

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор Федерального  
государственного бюджетного  
учреждения науки  
Института геологии и минералогии  
им. В.С. Соболева Сибирского  
отделения Российской академии  
наук,  
академик РАН  
Похilenko Nikolay Petrovich



«28 » сентября 2016 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева  
Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН).

Диссертация «Генезис алмаза: роль серосодержащих металл-углеродных расплавов (по экспериментальным данным)» выполнена в лаборатории «Экспериментальной петрологии» (№ 449) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель Жимулев Егор Игоревич работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук в лаборатории «Экспериментальной петрологии» (№ 449) в должности старшего научного сотрудника.

В 1994 г. окончил геолого-геофизический факультет Новосибирского государственного университета (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет») по специальности геохимия, минералогия и петрология (кафедра минералогии и петрографии). В 2002 г. защитил диссертацию «Травление кристаллов алмаза в силикатных системах при высоких Р-Т параметрах» на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – «минералогия, кристаллография» (решение диссертационного совета Д 003.050.02 ОИГМ СО РАН, от 16 октября 2002 г. №02/5, диплом КТ № 088540 от 14 февраля 2003г.).

**По итогам обсуждения принято следующее заключение:**

Целью диссертационной работы Е. И. Жимулева является экспериментальное моделирование образования алмазов при дифференциации силикатной и металлической фаз на этапе формирования мантии и ядра Земли, а также посткристаллизационного отжига алмазов и сохранности при выносе к поверхности Земли. Для решения поставленной задачи проведено экспериментальное исследование кристаллизации алмаза и сопутствующих фаз в системах: Fe-Ni(Co)-S-C, Fe-S-C и Fe-Ni(Co)-Ti-C; Fe-Ni(Co)-Ti-B-C при высоких Р-Т параметрах и сохранности алмаза в металл-сульфидном, галогенидном и силикат-галогенидном расплавах при высоких Р-Т параметрах.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор Федерального  
государственного бюджетного  
учреждения науки  
Института геологии и минералогии  
им. В.С. Соболева Сибирского  
отделения Российской академии  
наук,  
академик РАН  
Похilenko Nikolay Petrovich



«28 » сентября 2016 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева  
Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН).

Диссертация «Генезис алмаза: роль серосодержащих металл-углеродных расплавов (по экспериментальным данным)» выполнена в лаборатории «Экспериментальной петрологии» (№ 449) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель Жимулев Егор Игоревич работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук в лаборатории «Экспериментальной петрологии» (№ 449) в должности старшего научного сотрудника.

В 1994 г. окончил геолого-геофизический факультет Новосибирского государственного университета (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет») по специальности геохимия, минералогия и петрология (кафедра минералогии и петрографии). В 2002 г. защитил диссертацию «Травление кристаллов алмаза в силикатных системах при высоких Р-Т параметрах» на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – «минералогия, кристаллография» (решение диссертационного совета Д 003.050.02 ОИГМ СО РАН, от 16 октября 2002 г. №02/5, диплом КТ № 088540 от 14 февраля 2003г.).

**По итогам обсуждения принято следующее заключение:**

Целью диссертационной работы Е. И. Жимулева является экспериментальное моделирование образования алмазов при дифференциации силикатной и металлической фаз на этапе формирования мантии и ядра Земли, а также посткристаллизационного отжига алмазов и сохранности при выносе к поверхности Земли. Для решения поставленной задачи проведено экспериментальное исследование кристаллизации алмаза и сопутствующих фаз в системах: Fe-Ni(Co)-S-C, Fe-S-C и Fe-Ni(Co)-Ti-C; Fe-Ni(Co)-Ti-B-C при высоких Р-Т параметрах и сохранности алмаза в металл-сульфидном, галогенидном и силикат-галогенидном расплавах при высоких Р-Т параметрах.

## **Актуальность исследования**

К настоящему моменту, несмотря на многолетние построения теоретических моделей и экспериментальных исследований генезиса алмаза, остаются открытыми некоторые вопросы. До конца не ясная роль сульфидов в алмазообразовании. С одной стороны, сульфиды являются наиболее распространенными включениями в алмазах из трубок взрыва [Sharp, 1966; Соболев, 1974; Буланова и др., 1990; Bulanova et al., 1996; Smit et al., 2010; Palot et al., 2013]. С другой стороны, по экспериментальным данным, для синтеза и роста алмазов в сульфидном расплаве требуются более высокие Р-Т параметры [Wentorf, 1974; Чепуров и др., 1994а; Литвин и др., 2002; Пальянов и др., 2003; Шушканова и Литвин, 2008], чем температуры и давления, определенные по сингенетичным минералам, спутникам алмаза [Boyd, Finnerty, 1980; Stachel and Harris, 2008; Gurney et al., 2010]. Кроме того, представляет интерес рассмотрение устойчивости алмаза в железо-сульфидном расплаве при мантийных Р-Т параметрах, но в поле устойчивости графита. Остаются вопросы, касающиеся генезиса безазотных алмазов типа Ia и голубых безазотных алмазов типа Ib [Moore, 2009]. Экспериментально не подтверждена неизменность силикатных и оксидных включений в алмазах при НРНТ-отжиге в мантии Земли. Обнаружение галогенидов (напр., NaCl и др.) как в виде включений в природных алмазах [Wirth et al., 2009], так и в кимберлитах [Kamenetsky et al., 2004; Каменецкий и др., 2006] ставит вопрос об их влиянии на морфологию алмаза при растворении.

Помимо фундаментальных исследований, решение указанных задач имеет и важное прикладное значение, поскольку позволит использовать полученные знания для прогнозирования алмазоносности кимберлитовых трубок.

### **Наиболее важные научные результаты, полученные соискателем:**

1. Введение серы в системы Fe-Ni-C-S (до 14 мас.%), Fe-Co-C-S (до 14 мас.%), Fe-C-S (до 5 мас.%) не приводит к увеличению Р-Т параметров синтеза и роста алмазов. Совместно с алмазом кристаллизуются графит, карбидные и сульфидные фазы. Присутствие в системе Fe-C серы сопровождается снижением содержания азота в структуре выращенных алмазов, а также сложным составом газовой фазы ростовой системы, включая летучие соединения серы и высокомолекулярные углеводороды (ТУВ).
2. Кристаллы алмаза типа Ia в системах Fe-Ni(Co)-Ti-C; и типа Ib в системах Fe-Ni(Co)-Ti-B-C образуются при 5.5 – 6.0 ГПа и 1350 – 1450 °С при генерации резко-восстановительных условий. НРНТ-обработка алмазов типа Ib при 7 ГПа и 2000°С не приводит к изменению распределения примесных борсодержащих центров в кристаллах.
3. В углеродсодержащих системах: MgCO<sub>3</sub>-Ca(OH)<sub>2</sub>-Fe-SiO<sub>2</sub> (3.0 ГПа, 1300°С, буфер Ti-TiO<sub>2</sub>); Fe-C-серпентин (2-4 ГПа 1200°С, буфер IW) C-O-H флюид имеет сложный молекулярный состав, включая тяжелые углеводороды и их кислородсодержащие аналоги. В данных системах получен полный набор предельных углеводородов от метана (CH<sub>4</sub>) до гексадекана (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>).
4. Включения оливина, граната, шпинели, хромита при НРНТ-воздействии (до 7ГПа, до 1800°С) инертны к алмазу-хозяину, поэтому они не изменяются в постrostовой период нахождения алмазов в мантии Земли. Серосодержащий расплав железа состава Fe - 80 мас.% (~70 ат.-%); S - 20 мас.%. (~30 ат.-%) при 4 ГПа и 1400°С является агрессивной средой по отношению к алмазу. При растворении в нем плоскогранные октаэдрические кристаллы алмаза преобразуются в кривогранные индивиды с формой октаэдроида и морфологическими скульптурами, подобными природным алмазам из кимберлитов. Вследствие низкой растворимости углерода при 3 ГПа и 1300-1400°С галогенидные (NaCl, NaF) и силикат-галогенидные (NaCl-силикатный расплав, NaF-силикатный расплав) системы являются благоприятной средой для сохранности алмазов.

**Личный вклад соискателя** заключался в постановке задач, разработке методики экспериментальных исследований, подготовке и проведении экспериментов на аппаратах высокого давления типа «БАРС», анализе результатов экспериментов, обобщении полученного материала и формулировании основных выводов.

## **Высокая степень достоверности и обоснованности результатов проведенных исследований.**

Результаты диссертационной работы Е. И. Жимулева, ее научные положения и выводы являются достоверными и обоснованными. Достоверность представленных результатов основывается на высоком методическом уровне проведения работы, представительности и достоверности исходных данных, а также выборе набора методов исследования, оптимального для решения поставленных задач.

В основу работы положены результаты многолетних (1994-2014гг.) экспериментальных исследований на многопуансонном аппарате высокого давления типа «БАРС». По теме диссертации проведено более 500 опытов при высоком давлении. Для изучения полученных образцов был использован комплекс методов, включающий в себя оптическую и электронную микроскопию, рентгенофазовый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, ИК-спектроскопию, хромато-масс-спектрометрию. Работа выполнена на аппаратурной и приборной базе Института геологии и минералогии СО РАН.

Результаты исследований апробированы на российских и зарубежных конференциях, а также опубликованы в рецензируемых журналах.

### **Научная новизна.**

1. Разработана методика выращивания алмазов в системах Fe-Ni-S-C, Fe-Co-S-C, Fe-S-C на многопуансонных аппаратах высокого давления типа «БАРС». Впервые получены и изучены кристаллы алмаза в системах Fe-S-C (серы менее 5 мас. %), Fe-Ni-S-C, Fe - Co-S-C-Ti (серы менее 14 мас. %). Установлены летучие соединения серы, образовавшиеся в системе Fe-C-S при 5.3 ГПа и 1300 °C.
2. Исследованы кристаллы алмаза и сопутствующие им фазы, выращенные в системах Fe-Ni(Co)-Ti-C; Fe-Ni(Co)-Ti-B-C. Предложена модель генезиса природных безазотных алмазов типа IIa в условиях резко-восстановительной обстановки.
3. Установлено, что CaCO<sub>3</sub> при 4 ГПа и 1350°C и восстановительных условиях вступает во взаимодействие с железом с образованием твердого углерода (графита). В системах MgCO<sub>3</sub>-Ca(OH)<sub>2</sub>-Fe-SiO<sub>2</sub>, Fe-C-серпентин, при 2 – 4 ГПа и 1200 – 1400°C впервые получены тяжелые углеводороды парафинового ряда.
4. Экспериментальные данные по НРНТ-отжигу (7 ГПа и 1800°C) природных и искусственных алмазов с силикатными и оксидными включениями свидетельствуют об их инертности по отношению к алмазу, что способствует полной сохранности таких включений.
5. Установлено, что при мантийных параметрах (4 ГПа, 1400°C) в серосодержащем расплаве железа состава (Fe-80 мас.% (~70 ат.%); S-20 мас.%. (~30 ат.%)) плоскогранные октаэдрические кристаллы алмаза преобразуются в кривогранную форму октаэдра с морфологическими характеристиками, подобными природным алмазам.
6. Силикат-галогенидная (NaCl, NaF) среда в отсутствие водосодержащего флюида по экспериментальным данным (2 ГПа 1300 – 1400°C) является благоприятной по отношению к алмазу и способствует его сохранности при транспортировке к поверхности Земли.
7. Экспериментально установлена возможность просачивания расплава железа через твердую оливиновую матрицу при высоких Р-Т параметрах. При этом скорость просачивания может достигать 2.5 мм/ч.

### **Практическая значимость.**

1. Новые экспериментальные данные, представленные в настоящей работе, такие как моделирование дифференциации силикатной и металлической фаз и роль металльсульфидных расплавов в процессах алмазообразования на раннем этапе истории Земли; abiогенное происхождение тяжелых углеводородов, могут быть использованы для построения новых теоретических моделей процессов, происходивших в Земле, и способствовать решению фундаментальных проблем геологии.

2. Разработанные методы выращивания синтетических кристаллов алмаза на многопуансонном аппарате высокого давления типа «БАРС» могут быть использованы для получения алмазов и улучшения их свойств.

**Соответствие диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите:** Диссертационная работа Е. И. Жимулева представляет собой научно-квалификационную работу, посвященную исследованию кристаллизации алмаза в системах Fe(Ni,Co)-C и Fe(Ni,Co)-S-C при высоких Р-Т параметрах, а также устойчивости алмаза в различных средах при высоких Р-Т параметрах. Область исследования полностью соответствует формуле специальности 25.00.05 по геолого-минералогическим наукам, а именно пункту 11 – экспериментальная минералогия.

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем:** Основные научные результаты и материалы диссертационного исследования полно изложены в научных публикациях соискателя Е. И. Жимулева (с соавторами). По теме диссертации опубликовано более 40 работ, в том числе 30 статей в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций.

**Основные публикации соискателя, в которых опубликованы материалы диссертации:  
(Статьи в рецензируемых научных журналах по перечню Web of Science и ВАК).**

1. Сонин В.М., **Жимулев Е.И.**, Федоров И.И., Осоргин Н.Ю. Травление кристаллов алмаза в силикатном расплаве в присутствии существенно водного флюида при высоких Р-Т параметрах // **Геохимия**. 1997. № 4. С. 451-455.
2. **Жимулев Е.И.**, Сонин В.М., Багрянцев Д.Г., Афанасьев В.П. О проблеме регенерации на природных кристаллах алмаза // **Отечественная геология**. 2002. №1. С. 40-45.
3. **Жимулев Е.И.**, Сонин В.М., Чепуров А.И. Образование кристаллов алмаза с выступающими гранями при травлении // **Записки РМО**. 2002. №1. С. 111-113.
4. **Жимулев Е. И.**, Сонин В. М. Федоров И. И., Томиленко А. А., Пыхиленко Л. Н., Чепуров А. И. Устойчивость алмаза к окислению в экспериментах с минералами из мантийных ксенолитов при высоких Р-Т параметрах // **Геохимия**. 2004. №6. С. 604-610.
5. Чепуров А.И., Сонин В.М., Федоров И.И., Чепуров А.А., **Жимулев Е.И.**. Генерация микроКлючений в синтетических кристаллах алмаза под воздействием высоких РТ-параметров // **Руды и металлы**. 2005. № 4. С.49-53.
6. Сонин В. М., **Жимулев Е.И.**, Чепуров А. А. Морфология алмазов, поверхностно графитизированных при высоких Р-Т параметрах // **Записки РМО**. 2006. № 1. С.112-117.
7. Фёдоров И.И., Чепуров А.И., Сонин В.М., **Жимулёв Е.И.** Экспериментальное изучение высокобаротермического воздействия на силикатные и оксидные включения в алмазах // **Геохимия**. 2006. № 10. С.1132-1136.
8. Сонин В.М., **Жимулев Е.И.**, Федоров И.И., Чепуров А.И. Влияние фугитивности кислорода на скорость травления кристаллов алмаза в силикатном расплаве // **Геология рудных месторождений**. 2006. № 6. С 568-570.
9. Чепуров А.И., **Жимулев Е.И.**, Федоров И.И., Сонин В.М. Включения металла-растворителя и окраска в борсодержащих монокристаллах искусственного алмаза // **Записки РМО**. 2006. Т. 48. № 6. С. 97-101.
10. Сонин В.М., **Жимулев Е.И.**, Афанасьев В.П., Федоров И.И., Чепуров А.И. Особенности взаимодействия алмазов с силикатными расплавами в среде водорода // **Геохимия**. 2007. № 4. С. 450-455.

11. Чепуров А.И., **Жимулов Е.И.**, Сонин В.М., Федоров И.И., Солнцев В.П. Определение содержания включений металла-растворителя в синтетических алмазах на основе их магнитных свойств // **Руды и металлы**. 2007. № 4. С. 50-52.
12. Чепуров А.И., Елисеев А. П., **Жимулов Е.И.**, Сонин В.М., Федоров И.И., Чепуров А. А. Обработка синтетических малоазотных борсодержащих алмазов при высоких давлениях и температурах // **Неорганические материалы**. 2008. Т. 44. №4. С. 443-447.
13. Сонин В. М., **Жимулов Е. И.**, Чепуров А. И., Федоров И. И.. Об устойчивости алмаза в расплавах NaCl и NaF при высоком давлении // **Доклады академии наук**. 2008. Т. 420. №2. С. 231-233.
14. **Жимулов Е.И.**, Сонин В.М., Чепуров А.И., Томиленко А. А. Хроматографическое изучение условий образования кристаллов алмаза ромбододекаэдрического габитуса // **Геология рудных месторождений**. 2009. Т. 51. №3. С. 272-275.
15. Сонин В.М., **Жимулов Е.И.**, Чепуров А.И., Похilenko Н.П. Об устойчивости алмаза в силикат-галогенидных расплавах при высоком давлении // **Доклады академии наук**. 2009. Т. 425. № 4. С. 532-534.
16. Чепуров А.И., **Жимулов Е.И.**, Елисеев А.П., Сонин В.М., Федоров И.И. О генезисе малоазотных алмазов // **Геохимия**. 2009. № 5. С. 551-555.
17. Чепуров А.И., **Жимулов Е.И.**, Сонин В.М., Чепуров А.А., Похilenko Н.П. О кристаллизации алмаза в металл-сульфидных расплавах // **Доклады академии наук**. 2009. Т. 428. № 1. С. 101-103.
18. Сонин В. М., **Жимулов Е. И.**, Чепуров А. И., Афанасьев В. П., Н.П. Похilenko. Растворение алмаза в хлоридном расплаве при высоком давлении в присутствии водного флюида // **Доклады академии наук**. 2010 т. 434 №5, С. 670-672.
19. Чепуров А. И., Сонин В. М., **Жимулов Е. И.**, Чепуров А. А., Томиленко А. А. Об образовании элементарного углерода при разложении CaCO<sub>3</sub> в восстановительных условиях при высоких Р-Т параметрах // **Доклады академии наук**. 2011 т. 441. №6. С. 806-809.
20. **Жимулов Е.И.**, Чепуров А.И., Синякова Е.Ф., Сонин В.М., Чепуров А.А., Похilenko Н.П. Кристаллизация алмаза в системах Fe-Co-S-C и Fe-Ni-S-C и роль металл-сульфидных расплавов в генезисе алмазов // **Геохимия**. 2012. № 3. С. 227-239.
21. Чепуров А.И., Томиленко А.А., **Жимулов Е.И.**, Сонин В.М., Чепуров А.А., Ковязин С.В., Тимина Т.Ю., Сурков Н.В. Консервация водного флюида во включениях в минералах и межзерновом пространстве при высоких Р-Т параметрах в процессе разложения антигорита // **Геология и геофизика**. 2012. Т. 53. № 3. С. 305-320.
22. **Жимулов Е.И.**, Шеин М.А., Похilenko Н.П. Кристаллизация алмаза в системе Fe – S – C // **Доклады академии наук**. 2013. Т. 451. № 1. С.73-75.
23. Чепуров А.И., **Жимулов Е.И.**, Агафонов Л.В., Сонин В.М., Чепуров А.А., Томиленко А.А. Устойчивость ромбического и моноклинного пироксенов, оливина и граната в кимберлитовой магме. //**Геология и геофизика**. 2013. Т. 54. № 4. С. 533-544.
24. Сонин В.М., Чепуров А.И., **Жимулов Е.И.**, Чепуров А.А., Соболев Н.В. Поверхностная графитизация алмаза в расплаве K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> при высоком давлении// **Доклады академии наук**. 2013. Т. 451. № 5. С.556-559.
25. Сонин В.М., Бульбак Т.А., **Жимулов Е.И.**, Томиленко А.А., Чепуров А.И., Похilenko Н.П. Синтез тяжелых углеводородов при температуре и давлении верхней мантии Земли// **Доклады академии наук**. 2014. Т.454. № 1. С.84-88.
26. **Жимулов Е.И.**, Сонин В.М., Бульбак Т. А., Чепуров А.И., Томиленко А.А., Похilenko Н.П. Летучие соединения серы в системе Fe-C-S при 5.3 ГПа и 1300°C// **Доклады академии наук**. 2015. Т.462. №3. С. 340-345.
27. **Жимулов Е.И.**, Чепуров А.И., Сонин В.М., Похilenko Н.П. Миграция расплава железа через оливиновую матрицу в присутствии углерода при высоких Р-Т параметрах (экспериментальные данные) // **Доклады академии наук**. 2015. Т.463. №1. С. 72-74.

28. Korsakov A. V., Zhimulev E.I., Mikhailenko D.S., Demin S.P., Kozmenko O.A. Graphite pseudomorphs after diamonds: An experimental study of graphite morphology and the role of H<sub>2</sub>O in the graphitisation process // *Lithos*. №236–237. (2015). P.16–26.
29. Tomilenko A.A., Chepurov A.I., Sonin V.M., Bul'bak T.A., Zhimulev E.I., Chepurov A.A., Timina T. Yu., Pokhilenko N.P. The synthesis of methane and heavier hydrocarbons in the system graphite-iron-serpentine at 2 and 4 GPa and 1200°C// *High Temperatures-High Pressures*. 2015. V. 44. P. 451-465.
30. Жимулов Е.И., Сонин В.М., Миронов А.М., Чепуров А.И. Влияние содержания серы на кристаллизацию алмаза в системе Fe-C-S при 5.3-5.5 ГПа и 1300-1370°C// *Геохимия*. 2016. №5. С. 439-446.

#### **Патенты**

1. Чепуров А.А., Федоров И.И., Сонин В.М., Багрянцев Д.Г., Чепуров А.А., Жимулов Е.И., Григораш Ю.М. Реакционная ячейка для выращивания асимметрично зональных монокристаллов алмаза. Патент РФ №2128548. Приоритет от 6.03.97 опубл. 10 апреля 1999 г.
2. Чепуров А.И., Федоров И.И., Сонин В.М., Багрянцев Д.Г., Чепуров А.А., Жимулов Е.И., Григораш Ю.М. Реакционная ячейка многопуансонного аппарата высокого давления для выращивания асимметрично зональных монокристаллов алмаза. Патент РФ № 2162734. Приоритет от 23.02.1999, опубл. 10 февраля 2001 г.
3. Чепуров А.И., Федоров И.И., Сонин В.М., Багрянцев Д.Г., Чепуров А.А., Жимулов Е.И., Григораш Ю.М. Реакционная ячейка многопуансонного аппарата высокого давления. Патент РФ № 2176690. Приоритет от 13.03.01, опубл. 10 декабря 2001 г.
4. Чепуров А.И., Сонин В.М., Чепуров А.А., Жимулов Е.И. Способ обработки алмаза. Патент № 2451774 Российской Федерации. Приоритет: Дата подачи заявки: 02.12.2010. Опубликовано: 20.05.2012.

Диссертация «Генезис алмаза: роль серосодержащих металл-углеродных расплавов (по экспериментальным данным)» Жимурова Егора Игоревича 25.00.05 – «минералогия, кристаллография» рекомендуется к защите на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05.

Заключение принято на расширенном заседании лаборатории «Экспериментальной петрологии» (№ 449) ИГМ СО РАН. Присутствовало на заседании 20 человек, из них докторов геол.-мин. наук 11, докторов физ.-мат. наук 1, кандидатов геол.-мин. наук 6, младший научный сотрудник 1, ведущий инженер 1, инженер 1.  
Протокол №449/2016-05-30

Заключение оформил:

Чепуров Анатолий Ильич  
доктор геолого-минералогических наук,  
заведующий лабораторией «Экспериментальной  
петрологии» (№ 449) ИГМ СО РАН