

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИФПМ СО РАН,

чл.-к. РАН

\_\_\_\_ С. Г. Псахье

« 28 » марта 2018 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института физики прочности и материаловедения  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИФПМ СО РАН)

Диссертация «**Моделирование подземной газификации сланцев**», выполнена на кафедре физики высоких технологий в машиностроении (в настоящее время Отделение материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ), и в лаборатории компьютерного конструирования материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН).

В период подготовки диссертации Маслов Алексей Леонидович обучался в очной аспирантуре ТПУ и работал в должности инженера лаборатории компьютерного конструирования материалов ИФПМ СО РАН (с 2011 г. по настоящее время).

В 2010 г. Маслов А. Л. закончил специалитет Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования

«Томский государственный университет» по направлению «Физика кинетических явлений».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов по истории и философии науки и по иностранному языку (английский) выдано в 2015 году федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Справка о сдаче кандидатского экзамена по специальности 01.04.17 «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» выдана в 2018 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

**Научный руководитель:** доктор физико-математических наук, профессор Князева Анна Георгиевна – профессор ТПУ, заведующая научно-производственной лабораторией «Моделирование технологических процессов» Инженерной школы новых производственных технологий ТПУ (основное место работы), главный научный сотрудник лаборатории компьютерного конструирования материалов ИФПМ СО РАН (работа по совместительству).

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

#### **Оценка выполненной соискателем работы**

Диссертация Маслова А. Л. является научно-квалификационной работой, в которой содержится изложение новых научно обоснованных результатов в области математического моделирования физических явлений, имеющих место при термическом разложении горючих сланцев.

#### **Актуальность темы диссертации.**

О мировых запасах традиционных энергоносителей в литературе имеются различные сведения. Так или иначе, растущие энергетические потребности предполагают поиск альтернативных источников энергии.

К последним можно отнести как возобновляемые источники энергии: геотермальные, энергию Солнца, ветра, приливов и т.д.; так и невозобновляемые энергоносители: торф, природные битумы, горючие сланцы. Горючие сланцы – слоистые горные породы осадочного происхождения, содержащие до 75% органического вещества (ОВ) сапропелитовой природы. При нагреве горючих сланцев ОВ разлагается с образованием смол, близких по составу к нефти, и газов, главным образом, метана.

Как оказалось, непосредственное сжигание сланцев в промышленных масштабах связано с целым рядом трудностей, вызванных, в основном, их высокой зольностью (порой, превышающей 85%). Более перспективным представляется использование в качестве энергоносителя не непосредственно самих сланцев, а горючих продуктов термического разложения их ОВ.

Методы получения таких продуктов можно разделить на две группы: поверхностные (surface retorting, наружный ретортинг) и внутрислоевые (in-situ).

В подземных методах переработки (in-situ) нагреваются непосредственно сами сланцевые пласты. Нагрев может осуществляться погруженными электрическими нагревателями, горячим газом и т.д. Добыча продуктов осуществляется через специальные добывающие скважины.

Такие методы позволяют получать нужные продукты не прибегая к энергозатратным и дорогостоящим операциям измельчения и подъема породы на поверхность. В то же время, внутрислоевая переработка сланцев сопряжена с рядом сложностей. Так, процесс может перейти в неконтролируемый режим, образующиеся полезные продукты при сильном нагреве разлагаются. Важно исследовать закономерности процессов термического разложения горючих сланцев, оценить влияние различных параметров, выделить характерные стадии и режимы.

Так как натурные испытания в случае подземной переработки дороги, а экспериментальное исследование процессов, проходящих в толще пласта,

затруднительно, важную роль в их изучении имеет математическое моделирование, что определяет актуальность исследуемой проблемы.

### **Основные результаты, полученные соискателем впервые.**

1. Впервые сформулирована математическая модель термического разложения горючих сланцев, учитывающая как многофазный характер образующихся продуктов, различие в температуре образующихся фаз, так и движение образующихся продуктов и явление концентрационного расширения.

2. На основе результатов численного моделирования впервые показано, что существуют критические условия перехода процесса подземного разложения сланца в режим теплового взрыва.

### **Научная ценность работы**

Представленные в работе теоретические исследования могут иметь практическое значение для разработки и оптимизации технологий внутрипластовой переработки сланцев. Модель позволяет сделать выводы о количестве и скорости образования полезных продуктов, о преобладании тех или иных процессов и режиме протекания разложения.

**Достоверность результатов и обоснованность выводов** обеспечена использованием современных представлений о кинетике процессов термического разложения сланцев, физический обоснованной постановкой задач тепло- и массопереноса, тестированием реализованного численного алгоритма, качественным согласием результатов с экспериментальными данными.

### **Личный вклад соискателя**

Вклад автора состоит в совместной с научным руководителем постановке задач диссертационного исследования, проведения анализа результатов исследований, их обсуждении, формулировке выводов и

положений, выносимых на защиту, написании и отладке программ, осуществляющих численное решение поставленных задач.

**Основное содержание работы** изложено в 14 публикациях, 2 из которых опубликованы в журнале, входящем в список ВАК РФ, 4 – в изданиях, включенных в библиографическую базу данных цитирования Scopus):

*в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК РФ:*

1. **Маслов А.Л.** Численное исследование влияния пористости на термическое разложение горючих сланцев при их подземном нагреве электромагнитным полем / А.Л. Маслов, А.Г. Князева // Химическая физика и мезоскопия. – 2016. – Т. 18, № 2. – С. 206–214.

2. **Маслов А.Л.** Идентификация параметров модели термического разложения горючих сланцев / А.Л. Маслов, А.Г. Князева // Химическая физика и мезоскопия. – 2017. – Т. 19, № 3. – С. 371–378.

*в изданиях, индексируемых в библиографической базе данных Scopus:*

3. **Maslov A.L.** Two-Temperature Two-Dimensional Model of Underground Shale Heating by Electromagnetic Field / A.L. Maslov, S.M. Martemyanov // Advanced Materials Research. – 2014. – V.1040. – P. 620–624. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1040.620.

4. **Maslov A. L.** Numerical study of accumulation dynamics of oil shale thermal decomposition products in the heating element vicinity / A. L. Maslov, A. G. Knyazeva // AIP Conference Proceedings (доклады конференции «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» 21–25 сентября 2015 года). AIP Conference Proceedings. – 2015. – 020085. DOI: 10.1063/1.4932775.

5. **Maslov A.L.** Two-phase model of thermal decomposition of shale stratum / A.L. Maslov, A.G. Knyazeva, S.M. Martemyanov // Thermophysical

basis of energy technologies – 2014 Tomsk, 15 –17 October 2014, EPJ Web of Conferences. – 2015. – V. 82. – 01063. DOI: 10.1051/epjconf/20158201063.

6. **Maslov A. L.** Flow of products of thermal decomposition of oil shale through porous skeleton / A. L. Maslov, A. G. Knyazeva // AIP Conference Proceedings (доклады конференции «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» 19–23 сентября 2016 года). AIP Conference Proceedings. – 2016. – 125047. DOI: 10.1063/1.4966386.

*в других изданиях:*

7. **Маслов А.Л.** Моделирование подземного нагрева сланцев в электромагнитном поле / А.Л. Маслов, А.Г. Князева, В.В. Лопатин, С.М. Мартемьянов, Хан Вэй // Известия высших учебных заведений. Физика, 2011. – Т. 54, №11/3. – С. 5–11.

8. **Маслов А.Л.** Математическое моделирование начальной стадии термического разложения сланца в рамках трехмерной модели / А.Л. Маслов, А.Г. Князева, В.В. Лопатин, С.М. Мартемьянов // Известия вузов. Физика. – 2013 – Т. 56 – №. 6/3. – С. 143–145.

9. **Маслов А.Л.** Оценка возможности подземной газификации горючих сланцев / А.Л. Маслов, С.М. Мартемьянов, С.В. Аверьянов // Труды XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии». – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 3. – С. 43–44.

10. **Маслов А.Л.** Математическая модель разложения сланцев под действием переменного электрического тока / А.Л. Маслов, А.Г. Князева, С.М. Мартемьянов // Международная конференция по физической мезомеханике, компьютерному конструированию и разработке новых материалов: Тезисы докладов, Томск, 5–9 Сентября 2011. – Томск: ИФПМ СО РАН. – 2011. – С. 113.

11. **Маслов А.Л.** Численное исследование динамики образования продуктов термического разложения горючих сланцев / А.Л. Маслов, А.Г. Князева // Горение твердого топлива: Доклады IX Всероссийской конференции с международным участием, Новосибирск, 16 – 18 ноября 2015 г. Новосибирск: Изд-во Института теплофизики СО РАН. – 2015. Режим доступа: [http://www.itp.nsc.ru/conferences/gt-2015/Files/D2\\_P8.pdf](http://www.itp.nsc.ru/conferences/gt-2015/Files/D2_P8.pdf)

12. **Маслов А.Л.** Образование и фильтрация продуктов термического разложения сланцев в толще пласта / А.Л. Маслов, А.Г. Князева // Труды конференции XIV Всероссийский семинар «Динамика многофазных сред», приуроченный к 75-летию академика РАН Фомина В.М. Новосибирск, 2 – 5 ноября 2015 г. – Новосибирск: Изд-во Института теоретической и прикладной механики СО РАН. – 2015. – С. 189–191.

13. **Маслов А.Л.** Исследование математической модели термического разложения сланцев при их нагреве электромагнитным полем / А.Л. Маслов, А.Г. Князева, В.В. Лопатин, С.М. Мартемьянов // Тезисы докладов XXI Всероссийской школы-конференции молодых ученых и студентов «Математическое моделирование в естественных науках», г. Пермь. – Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2012. – С. 95–96.

14. **Маслов А.Л.** Двухфазная модель термического разложения сланцев / А.Л. Маслов, А.Г. Князева, С.М. Мартемьянов // Сборник тезисов научных докладов Всероссийской конференции XXXI «Сибирский теплофизический семинар», посвященный 100-летию со дня рождения академика С.С. Кутателадзе 17 – 19 ноября 2014, Новосибирск. – Новосибирск: Изд-во Института теплофизики СО РАН. – 2014. – С. 74.

### **Апробация работы**

Основные результаты данной работы были представлены на всероссийских и международных семинарах и конференциях:

Международной конференции по физической мезомеханике, компьютерному конструированию и разработке новых материалов (5–9 сентября 2011 г., Томск); XX Всероссийской школе-конференции молодых ученых и студентов «Математическое моделирование в естественных науках» (5–8 октября 2011 г., Пермь); 7th International Seminar on Flame Structure (July 11–15, 2011 Novosibirsk); Всероссийской конференции «XXXI Сибирский теплофизический семинар» (17–19 ноября 2014 г., Новосибирск); Международной конференции «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» (21–25 сентября 2015 г., Томск); XIV Всероссийском семинаре «Динамика многофазных сред» (2–5 ноября 2015 г., Новосибирск); IX Всероссийской конференции с международным участием «Горение топлива: теория, эксперимент, приложения» (16–18 ноября 2015 г., Новосибирск); Всероссийской конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики» (21–25 сентября 2016 г., Томск); Международной конференции «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» (19–23 сентября 2016 г., Томск); Всероссийской школе-конференции «Химия и физика горения и дисперсных систем» (19–20 сентября 2016 г., Новосибирск); Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодых ученых XXXIII Сибирский теплофизический семинар (6–8 июня 2017 г., Новосибирск).

### **Научная специальность диссертации**

Анализ диссертационной работы Маслова А.Л. «Моделирование термического разложения сланцев в условиях внешнего нагрева» показал, что по содержанию и полноте изложения материала она соответствует специальности 01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, физико-математические науки (паспорт специальности, п. 7 «Закономерности и механизмы распространения, структура, параметры и устойчивость волн горения, детонации, взрывных и ударных волн; связь химической и физической природы веществ и систем с

их термохимическими параметрами, характеристиками термического разложения, горения, взрывчатого превращения; термодинамика, термохимия и макрокинетика процессов горения и взрывчатого превращения») и требованиям Положения «О порядке присуждения ученых степеней» (п. II. 9).

Диссертация «Моделирование подземной газификации сланцев» Маслова Алексея Леонидовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Заключение принято на заседании научного семинара лаборатории физики прочности ИФПМ СО РАН. Присутствовало на заседании 30 человек. Результаты голосования: «за» – 30 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 66 от 14.03.2018.

Председатель научного семинара:

заведующий лабораторией физики прочности,  
доктор физико-математических наук, профессор

 /Зуев Лев Борисович

Секретарь научного семинара:

Ведущий научный сотрудник лаборатории физики прочности,  
доктор физико-математических наук, доцент

 /Баранникова Светлана Александровна

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. проректора по научной работе и  
инновациям  
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»,

Оствальд Р. В.

« 29 » марта 2018 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»  
(ТПУ)

Диссертация «**Моделирование подземной газификации сланцев**»,  
выполнена на кафедре физики высоких технологий в машиностроении (в  
настоящее время Отделение материаловедения Инженерной школы новых  
производственных технологий) федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования «Национальный  
исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ), и в  
лаборатории компьютерного конструирования материалов Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Института физики  
прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии  
наук (ИФПМ СО РАН).

В период подготовки диссертации соискатель Маслов Алексей  
Леонидович обучался в очной аспирантуре ТПУ и работал в лаборатории  
компьютерного конструирования материалов ИФПМ СО РАН в должности  
инженера (с 2011 г. по настоящее время).

В 2010 г. Маслов А. Л. закончил специалитет Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Томский государственный университет» по направлению «Физика кинетических явлений».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов по истории и философии науки и по иностранному языку (английский) выдано в 2015 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Справка о сдаче кандидатского экзамена по специальности 01.04.17 «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» выдана в 2018 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

**Научный руководитель:** доктор физико-математических наук, профессор Князева Анна Георгиевна, заведующая научно-производственной лабораторией «Моделирование технологических процессов» Инженерной школы новых производственных технологий ТПУ (основное место работы), главный научный сотрудник лаборатории компьютерного конструирования материалов ИФПМ СО РАН (работа по совместительству).

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

#### **Оценка выполненной соискателем работы**

Диссертация Маслова А. Л. является законченной и актуальной научно-квалификационной работой, в которой содержится изложение новых научно обоснованных результатов в области математического моделирования физических явлений, имеющих место при термическом разложении горючих сланцев.

**Актуальность темы диссертации.**

О мировых запасах традиционных энергоносителей в литературе имеются различные сведения. Так или иначе, растущие энергетические потребности предполагают поиск альтернативных источников энергии.

К последним можно отнести как возобновляемые источники энергии: геотермальные, энергию Солнца, ветра, приливов и т.д.; так и невозобновляемые энергоносители: торф, природные битумы, горючие сланцы. Горючие сланцы – слоистые горные породы осадочного происхождения, содержащие до 75% органического вещества (ОВ) сапропелитовой природы. При нагреве горючих сланцев ОВ разлагается с образованием смол, близких по составу к нефти, и газов, главным образом, метана.

Как оказалось, непосредственное сжигание сланцев в промышленных масштабах связано с целым рядом трудностей, вызванных, в основном, их высокой зольностью (порой, превышающей 85%). Более перспективным представляется использование в качестве энергоносителя не непосредственно самих сланцев, а горючих продуктов термического разложения их ОВ.

Методы получения таких продуктов можно разделить на две группы: поверхностные (surface retorting, наружный ретортинг) и внутрипластовые (in-situ).

В подземных методах переработки (in-situ) нагреваются непосредственно сами сланцевые пласты. Нагрев может осуществляться погруженными электрическими нагревателями, горячим газом и т.д. Добыча продуктов осуществляется через специальные добывающие скважины.

Такие методы позволяют получать нужные продукты не прибегая к энергозатратным и дорогостоящим операциям измельчения и подъема породы на поверхность. В то же время, внутрипластовая переработка сланцев сопряжена с рядом сложностей. Так, процесс может перейти в неконтролируемый режим, образуящиеся полезные продукты при сильном нагреве разлагаются. Важно исследовать закономерности процессов

термического разложения горючих сланцев, оценить влияние различных параметров, выделить характерные стадии и режимы.

Так как натурные испытания в случае подземной переработки дороги, а экспериментальное исследование процессов, проходящих в толще пласта, затруднительно, важную роль в их изучении имеет математическое моделирование, что определяет актуальность исследуемой проблемы.

### **Основные результаты, полученные соискателем впервые.**

1. Впервые сформулирована математическая модель термического разложения горючих сланцев, учитывающая как многофазный характер образующихся продуктов, различие в температуре образующихся фаз, так и движение образующихся продуктов и явление концентрационного расширения.

2. На основе результатов численного моделирования впервые показано, что существуют критические условия перехода процесса подземного разложения сланца в режим теплового взрыва.

### **Научная ценность работы**

Представленные в работе теоретические исследования могут иметь практическое значение для разработки и оптимизации технологий внутрипластовой переработки сланцев. Модель позволяет сделать выводы о количестве и скорости образования полезных продуктов, о преобладании тех или иных процессов и режиме протекания разложения.

**Достоверность результатов и обоснованность выводов** обеспечена использованием современных представлений о кинетике процессов термического разложения сланцев, физический обоснованной постановкой задач тепло- и массопереноса, тестированием реализованного численного алгоритма, качественным согласием результатов с экспериментальными данными.

### **Личный вклад соискателя**

Вклад автора состоит в совместной с научным руководителем постановке задач диссертационного исследования, проведения анализа результатов исследований, их обсуждении, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, написании и отладке программ, осуществляющих численное решение поставленных задач.

**Основное содержание работы** изложено в 14 публикациях, 2 из которых опубликованы в журнале, входящем в список ВАК РФ, 4 – в изданиях, включенных в библиографическую базу данных цитирования Scopus):

*в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК РФ:*

1. **Маслов А.Л.** Численное исследование влияния пористости на термическое разложение горючих сланцев при их подземном нагреве электромагнитным полем / А.Л. Маслов, А.Г. Князева // Химическая физика и мезоскопия. – 2016. – Т. 18, № 2. – С. 206–214.

2. **Маслов А.Л.** Идентификация параметров модели термического разложения горючих сланцев / А.Л. Маслов, А.Г. Князева // Химическая физика и мезоскопия. – 2017. – Т. 19, № 3. – С. 371–378.

*в изданиях, индексируемых в библиографической базе данных Scopus:*

3. **Maslov A.L.** Two-Temperature Two-Dimensional Model of Underground Shale Heating by Electromagnetic Field / A.L. Maslov, S.M. Martemyanov // Advanced Materials Research. – 2014. – V.1040. – P. 620–624. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1040.620.

4. **Maslov A. L.** Numerical study of accumulation dynamics of oil shale thermal decomposition products in the heating element vicinity / A. L. Maslov, A. G. Knyazeva // AIP Conference Proceedings (доклады конференции «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» 21–25 сентября 2015 года). AIP Conference Proceedings. – 2015. – 020085. DOI: [10.1063/1.4932775](https://doi.org/10.1063/1.4932775).

5. **Maslov A.L.** Two-phase model of thermal decomposition of shale stratum / A.L. Maslov, A.G. Knyazeva, S.M. Martemyanov // Thermophysical basis of energy technologies – 2014 Tomsk, 15 –17 October 2014, EPJ Web of Conferences. – 2015. – V. 82. – 01063. DOI: 10.1051/epjconf/20158201063.

6. **Maslov A. L.** Flow of products of thermal decomposition of oil shale through porous skeleton / A. L. Maslov, A. G. Knyazeva // AIP Conference Proceedings (доклады конференции «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» 19–23 сентября 2016 года). AIP Conference Proceedings. – 2016. – 125047. DOI: [10.1063/1.4966386](https://doi.org/10.1063/1.4966386).

*в других изданиях:*

7. **Маслов А.Л.** Моделирование подземного нагрева сланцев в электромагнитном поле / А.Л. Маслов, А.Г. Князева, В.В. Лопатин, С.М. Мартемьянов, Хан Вэй // Известия высших учебных заведений. Физика, 2011. – Т. 54, №11/3. – С. 5–11.

8. **Маслов А.Л.** Математическое моделирование начальной стадии термического разложения сланца в рамках трехмерной модели / А.Л. Маслов, А.Г. Князева, В.В. Лопатин, С.М. Мартемьянов // Известия вузов. Физика. – 2013 – Т. 56 – №. 6/3. – С. 143–145.

9. **Маслов А.Л.** Оценка возможности подземной газификации горючих сланцев / А.Л. Маслов, С.М. Мартемьянов, С.В. Аверьянов // Труды XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии». – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 3. – С. 43–44.

10. **Маслов А.Л.** Математическая модель разложения сланцев под действием переменного электрического тока / А.Л. Маслов, А.Г. Князева, С.М. Мартемьянов // Международная конференция по физической мезомеханике, компьютерному конструированию и разработке новых

материалов: Тезисы докладов, Томск, 5–9 Сентября 2011. – Томск: ИФПМ СО РАН. – 2011. – С. 113.

11. **Маслов А.Л.** Численное исследование динамики образования продуктов термического разложения горючих сланцев / А.Л. Маслов, А.Г. Князева // Горение твердого топлива: Доклады IX Всероссийской конференции с международным участием, Новосибирск, 16 – 18 ноября 2015 г. Новосибирск: Изд-во Института теплофизики СО РАН. – 2015. Режим доступа: [http://www.itp.nsc.ru/conferences/gt-2015/Files/D2\\_P8.pdf](http://www.itp.nsc.ru/conferences/gt-2015/Files/D2_P8.pdf)

12. **Маслов А.Л.** Образование и фильтрация продуктов термического разложения сланцев в толще пласта / А.Л. Маслов, А.Г. Князева // Труды конференции XIV Всероссийский семинар «Динамика многофазных сред», приуроченный к 75-летию академика РАН Фомина В.М. Новосибирск, 2 – 5 ноября 2015 г. – Новосибирск: Изд-во Института теоретической и прикладной механики СО РАН. – 2015. – С. 189–191.

13. **Маслов А.Л.** Исследование математической модели термического разложения сланцев при их нагреве электромагнитным полем / А.Л. Маслов, А.Г. Князева, В.В. Лопатин, С.М. Мартемьянов // Тезисы докладов XXI Всероссийской школы-конференции молодых ученых и студентов «Математическое моделирование в естественных науках», г. Пермь. – Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2012. – С. 95–96.

14. **Маслов А.Л.** Двухфазная модель термического разложения сланцев / А.Л. Маслов, А.Г. Князева, С.М. Мартемьянов // Сборник тезисов научных докладов Всероссийской конференции XXXI «Сибирский теплофизический семинар», посвященный 100-летию со дня рождения академика С.С. Кутателадзе 17 – 19 ноября 2014, Новосибирск. – Новосибирск: Изд-во Института теплофизики СО РАН. – 2014. – С. 74.

#### Апробация работы

Основные результаты данной работы были представлены на всероссийских и международных семинарах и конференциях: Международной конференции по физической мезомеханике, компьютерному конструированию и разработке новых материалов (5–9 сентября 2011 г., Томск); XX Всероссийской школе-конференции молодых ученых и студентов «Математическое моделирование в естественных науках» (5–8 октября 2011 г., Пермь); 7th International Seminar on Flame Structure (July 11–15, 2011 Novosibirsk); Всероссийской конференции «XXXI Сибирский теплофизический семинар» (17–19 ноября 2014 г., Новосибирск); Международной конференции «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» (21–25 сентября 2015 г., Томск); XIV Всероссийском семинаре «Динамика многофазных сред» (2–5 ноября 2015 г., Новосибирск); IX Всероссийской конференции с международным участием «Горение топлива: теория, эксперимент, приложения» (16–18 ноября 2015 г., Новосибирск); Всероссийской конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики» (21–25 сентября 2016 г., Томск); Международной конференции «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» (19–23 сентября 2016 г., Томск); Всероссийской школе-конференции «Химия и физика горения и дисперсных систем» (19–20 сентября 2016 г., Новосибирск); Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодых ученых XXXIII Сибирский теплофизический семинар (6–8 июня 2017 г., Новосибирск).

### **Научная специальность диссертации**

Диссертация «Моделирование подземной газификации сланцев» Маслова Алексея Леонидовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Заключение принято на заседании объединенного семинара Отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий ТПУ. Присутствовало на заседании 17 человек. Результаты голосования: «за» – 17 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 2 от 29.03.2018.

Председатель научного семинара:

руководитель Отделения материаловедения,

доктор технических наук, профессор

 /Клименов Василий Александрович

Секретарь научного семинара:

доцент Отделения материаловедения,

кандидат технических наук

 /Коростелева Елена Николаевна