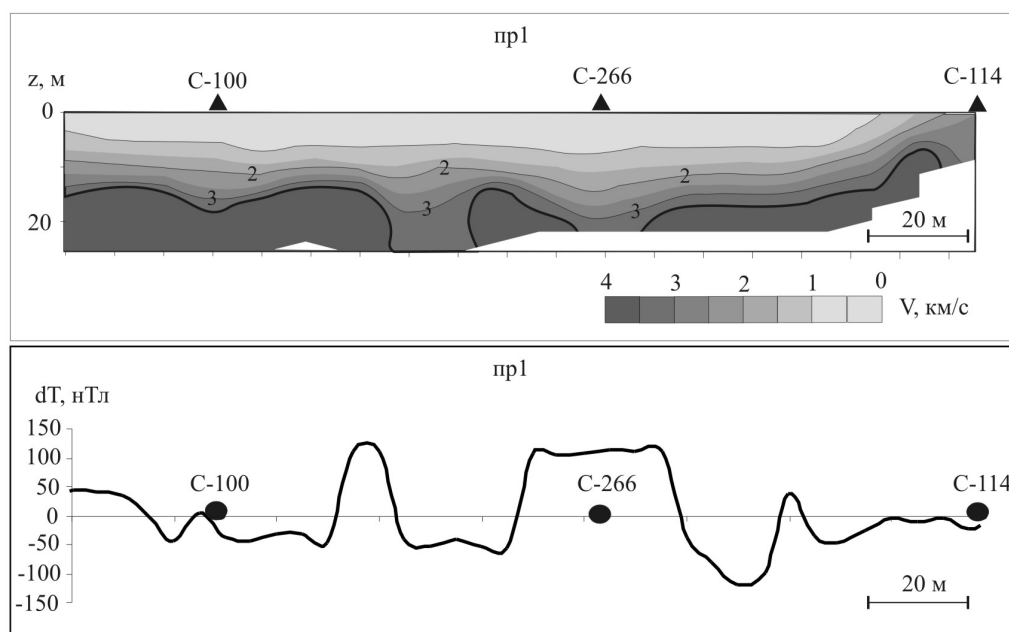


Рис. 4. Геофизическое обоснование границ распространения внутрикуольного силла:

А – графики разности потенциалов естественного электрического поля; Б – график аномального магнитного поля;
В – скоростной сейсмотомографический разрез и график аномального магнитного поля

Геофизические измерения, материалы наблюдений стенок вскрышного котлована, данные анализа первичной документации и сохранившегося керна разведочных скважин в совокупности позволили наметить контур распространения субпластовой части внутрикупольного силла (см. рис. 3). Из-за волнистого характера кровли эрозии были подвергнуты лишь гипсометрически наиболее приподнятые участки, которые выходили на дневную поверхность или, как уже отмечалось, залегали на небольшой глубине под максовитами зоны коксования.

Материалы визуальных наблюдений стенок действующего карьера и вскрышного котлована

Подводящий канал силла в центре сложен мелко-, среднезернистыми, на контакте с вмещающими максовитами – тонкозернистыми разновидностями. По данным визуального осмотра керна скважин 208-1 и 209, долериты разбиты многочисленными трещинами, которые заполнены максовитами со следами течения и мелкими обособлениями антраксолита. Вероятно, этот материал заполнял трещины в результате снижения вязкости сапропелитов под влиянием сильного их прогревания внедряющейся магмой и локального повышенного давления, возникающего за счет быстрого катагенеза органического вещества. Следовательно, максовиты с разным содержанием углерода в трещинах подводящего канала не являются ксенолитами.

Элювий по долеритам (рис. 5, А) представляет собой остаточную глину ярко-желтого или желто-бурого цвета, в куске рыхлую или с трудом поддающуюся ручному разламыванию. Почти по всему периметру вскрышного котлована его стенки представляют собой разрезы, состоящие из слоя элювия по долериту и измененных максовитов мощностью от 30 см до 3,0 м. Видимая мощность слоя элювия в разных стенках вскрышного котлована составляет от 0,5 до 3,5 м. В северо-западной части стенки ДЕ (см. рис. 5, А) вскрыт типичный для четвертичных ледниковых отложений аллювий, представляющий грубую смесь суглинка и беспорядочно ориентированных валунно-галечных включений сланцев, гранитов, основных пород.

В слое элювия встречены ксенолиты максовита в долерите, размер которых варьирует от 0,2 до 0,6 м. Максовиты имеют столбчатую отдельность, при этом призмы ориентированы перпендикулярно границам ксенолита. Некоторые фрагменты сложены серым, пористым, выветрелым максовитом, иногда с хаотично ориентированной отдельностью. Нередко в ксенолитах наблюдаются признаки рассланцевания.

В элювии местами наблюдаются реликты шаровой отдельности, образующейся в процессе гипергенеза долеритов и характерной для вулканических и гипабиссальных пород основного состава (рис. 5, Г, Д). Эти округлые обособления состоят из наружного слоя (скорлупы) или нескольких слоев, представленного материалом, отличающимся от типичного элювия большей плотностью и меньшей степенью

выветривания. Центральная часть обособлений представлена в виде плотных останцов с шероховатой поверхностью размером от 5–10 см. В плотной породе центральной части наблюдается реликтовая миндалекаменная структура. Миндалины выполнены кварцем и шунгитовым веществом, также встречаются полости. Размер полостей и миндалин колеблется от 0,2 см до 0,5 см. Шероховатая поверхность останцов обусловлена неоднородностью, связанной с миндалекаменной структурой породы и разным составом минералов, заполняющих миндалины.

Размер обособлений увеличивается к низам разрезов стенок вскрышного котлована. Образование подобных форм, вероятно, было возможно при внедрении краевых частей силла в пластичные сапропелиты, подобно тому, как образуются шаровые лавы при подводных извержениях. Очевидно, что такая отдельность долеритов создавала высокую проницаемость силла для грунтовых вод и тем самым способствовала развитию процесса гипергенеза. Образование элювия под сохранившимися от эрозии максовитами (см. рис. 5, А) было возможным также благодаря их повышенной проницаемости, появившейся под влиянием контактового метаморфизма. Скорлуповатые обособления являются переходной зоной к долеритам, не затронутым процессами выветривания, т. е. элювий развивался не на полную мощность силла.

На основании визуальных наблюдений экзоконтакта выделена зона коксования максовитов мощностью до 1,5 м, состоящая из двух подзон. Первая – непосредственно на контакте, представлена обычно рыхлой пачкающей черной породой с кавернозной текстурой (рис. 5, Б). Мощность подзоны 2–8 см. В некоторых местах эта подзона отсутствует. Непосредственно в контакте наблюдаются также брекчированные максовиты, трещины в которых заполнены антраксолитом. Порода разбита, рассланцована, имеет зеркала скольжения, по которым развиваются пленки шунгитового вещества.

Во второй подзоне коксования максовиты имеют характерную столбчатую отдельность в виде призм высотой от 2 до 20 см, ориентированных перпендикулярно контакту (рис. 5, Б). Призмы в сечении (рис. 5, В) имеют вид неправильных многоугольников, отделенных друг от друга либо скрытыми, либо зияющими трещинами. По стенкам трещин развиваются пленки шунгитового вещества или пирита. Цвет максовитов стально-серый с матовым тусклым блеском. Подзона выдержана по всей площади кровли силла. В верхней части подводящего канала (стенка ЕЖ на рис. 1) столбчатая отдельность максовитов развита в виде сноповидных изогнутых скоплений шестигранных призм длиной до 1 м, что свидетельствует о длительном движении расплава через эту область. Местами выше развития крупных призм встречаются мелкие призмы (1×3 см), которые иногда смяты и хаотично ориентированы относительно контакта. Коксы по сапропелитам Максовского месторождения сходны с природными коксами, развивающимися в угольных пластах на контактах с интрузиями различного состава (Гаврилова и др., 1985).

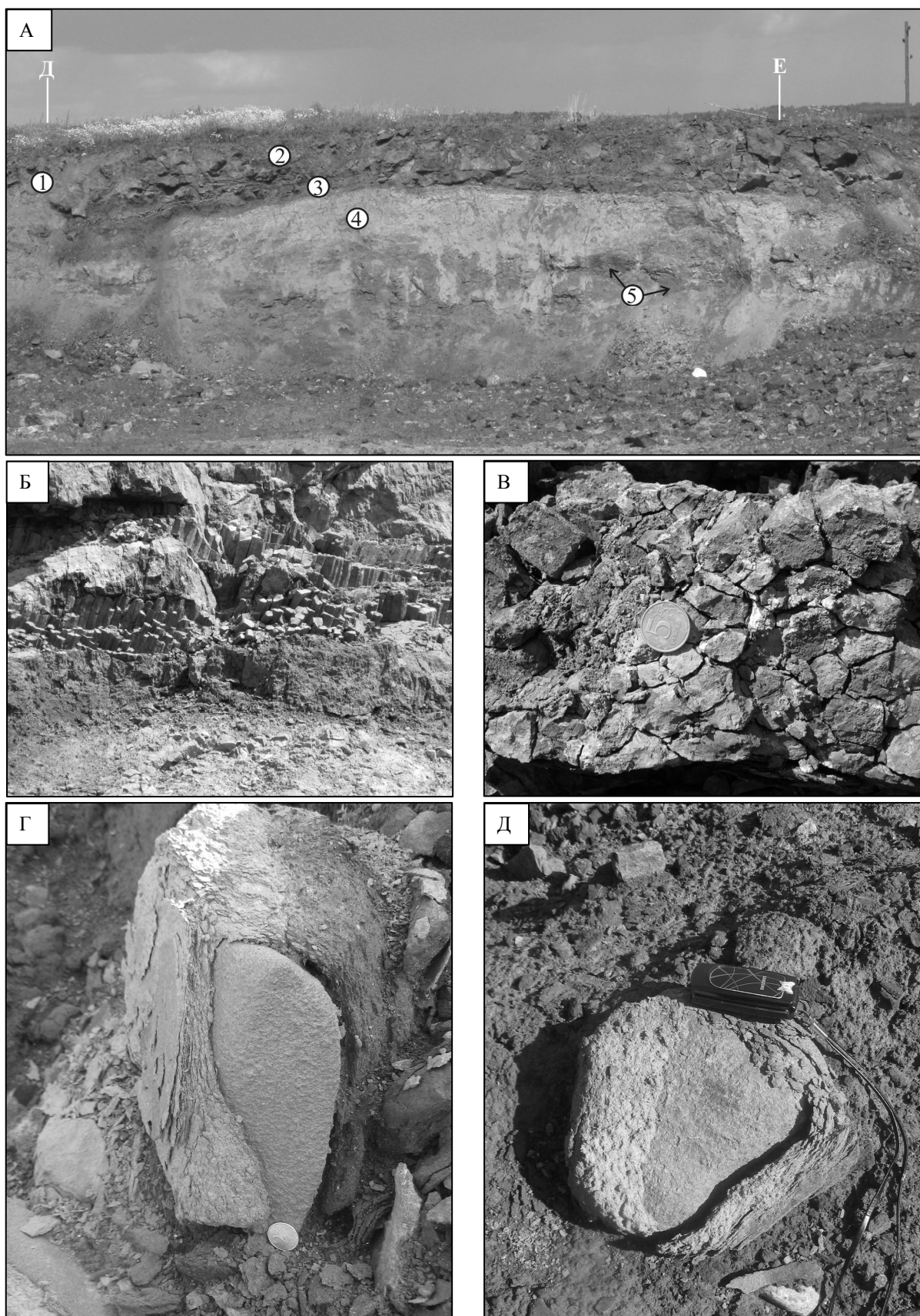


Рис. 5. Характерные особенности контактовых изменений мафитов:

А – стенка ДЕ вскрышного котлована: 1 – четвертичные отложения (аллювий); 2 – брекчированные мафиты; 3 – зона коксования мафитов; 4 – элювий по долериту; 5 – реликты скорлуповатой отдельности; Б – зона коксования мафитов; В – столбчатая отдельность мафитов; Г, Д – сохранившиеся от выветривания участки (ядра) долеритов

Выше зоны коксования сапропелитов со столбчатой отдельностью располагаются брекчированные максовиты, содержащие большое количество миндалин, выполненных кварцем и антраксолитом.

Вскрышным котлованом на небольшом участке (стенка ЕЖ рис. 1) обнажен нижний контакт долеритов с максовитами. Он очень неровный, с тонким (1–3 см) слоем сажистого максовита. Залегание плоскости контакта на коротком интервале меняется от субгоризонтального до субвертикального.

Укажем вероятную причину внедрения долеритов в центре залежи. Корневая часть подводящего канала (см. рис. 2, разрез 11-11' и 14-14') приурочена к антиклинальной складке, сложенной породами с относительно невысоким содержанием шунгитового вещества – алевролитами, туфоалевролитами и карбонатными породами, а на момент внедрения силла, по-видимому, уже гораздо более литифицированными по сравнению с органоминеральным веществом залежи. Формирование складки по поро-

дам, не обладающим высокой способностью к пластичным деформациям, могло сопровождаться развитием повышенной трещиноватости, что способствовало внедрению магмы. Дальнейшее направление развития подводящего канала, предположительно, определялось особенностями внутреннего строения купольной структуры. В качестве иллюстрации этого положения может служить рис. 6, на котором приведено распределение углерода по одному из разрезов месторождения. В области развития подводящего канала содержание шунгитового вещества в максовитах наиболее высокое. Развертывание подводящего канала в субпластовое субгоризонтальное тело (собственно в силл), его волнообразная форма и погружение в юго-западном направлении, вероятно, также были обусловлены изменчивостью состава и разной степенью литификации пород залежи. Не исключено, что этому способствовало запечатывание подводящего канала коксующейся массой сапропелитов.

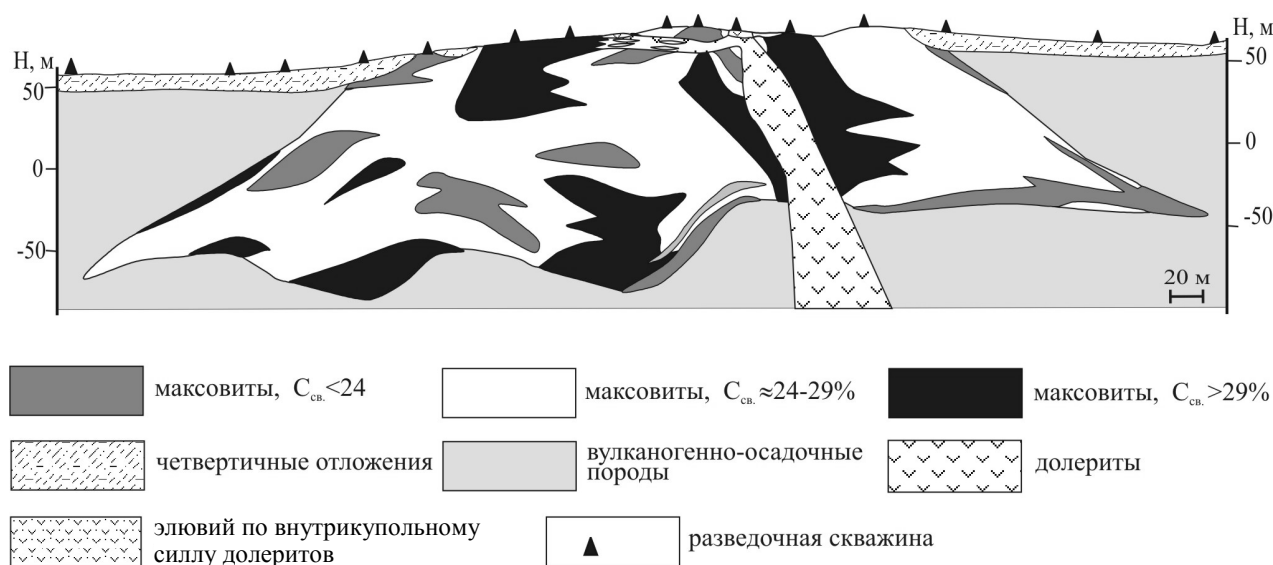


Рис. 6. Разрез Максовского месторождения по профилю 14-14'

Положение разреза указано на рис. 1

Петрографическое описание контактово-измененных пород

Образцы для петрографического изучения были отобраны из стенок действующего карьера и из керн разведочных скважин Максовского месторождения. Исследования проводились в проходящем и отраженном свете на оптическом микроскопе, а также на сканирующем электронном микроскопе «VEGA II LSH». Для определения состава минералов использовался микроанализатор «INCA Enerdgy 350». Часть проб была подвергнута фазовому рентгеноструктурному анализу.

Долериты претерпели интенсивные метасоматические преобразования и превращены в мелкозернистые слюдиты с переменным содержанием кварца, хлорита и альбита. Среди рудных минера-

лов преобладает магнетит, наблюдаются ильменит и титаномагнетит. В заметных количествах присутствуют новообразованные лейкоксен и рутил, постоянно отмечается фторпатит, спорадически – монацит. Состав аподолеритов приведен в таблице. Слюды представлены биотитом и мусковитом, в единичных образцах флогопитом. В составе изученных слюд зафиксирован дефицит межслоевых катионов калия. Предполагается, что слюды содержат группу аммония, присутствие которой в межслоевых позициях было установлено ранее для ряда образцов Максовского месторождения (Фирсова и др., 1990). Если это предположение справедливо, то светлые слюды (мусковиты) следует, согласно номенклатуре слюд (Номенклатура., 1998), классифицировать как межслойно-дефицитные слюды серии иллита.

Химический состав аподолеритов

Компоненты	1	2	3
SiO ₂	51,60	51,16	49,16
TiO ₂	2,43	2,25	2,10
Al ₂ O ₃	13,9	13,65	13,59
Fe ₂ O ₃	2,98	2,98	10,48
FeO	13,10	13,46	7,63
MnO	0,148	0,188	0,199
MgO	6,28	5,85	5,89
CaO	0,50	1,06	0,42
Na ₂ O	0,28	0,65	0,45
K ₂ O	2,00	2,88	2,93
H ₂ O	0,39	0,22	1,12
ппп	5,69	5,14	5,30
P ₂ O ₅	0,37	0,31	0,35
Сумма	99,67	99,80	99,62
S	0,02	Отс.	Отс.
CO ₂	Отс.	Отс.	Отс.

Примечание. 1 – подводящий канал, скв. 209, гл. 60,0 м; 2, 3 – плотный фрагмент элювия: 2 – центральная часть (ядро), 3 – корочка. Аналитики: Л. М. Демешина, Г. П. Пунка.

Количественные соотношения мусковита и биотита весьма изменчивы. В слюдах магмаподводящего канала и поблизости от него, особенно в приподошвенной части силла, преобладает биотит. Здесь значительно больше магнетита, лейкоксена и рутила. По направлению от подошвы к кровле силла и по мере удаления от подводящего канала биотит сменяется мусковитом, появляются хлоритовые и карбонат-содержащие слюдиты.

В эндоконтактах с максовитами развиты темно-серые обуглероженные афанитовые породы с миндалинами и пустотами овальной или неправильной формы (рис. 7, А–В). Содержание углерода в непосредственном контакте обычно не превышает нескольких процентов, но в узкой эндоконтактной зонке может достигать 20%. Верхняя часть магмаподводящего канала целиком сложена обуглероженными аподолеритами с миндалекаменной текстурой. В нижнем эндоконтакте силла мощность обуглероженной зоны минимальна. Углерод выполняет межзерновые промежутки, трещины, поры и пустоты в ассоциации со слюдами, кварцем и пиритом, которые обнаруживают признаки более позднего развития. Антраксолитовые прожилки нередко рассечены сетью слюдистых микропрожилков, как бы «зарастают» слюдой (рис. 7, В). Размеры и количество миндалин возрастают по мере приближения к контакту. В отдельных участках в кровле силла их количество достигает 40% объема породы, а диаметр – 5 мм. Преобладают кварцевые миндалины с каймой из слюд и сульфидов, главным образом, пирита. Миндалины, сложенные тонкозернистым слюдистым или кварцево-слюдистым агрегатом, едва различимы в основной массе породы, так же как и лейсты мусковитизированного плагиоклаза.

В центре подводящего канала и в приподошвенной части силла сохранились реликты долеритовой и микродолеритовой структуры. В верхнем эндоконтакте в сильно обуглероженных аподолеритах отчетливо проявляется порфиоровая структура с реликтовой интерсертальной структурой основной массы (рис. 7, А). Фенокристаллы и микролиты плагиоклаза замещены тонкозернистым агрегатом мусковита и альбита.

В эндоконтактах наблюдаются прожилково-вкрапленные выделения пирита совместно с халькопиритом, пентландитом, пирротинном, сфалеритом. Определены также никелистый пирит, арсенид кобальта и клаусталит.

В выветрелых долеритах развивается тонкая трещиноватость, наблюдается обилие пустот (частично за счет выщелачивания миндалин) и открытых трещин, на стенках которых отлагаются ярозит и гидроксиды железа. Составы корочки и ядра плотных фрагментов элювия отличаются соотношением закисного и окисного железа (см. таблицу). Слюда в них представлена преимущественно биотитом, в то время как в глинистом элювии рентгенографически установлен гидробиотит.

Состав и структурно-текстурные особенности максовитов охарактеризованы в ряде работ (Филиппов, 2002 и др.). В данной работе приводится петрографическое описание максовитов, испытавших контактовое воздействие внутрикупольного силла.

Наиболее глубокие преобразования испытали максовиты в мелких (20 см в длину) ксенолитах. Содержание шунгитового вещества в них снижается до 10%, а слюды (преимущественно биотита) возрастает до 25%. Это тонкозернистые трещиноватые и рассланцованные породы с многочисленными мелкими пустотами и миндалинами размером до 0,5 мм, выполненными шунгитовым веществом, а также кварцем и биотитом. Присутствуют мелкие редкие струи антраксолита сложной прихотливой формы. Судя по ориентировке удлинённых миндалин и мелких линзовидных обособлений, обогащенных шунгитовым веществом, максовиты имели флюидальную микротекстуру. Биотит в виде плохо окристаллизованных чешуек размером 1–3 мкм развит между зёрнами кварца в миндалинах или в виде пластин до 30 мкм в длину, обрамляет поры и слагает полосчатые и сетчатые агрегаты, пронизывающие всю породу. Часто присутствуют крупные зёрна пирита, которые обрастают магнетитом и биотитом и содержат включения сульфидов меди и никеля. Пирит в свою очередь замещается ярозитом.

Максовит из прожилков, секущих зону закалки магмаподводящего канала, содержит в заметных количествах пирит, биотит, лейкоксен и фторопатит. В пирите зафиксированы включения пирротина. Антраксолит, заполняющий трещины в максовите и аподолерите, имеет мозаичное строение, напоминающее структуру нефтяного кокса.

В зоне непосредственного контакта с силлом в максовитах наблюдаются многочисленные зеркала скольжения с пленками антраксолита и хлоритоподобного минерала. В верхнем экзоконтакте породы трещиноватые, содержат многочисленные пустоты и каверны. Стенки полостей и открытых трещин выстланы ярозитом и гидроксидами железа. Структурно-текстурные особенности и состав максовитов в этой зоне широко варьируют. Нередко здесь развиты брекчированные максовиты. Структуры метаколлоидных кварцевых агрегатов, выполняющих в них секрции (рис. 7, Г), позволяют предположить их быструю раскристаллизова-

цию. Как в секрциях, так и в основной массе пород этой зоны наблюдаются биотит и антраксолит. Последний образует тонкие извилистые прожилки, огибающие

кремнистые секрции. Выделения антраксолита переполнены мелкими минеральными включениями вмещающей породы, ориентированными вдоль прожилков.

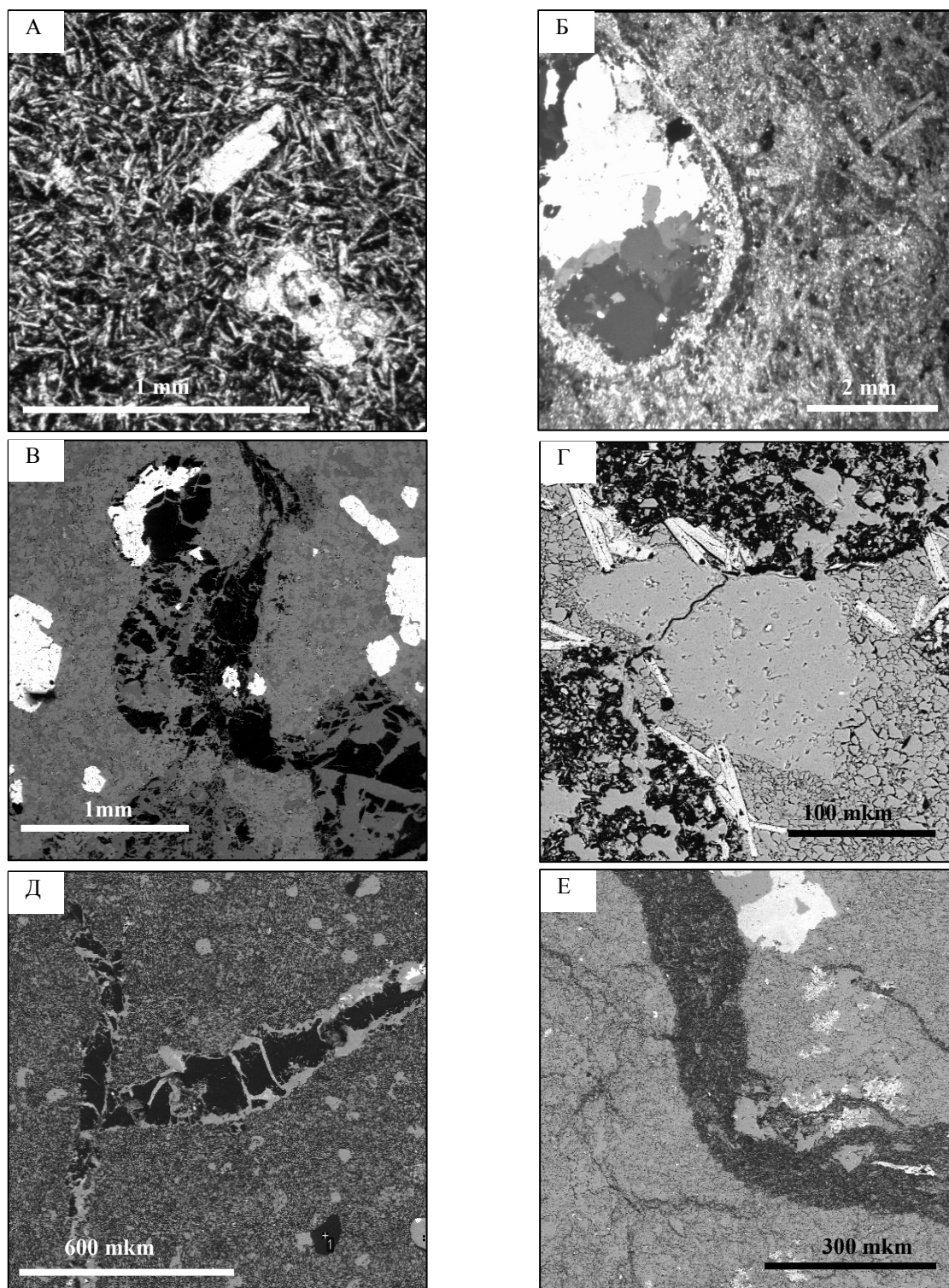


Рис. 7. Контактво-измененные породы Максковского месторождения:

А–В – обуглероженные аподолериты закалочной зоны: А – с порфировой структурой; В – с миндалекаменной текстурой и реликтами долеритовой структуры, В – антраксолит (черное) с пиритом (белое) в трещинах и порах; Г – жеода в маковите, выполненная метаколлоидным кварцем (серое) с пластинками биотита (белое) по периферии; Д – ооксованный маковит со столбчатой отдельностью, трещины и поры заполнены антраксолитом (черное), кварцем и мусковитом (серое) с примесью пирита (белое), плоскость аншлифа перпендикулярна отдельности; Е – характер развития антраксолитовых прожилков (черное) в маковите.

А – шлиф, николи без анализатора, Б – шлиф, николи с анализатором, В–Е – микрозонд, детектор рассеянных электронов

Коксоподобные максовиты состоят из шунгитового вещества (15–60%), мусковита (до 25%) и кварца, присутствуют биотит, хлориты, пирит, рутил, фторapatит и лейкоксен, иногда калишпат. Характерными особенностями, позволяющими относить их к природным коксам, являются: 1 – столбчатая полигональная отдельность, 2 – высокая пористость, 3 – флюидальная микротекстура.

Трещины и поры коксов заполнены антраксолитом, кварцем и слюдами (рис. 7, Д), в подчиненном количестве отмечаются магнезиально-железистый и железисто-магнезиальный хлориты. Выделения антраксолита обнаруживают тонкозернистое мозаичное строение. Иногда в порах и выделениях присутствует глобулярный антраксолит. В отдельных участках наблюдаются крупные выделения пирита с примесью никеля и включениями сульфидов никеля и меди.

Коксы по мере удаления от контакта сменяются максовитами, в которых признаки термального воздействия силла обнаруживаются лишь микроскопически. Эти признаки проявлены неравномерно и изучены по керну скважин 207, 208 и 209 (см. рис. 2) на удалении до 30 м от контакта с силлом.

Выделены следующие признаки контактового воздействия: 1 – появление антраксолитовых прожилков и обособлений, особенно характерны плавные изгибающиеся с обломочками вмещающих пород прожилки (рис. 7, Е); 2 – ослюденение вмещающих пород, появление в них рутила, сфена и фторapatита; 3 – прожилковая или вкрапленная сульфидная минерализация, представленная крупными (до 1 см) выделениями пирита в ассоциации с сульфидами никеля и меди, развитие пирротина; 4 – структурные особенности кремнистых секретий, а именно – быстрая раскристаллизация метаколлоидного кварца с растрескиванием по трещинам высыхания.

Максовит, находящийся в трещинах контракции долерита подводящего канала, не имеет признаков типичного коксования. Он состоит преимущественно из слабо раскристаллизованного кремнезема и шунгитового вещества, как входящего в состав кремнезема, так и обособленного, заполняющего межзерновое пространство. Очевидно также, что катагенетическое преобразование органо кремнистого вещества шло после поступления его в трещины.

Выводы

Итак, в центральной части Максовской залежи присутствует внутрикупольный силл долеритов с подводящим каналом. В зонах экзоконтакта выявлены признаки кратковременного термального воздействия магматического расплава, внедрившегося в купольную структуру, сложенную на то время сапропелитами.

Наблюдаемые особенности контактового влияния силла очень важны для развития модели формирования купольных структур и оценки роли в этом процессе магматизма. Время внедрения силла было бо-

лее поздним по отношению к завершению формирования купольного тела. До внедрения силла породы залежи были слаболитифицированы, благодаря известному явлению замедленного диагенеза и катагенеза осадочных пород с органическим веществом, т. е. до этого момента первичное органическое и минеральное вещество еще не прошло основные стадии катагенеза, по крайней мере, стадию главной фазы образования нефти. Под влиянием тепла интрузии породы залежи приобретали дополнительную способность к вязкому течению и пластическим деформациям. За счет катагенетического преобразования органического вещества и низкой проницаемости пелитовых пород в локальных объемах создавалось высокое давление, инициирующее активное брекчирование максовитов, насыщение расплава газообразными углеводородами и снижение плотности.

Характер движения расплава в пластичном материале, вероятно, в сильной степени определялся литологическими неоднородностями купольной структуры, которые существовали до внедрения силла и были следствием дифференциации вещества по плотности в процессе формирования складки нагнетания. В таких условиях развивались апофизы и фрагментация расплава, и, наоборот, в расплав попадали ксенолиты вмещающих пород. Другой тип брекчий возникает в подводящем канале на стадии активного остывания расплава: трещины контракции заполняются дифференцированным по составу сапропелитом, на то время еще не потерявшим способность к вязкому течению, однако зона коксования жильных максовитов здесь отсутствует.

Внедрение высокотемпературного расплава во влагонасыщенные, слаболитифицированные, обогащенные органическим веществом породы сопровождалось разнообразными экзо- и эндоконтактовыми явлениями. В сапропелитах возникла протяженная зона коксов, обладающих тонкой пористостью и столбчатой полигональной отдельностью. В эндоконтактах как силла, так и магнеподводящего канала образовались широкие зоны закалки обуглероженных миндалекаменных порфиритов. Насыщение расплава водой и летучими в результате поглощения сапропелитов, по-видимому, наряду с первично-магматическим обогащением расплава флюидами способствовало проявлению гидротермальных и отчасти метасоматических процессов. Они выразились в ослюденении, хлоритизации, сульфидизации, окварцевании как долеритов, так и вмещающих пород, а также в развитии многочисленных прожилков, выполненных антраксолитом, кварцем, слюдами, сульфидами и хлоритами. Наиболее интенсивно гидротермальные процессы проявились в ослабленных зонах, как в непосредственном контакте с силлом, так и на удалении от него. Таким образом, область проявления постмагматической гидротермальной деятельности значительно шире зоны собственно контактового воздействия интрузии. В будущем нам представляется необходимым проведение специального исследования автометасоматических, поствулканических и

метаморфических изменений интрузивных пород как на Максовском месторождении, так и для людиковыйского надгоризонта в целом.

Коррекция контуров перекрывающего залежь силла позволяет сделать вывод о том, что он не деформировал ранее сформированную купольную структуру.

Выветривание долеритов в пределах месторождения частично было обусловлено эрозией силла, а

частично – повышенной проницаемостью максовитов, преобразованных в зоне теплового влияния силла.

Собранные сведения о внутрикупольном силле позволили уточнить геологическое строение Максовского месторождения. По этой причине потребуются переоценка запасов кондиционного сырья юго-западной части месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

Ахмедов А. М. Закрытые металлоносные углеородакумулирующие системы вулканогенно-осадочных бассейнов раннего протерозоя Балтийского щита // Региональная геология и металлогения. 1995. № 4. С. 122–135.

Гаврилова О. И., Волкова Г. М., Гуревич А. Б. О природных коксах в угольных пластах Тунгусского бассейна // Литология и полезные ископаемые. 1985. № 5. С. 133–137.

Галдобина Л. П. Предполагаемый канал поступления углеводородных флюидов в нижнем протерозое Онежской структуры // Геология и рудогенез докембрия Карелии. Петрозаводск, 1991. С. 18–23.

Геология шунгитоносных вулканогенно-осадочных образований протерозоя Карелии / Науч. ред. В. А. Соколов. Петрозаводск, 1982. С. 204.

Михайлов В. П., Купряков С. В. Отчет о результатах детальной разведки Юго-Восточной (Максовской) залежи Зажогинского месторождения шунгитовых пород за 1982–1985 гг.: Фонды СЗТГУ. Петрозаводск, 1985. 148 с.

Номенклатура слюд: заключительный доклад подкомитета по слюдам комиссии по новым минералам и назва-

ниям минералов международной минералогической ассоциации (КНМНМ ММА) // ЗВМО. 1998. № 5. С. 55–65.

Органическое вещество шунгитоносных пород Карелии (генезис, эволюция, методы изучения) / М. М. Филиппов, А. И. Голубев, П. В. Медведев и др. Петрозаводск, 1994. 208 с.

Филиппов М. М. Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск, 2002. 282 с.

Филиппов М. М., Бискэ Н. С., Медведев П. В. и др. Контактный метаморфизм на Максовском месторождении шунгитоносных пород. 1. Основные признаки // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 5. Петрозаводск, 2002.

Фирсова С. О., Ципурский С. И. Гюмбелит. Новые находки в шунгитосодержащих породах Карелии, проблемы диагностики, генезиса // Литология и полезные ископаемые. 1990. № 1. С. 93–94.

Melezhik V. A., Filippov M. M., Romashkin A. E. A giant Palaeoproterozoic deposit of shungite in NW Russia // Ore geology reviews. 2004. Vol. 24. P. 135–154.