



### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Садовничий Роман Васильевича «Минералого-технологические особенности шунгитовых пород Максовского месторождения (Забогинское рудное поле)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05– минералогия, кристаллография

Диссертация Садовничий Романа Васильевича посвящена решению актуальной научной задачи – выявлению основных геолого-минералогических факторов, влияющих на изменчивость качественных показателей шунгитового сырья и выбор оптимальной технологии его переработки.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных литературных источников. Общий объем работы включает 145 страниц машинописного текста, 17 таблиц, 46 рисунков. Список использованных источников достаточно объемен и включает в себя 174 ссылки на отечественные и зарубежные работы.

**Актуальность темы диссертации.** Шунгиты относятся к группе индустриальных минералов и являются своеобразным и востребованным видом сырья для развития многих отраслей промышленности. Однако, ввиду недостаточной изученности их свойств и геолого-морфологических особенностей месторождений переработка данного вида сырья представляет собой достаточно сложную технологическую задачу. Кроме того, достаточно большое разнообразие промышленно-генетических типов, ограниченный характер геологической информации и множество других составляющих, предопределяют высокий уровень рисков геологоразведочных работ и определенные трудности при разработке технологий переработки шунгитового сырья.

Вопросы о необходимости оценки качества шунгитовых пород и разработки технологий их переработки с целью получения кондиционной продукции являются весьма актуальными на современном этапе. С этой точки зрения, диссертационная работа Р.В.Садовничий, в которой рассматриваются особенности геологического строения Онежской палеопротерозойской структуры и, конкретно, Максовского месторождения шунгитовых пород, а также особенности их вещественного состава и технологических свойств, является актуальной и позволяет решить многие задачи, стоящие перед геологами - прак-



тиками, недропользователями и технологами. Разработанные автором качественные показатели шунгитового сырья дают возможность с высокой долей достоверности определить наиболее эффективные способы переработки и получения продукции с заданными технологическими свойствами.

Тема диссертационной работы Р.В. Садовничий, безусловно, является актуальной и представляет научный и практический интерес.

**Научная новизна** полученных результатов исследований заключается в следующем:

Автор диссертационной работы впервые установил, что мало-средне и высокоуглеродистые шунгитовые породы Максовского месторождения являются продуктами дифференциации единого органо-минерального протовещества и имеют специфические особенности химического и минерального составов. Им предложен способ расчета степени упорядоченности молекулярной структуры различных генераций углерода в брекчиевых структурах шунгитовых пород и определена природа их редкоземельной и редкометалльной минерализации. Разработанные научно-методические подходы к комплексному изучению шунгитовых пород позволили автору выбрать оптимальные условия процесса обогащения и переработки, а также впервые предложить использование метода оптической сепарации.

#### **Практическая значимость работы**

Выявленные автором закономерности изменения химического состава и кристаллохимических особенностей шунгитовых пород от геолого-морфологических условий формирования Максовского месторождения могут быть в дальнейшем использованы при поисково-оценочных работах и селективной отработке месторождений этого вида сырья.

В практике лабораторных работ геологических организаций, предложенные автором методические приемы, основанные на контрастных оптических и химических свойствах, позволят извлечь дополнительную информацию о кристаллохимических особенностях шунгитов и рассмотреть этот уникальный вид минерального сырья с большей детальностью. Результаты работы могут быть рекомендованы к внедрению и использованию на предприятиях, занимающихся вопросами детальной разведки месторождений углеродсодержащих пород и их последующего обогащения, в частности, ООО «Кивиярви», ОАО «Дальграфит», ОАО «Красноярскграфит», ООО «Карельская инвестиционная компания «РБК».

Во введении и главах диссертационной работы обосновывается актуальность работы, определяются цели, задачи, научная и практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту.



**Обоснованность** выводов диссертационной работы Р.В. Садовниченко определена использованием широкого комплекса методов исследования: оптической и высокоразрешающей электронной микроскопии, синхронного термического анализа, спектроскопии комбинационного рассеяния, рентгеновского и рентгенофлуоресцентного анализов для изучения кристаллохимических и морфологических особенностей шунгитовых пород.

Для раскрытия защищаемых положений автором приводятся сведения о геологическом строении Онежской структуры и расположении ее в структуре Карельского кратона. В диссертации принято структурное деление Онежской структуры на три структуры второго порядка: Кумсинско-Пальеозерско-Бураковский рифтовый пояс, выполненный сумийско-сариолийскими интрузивными, вулканогенными и терригенными породами; Северо-Онежский синклинорий, представленный вулканогенными и осадочными образованиями ятулия, людиковия и калевия; Южно-Онежская мульда, сложенная терригенными породами вепсия, вмещающими Ропручейский долеритовый силл. Стратиграфическое разделение докембрия приведено в соответствии с принятыми подразделениями международной, региональной схем, разработанных в последние годы и местной стратиграфической схемы (Геология..., 1987). Шунгитовые породы приурочены к верхней подсвитезаонежской свиты, суйсарской свителюдиковийской системы и кондопожской свите калевийской системы. Шунгитовое вещество входит в состав силицитов, доломитов, песчаников, туфоалевролитов и других пород, при этом его содержание колеблется от долей процента до 98%. Автор детально раскрывает понятие «шунгит», изложенное в научных публикациях. Так, например, в работах В.В.Ковалевского (2009 г) он определен и как «шунгит-минераллоид фуллереноподобного углерода» и как «углерод в составе шунгитового вещества, который является неграфитируемым», в работах Н.Н.Рожковой (2011 г) – это «специфическая графеноподобная структура углерода шунгитового вещества». Далее автор (стр.15-17 диссертации) приводит данные по классификации шунгитовых пород и изотопном составе углерода. В завершении автор приходит к выводу, что «вопрос классификации и терминологии шунгитовых пород, равно как и вопрос их генезиса, до сих пор окончательно не решен» и отдает предпочтение классификации из «Атласа текстур и структур...» (2006 г, стр.17). Таким образом, автор подразделяет все углеродсодержащие образования на высокоуглеродистые (свыше 25% мас. С), среднеуглеродистые (5-25% мас. С) и малоуглеродистые (менее 5% мас. С).

Первое защищаемое положение сформулировано следующим образом: **«Вариации химического состава шунгитовых пород Максковского месторождения связаны с неоднородностью их строения, выраженной в дифференцированном характере распре-**



деления криптокристаллического кварца и ШУ и неравномерном развитии наложенной прожилково-цементной сульфидно-кварцевой минерализации».

Для обоснования вышеуказанного защищаемого положения автором проведена огромная работа по анализу геологического строения Максовского месторождения с нижней подсвиты заонежской свиты и включительно по вендские образования. Показан стратиграфический уровень шунгитоносных пород и сланцев с низким (первые проценты) содержанием шунгитового вещества, масштаб их распространения, количество шунгитовых горизонтов. Приводится тектоническая структура Онежской мульдообразной структуры с выделением трех тектонических элементов второго порядка. Дано описание геологического строения рудного поля, метаморфические преобразования вмещающих и шунгитоносных пород, показано наличие силлов метаморфизованных долеритов и габбро, структурное положение, масштаб распространения шунгитовых пород, количество месторождений. Горизонты шунгитовых пород включают обычно один пласт. Содержание углерода в куполообразных телах более 20% аналогично содержанию в пластообразных телах. Пласты имеют ограниченное площадное распространение и образуют изолированные залежи. Мощности пластов составляют 40-120 м, текстура пород массивная, прожилковая и брекчированная. Всего в пределах Зажогинского рудного поля изучено 25 залежей, наиболее изучены Зажогинская, Юго-Восточная (Максовская), Залебяжинская, Полежаевская и Шунгская, «имеющие статус месторождений высокоуглеродистых шунгитовых пород». Максовское и Зажогинское месторождения в настоящее время разрабатываются. Суммарные запасы шунгитовых пород в пределах Зажогинского рудного поля с содержанием углерода более 25% по данным В.П.Михайлова, А.Г.Леонтьева (2006 г) составляют 154002,7 млн.т, в том числе промышленные (категории В+С<sub>1</sub>) – 31365,0 млн. т, ресурсы категории Р<sub>1</sub>+Р<sub>2</sub>-168 500 млн. т.

Для раскрытия первого защищаемого положения приводится геологическое строение Максовского и Зажогинского месторождений по литературным и фондовым материалам. Отмечается неравномерное распределение углерода в шунгитовых породах и приводится процентное соотношение пород с различным содержанием углерода в породах по данным М. М. Филиппова (2002 г). Приведены сведения о ежегодной добыче шунгитовых пород, перспективах добычи до 2035 г и предполагаемом введении в отработку карьера второй очереди после 2035 г.

Автор излагает различные точки зрения исследователей биогенной и абиогенной гипотез исходного органического вещества в шунгитах и приводит аргументы, высказываемые в пользу той или иной гипотезы. Собственную точку зрения соискатель высказывает по поводу формирования Максовского месторождения, не касаясь генезиса самого



шунгитового вещества. По мнению автора, формирование Максовского месторождения происходило в результате нескольких стадий неразрывно связанных с развитием всей Онежской структуры, что обусловило многообразие природных типов шунгитовых пород с различными химико-минеральным составами. Важными являются данные, приведенные автором по распределению природных типов в пределах Максовского месторождения. Приведенный фактический материал обработан с использованием компьютерных программ и оформлен в виде наглядных графических приложений. С нашей точки зрения, приведенное автором в диссертационной работе описание Зажогинского месторождения, не входило в задачи исследований и перегружает работу дополнительной информацией.

Интересными являются выводы автора, сделанные на основании минералогическо-петрографического изучения шунгитовых пород Максовского месторождения. Соискатель, основываясь на большом экспериментальном материале показывает уникальные особенности минерального состава шунгитовых пород и разделяет их по текстурному признаку на три группы: с массивной, прожилковой и брекчированной текстурами. Породы со слоистой текстурой автор не изучал, в виду их незначительного распространения. Отбор проб и обработка аналитических данных выполнена самостоятельно автором.

Как уже отмечалось ранее, при исследовании шунгитовых пород автор использовал оптический метод, метод сканирующей электронной микроскопии с микрозондовым анализом, рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, рентгенофлуоресцентный метод, которые позволили ему с высокой степенью детальности определить микроструктуру пород, химический и минеральный составы. Автор утверждает, что шунгитовые породы характеризуются большими колебаниями химического состава, в особенности по содержаниям кремния, углерода и щелочных металлов. При этом в пределах Максовского месторождения породы с массивной текстурой характеризуются высоким содержанием углерода, меньше распространены среднеуглеродистые и малоуглеродистые. В целом для пород Максовского месторождения характерно преобладание калия над натрием. Главная особенность массивных шунгитовых пород равномерное распределение шунгитового углерода и минеральной составляющей. В высокоуглеродистых шунгитовых породах (более 25%) углерод выполняет функцию цементирующей матрицы, в малоуглеродистых – заполняет пространство между минералами, образуя изолированные сгустки. Автор называет такие структуры органо-минеральными микроструктурами. Минеральная составляющая пород сложена кварцем, мусковитом, пиритом. Кроме того, в породах установлены акцессорные минералы: халькопирит, молибденит, галенит, апатит, монацит, циркон, рутил и др., количество которых не зависит от содержания углерода в породах. В целом автор называет массивные шунгитовые породы «природным композиционным материалом,



сочетающим в себе свойства органического (шунгитового) и минерального вещества». Малоуглеродистые шунгитовые породы массивной текстуры также имеют органо-минеральную микроструктуру с подавляющим преобладанием кварца над шунгитовым углеродом. Однородность шунгитовых пород массивной текстуры часто нарушается развитием тонкой вкрапленности, гнезд, прожилков сульфидов, кварца и шунгита, визуально определяемых. При увеличении в шунгитовой породе количества включений и прожилков, текстура породы становится вкрапленной или прожилковой. В целом для обнаженной в карьере части Максовского месторождения присутствие «абсолютно однородных по строению и составу шунгитовых пород - весьма редкое и локальное явление». Ранее, автор отмечал (стр.42 диссертации), что шунгитовые породы массивной текстуры составляют 40,9% от всех типов. Так, где правильнее? Шунгитовые породы прожилковой текстуры, по определению автора, отличаются от массивных наличием в них развитой системы прожилков, разделяющих породу на обломки разного размера и неправильной формы. Текстура породы отличается от массивных шунгитовых пород, а химический состав при сравнении табл.3 и табл.4 не дает существенных различий. Так в чем же различие, только в текстуре? Увеличение количества прожилков с сульфидами и другими минералами должны были изменить состав и количество редких и редкоземельных элементов в породах. Шунгитовые породы брекчиевой текстуры характеризуются «наличием угловатых разноориентированных обломков массивных шунгитовых пород и цементирующей их массы преимущественно кремнистого состава». Выделены сильно-, средне-, слабобрекчированные. Химический состав пород приведен для всей группы в целом, существенных отличий в петрогенных элементах от массивных и прожилковых шунгитовых типов не просматривается. Обломочная составляющая брекчированных пород содержит больше углерода, чем исходная порода, разница в содержании составляет от 2,5 до 21%. Цемент брекчий выполнен кварцем, серицитом, пиритом. Акцессорные минералы-сульфиды, рутил, сфен, и др. Кроме того, автор приводит данные о присутствии других разновидностей брекчий: краевые брекчии, псевдобрекчии. Существенное различие содержаний углерода и кремнезема в шунгитовых породах различной текстуры соискатель связывает с неоднородностью их строения, проявлением наложенной прожилково-цементной сульфидно-кварцевой минерализации и неравномерным распределением криптокристаллического кварца и шунгитового углерода в породах.

В разделе диссертации, посвященной минералого-технологическому картированию Максовского месторождения, показано распределение природных типов шунгитовых пород в пределах месторождения. Основными критериями для установления характера распределения шунгитовых пород послужили текстуры пород и их химический состав.



Установлено, что породы с минимальным содержанием углерода локализованы в северо-западной части месторождения, к центру увеличивается содержание углерода. В южной части карьера не просматривается подобной четкой закономерности в распределение содержания углерода, а фиксируется чередование пород с различным его содержанием. Распределение шунгитовых пород с различным содержанием углерода автор связывает с интенсивностью проявления постседиментационных процессов. Показанное распределение углерода в пределах месторождения не отвечает требованиям минералогического картографирования, это скорее напоминает приближенно распределение природных типов шунгитовых пород. На этом основании не представляется возможным провести переоценку качественных (технологических) показателей шунгитовых пород в пределах объекта. Использовать полученные результаты размещения шунгитовых пород с различным содержанием углерода несомненно нужно, но при этом необходимо указать их технологические свойства. Без технологических свойств природных (технологических) типов пород, технологического картографирования не получится.

В диссертационной работе показаны вариации содержаний редких и редкоземельных элементов в различных типах пород, установлены сходство и различие между ними. Установлено, что концентрации этих элементов не связаны с содержанием углерода в шунгитовых породах и сделан вывод о том, что редкие и редкоземельные элементы концентрируются в акцессорных минералах. Это общеизвестный факт. С проявлением наложенных «пневматолито-гидротермальных» процессов, по мнению автора, связан привнос La, Ce, халькофильных и сидерофильных элементов. Содержание последних, вероятно связано с сульфидной минерализацией. Вызывает сомнение вывод автора о том, что для оценки содержания элементов-катализаторов достаточно определить содержание глинозема в шунгитовой породе и можно ориентировочно спрогнозировать минимальные концентрации элементов-примесей. Наиболее вредной примесью для шунгитсодержащих пород, вероятно, являются сульфиды.

Второе защищаемое положение раскрывается в третьей главе диссертации.

Автор рассматривает структурную однородность кварца шунгитовых пород, поскольку особенности кристаллической структуры кварца «во многом определяют важные для производства физико-химические свойства шунгитовых пород», т.е. структура кварца является одним из критериев оценки качественных показателей промышленных типов шунгитовых пород. Выделено три морфологических разновидности кварца: кварц массивных пород, кварц жильный и кварц цемента брекчий. Далее по тексту диссертации приводятся структурные характеристики кварца каждой из выделенных разновидностей по результатам собственных исследований и сравнение с кварцем различных генетических ти-



пов известных кварцевых месторождений по литературным данным. Не совсем ясно, зачем автор приводит данные по кварцу, полученные при синтезе карбида кремния (стр.82)? Это, каким-то образом объясняет структурные различия? По индексу кристалличности кварц подразделяется на две группы: кварц массивных шунгитовых пород и кварц из жил, прожилков и цемента брекчий, которые, по мнению автора, отражают генезис их образования. Кварц терригенно-хемогенный (образование органо-минерального протовещества) характерен для массивных разновидностей шунгитовых пород, пневматолито-гидротермальный для шунгитовых пород с прожилковой и брекчиевой текстурой (проявление эпигенетических процессов).

Однако, при рассмотрении экспериментальных данных (стр.83) приведенных в диссертационной работе по значениям индекса кристалличности для этих групп приведены перекрывающиеся границы (7,24-7,37).

По-сути параметры оценки порядок-беспорядок структуры кварца (ИК СКС и ОКР) относятся к степени совершенства кристаллической структуры кварца и должна быть высокая степень корреляции их значений, а также с параметрами элементарной ячейки кварца. Все три параметра являются расчетными и базируются на различных формулах. В работе не приведено сопоставление этих параметров. В таблицах 7,8 приведены значения СКС равные 110 и 106%, нет объяснения этим цифрам. В качестве эталона для структурных расчетов без обоснования выбора взят гидротермальный кварц, хотя более логичным для структурных расчетов является использование искусственно выращенных монокристаллов кварца.

К существенным замечаниям относится терминологическая некорректность и отсутствие четкого понятия «фаза», что приводит к путанице и подмене понятий «фаза» как минерал и «фаза» как морфологическая, структурная разновидность (раздел 3.3 диссертации).

При рассмотрении фазовых особенностей шунгитовых пород, шунгит аморфной структуры вновь рассматривается как минераллоид, а содержание углерода в породах относит к числу главных критериев при выделении различных «промышленных типов шунгитовых пород» и оценке их практического использования. Шунгитовый углерод в шунгитовых породах Максовского месторождения, по мнению автора, представлен несколькими морфологическими разновидностями, рассмотрение которых кратко приводится в диссертационной работе.

Изучение фазового состава шунгитового углерода в различных природных типах позволили автору на основании термических исследований выделить две структурные формы углерода с одним максимумом экзотермического эффекта и с более однородным



фазовым составом, характерным для пород с массивной прожилковой текстуры; с двумя максимумами экзотермического эффекта и неоднородным фазовым составом для пород брекчиевой текстуры. Результаты иллюстрируются соответствующими термограммами. Однако у автор нет доказательной базы, о том, что появление дополнительного эффекта (плечо) связано именно с неоднородным фазовым составом, а не с различным размерным эффектом шунгитового углерода. Кроме того, в диссертационной работе отсутствуют данные о корреляции между значениями межплоскостного расстояния, степенью упорядоченности структуры и температурами максимумов термических эффектов. В таблице 9 приведены термоаналитические характеристики и если бы в ней были также приведены данные рентгенографического анализа (таблица 7), то можно было бы провести их сравнение. Проведенный нами сопоставительный анализ данных, приведенных в вышеуказанных таблицах, не выявил четких зависимостей. Более того, утверждение автора, о том, что чем «более упорядочена структура, тем выше температура выгорания» - это очевидный факт и на нем не следовало бы акцентировать внимание. Не ясно также, с какой целью приводится сравнение с поведением кварца при термических процессах, для кварца установлено только характерное для него полиморфное превращение.

Наличие структурных разновидностей углерода в составе различных типов шунгитовых пород на Максовском месторождении также подтверждается различием параметров, определенных методом комбинационного рассеяния света (рамановская спектроскопия). Неоднородный фазовый состав шунгитового углерода, по мнению автора, может являться негативным фактором при использовании шунгитовых пород в определенных технологических процессах. В связи с этим наиболее ценным сырьем могут являться шунгитовые породы с массивной текстурой и обломочная составляющая пород брекчиевой и прожилковой текстуры. В целом, в рассмотренной главе хорошо представлены все группы шунгитовых пород и объясняется поведение и наличие различных типов углерода в них.

**Третье защищаемое положение раскрывается в пятой главе диссертации и сформулировано следующим образом: «Одним из возможных способов повышения качества высокоуглеродистого шунгитового сырья является дезинтеграция и последующая сортировка шунгитовых пород на минеральные составляющие методом оптической сепарации».**

Автор приводит сведения о предлагаемой технологии обогащения шунгитовых пород Максовского месторождения. По данным диссертанта шунгитовые породы массивной текстуры на месторождении составляют 41 % объема всех пород Максовской залежи, а шунгитовые породы брекчиевой текстуры - 59 %. При этом в объеме залежи не указана



доля породы прожилкой текстуры, описанию которой диссертантом уделено значительное внимание (п.3.1.2., стр. 51-55 диссертации).

По данным, приведенным в таблицах 3 и 4, в шунгитовых породах массивной текстуры содержание  $\text{SiO}_2$  составляет 60,89 %, потери при прокаливании 29,71 %. В шунгитовых породах прожилковой текстуры содержание  $\text{SiO}_2$  составляет 48,19 %, потери при прокаливании - 41,41 %. В шунгитовых породах брекчиевой текстуры содержание  $\text{SiO}_2$  составляет 55,97 %, потери при прокаливании - 34,56 %. Если предположить, что потери при прокаливании образуются за счет выгорания шунгитового вещества (углерода), то согласно принятой автором классификации все шунгитовые породы следует считать высокоуглеродистыми, с суммарным содержанием углерода в пределах - 25-80 %. Среднее содержание углерода в породах массивной текстуры и брекчиевой текстуры Максовской залежи составляет 32,57 %, то есть практически такое же, как в шунгитовых породах, разрабатываемой Зажогинской залежи (около 30,00 %).

Диссертантом без достаточного обоснования предлагается проводить обогащение шунгитовых пород только методом оптической спектроскопии с выделением углеродсодержащего вещества, кварца и сульфидов. Равным образом, принимая во внимание сведения о свойствах составляющих породу минералов, можно судить о том, что возможно применение и других не менее эффективных способов обогащения этих пород, например ручной выборкой зерен кварца размером больше 20 мм, флотацией зерен кварца меньших размеров, удалением зерен сульфидов электромагнитной сепарацией или флотацией и т.д. Удаление кварца из шунгитовых пород приведет не к увеличению, а к уменьшению их многотоннажного производства, например в виде щебня и песка. К тому же кварц в виде песка используется при очистке вод и в этом случае не может быть вредной примесью.

Автором работы не приведены варианты возможных направлений использования шунгитовых пород Максовской залежи без обогащения или после обогащения, соответственно, это затрудняет обоснование практической необходимости в их обогащении. Известно свыше 100 направлений применения шунгитовых пород, а также имеется около 10 нормативных документов, которыми устанавливаются требования к качеству шунгитовых пород, используемых в том или ином направлении. Например, согласно ТУ 2189-003-73698942-06 «Экофил - шунгит для повышения урожая сельскохозяйственных культур, для конструирования городских почв и грунтов для рассады» рекомендуется использовать шунгитовые породы с содержанием органического углерода больше 20 %, которое в 1,6 раза ниже среднего содержания углерода в шунгитовых породах Максовской залежи (32,57 %). В данном случае обогащение шунгитовых пород не требуется. Не рассмотрены диссертантом и вопросы утилизации отходов обогащения, не приведены также расчетные



(ожидаемые) технологические показатели обогащения методом оптической спектроскопии.

Характеризуя работу в целом, необходимо признать, что диссертация является оригинальным, тщательно выполненным и завершенным исследованием в области технологической минералогии и кристаллографии. Основное содержание диссертации достаточно полно опубликовано в научной печати и известно широкому кругу специалистов по выступлениям на различных научных конференциях.

С результатами работы и выводами целесообразно ознакомить Дальневосточный федеральный государственный университет, Петрозаводский государственный университет, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Казанский национальный исследовательский технологический университет, Уральский государственный технический университет, Челябинский государственный технический университет, а также предприятия и недропользователей, занимающиеся изучением и переработкой углеродсодержащего сырья.

На основании вышеизложенного следует признать, что диссертационная работа «Минералого-технологические особенности шунгитовых пород Мамковского месторождения (Забогинское рудное поле)» удовлетворяет всем требованиям ВАК России, а ее автор Садовничий Роман Васильевич заслуживает присуждения искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – «Минералогия, кристаллография» за результаты по выявлению основных геолого-минералогических факторов, влияющих на изменчивость качественных показателей шунгитового сырья и выбор оптимальной технологии его переработки.

Диссертационная работа и отзыв ведущей организации рассмотрены и утверждены на заседании отдела промышленных минералов ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» (протокол №12 от 15.03. 2017 г).

**Отзыв составлен:**

Заместитель директора по науке ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»,  
д.г.-м.н., профессор

Руководитель отдела промышленных минералов

ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», к.г.-м.н

Ведущий научный сотрудник ФГУП

«ЦНИИгеолнеруд», к.г.-м.н

Талия Зинуровна Лыгина

Евгений Владимирович Беляев

Олег Борисович Кузнецов

Адрес: 420097, г.Казань, ул.Зинина 4, тел. (843) 236-47-93; факс (843) 236-47-04

e-mail: root@geolnerud.net ; ФГУП ЦНИИгеолнеруд, Федеральное агентство по недропользованию. Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых»

