

УТВЕРЖДАЮ

им. В.В. Воево

ВРИО директора
тут химической кинетики и горения
гделения Российской академии наук

д.ф.м.н. В.А. Багрянский

07. 08. 2018 г.

ОТЗЫВ ведущей организации

о диссертации Маслова Алексея Леонидовича (г. Томск) «Моделирование подземной газификации сланцев», представляемой на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (выписка из протокола заседания семинара по горению и аэрозолям Института химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского № 477 от 19.07.2018 г.)

Присутствовали: 16 членов семинара, в том числе: д.х.н. Онищук А.А., Бунев В.А., д.ф.-м.н. Замашиков В.В., Козлов Я.В., к.х.н. Шмаков А.Г., к.ф.-м.н. Чернов А.А., к.х.н. Макаров В.И., д.т.н. Коржавин А.А., к.ф.-м.н. Глотов О.Г., Дмитриев А.М., к.ф.-м.н. Князьков Д.А., д.ф.-м.н. Зарко В.Е., к.х.н. Валиулин С.В., к.ф.-м.н. Кискин А.Б.

Слушали: доклад по материалам кандидатской диссертации Маслова Алексея Леонидовича «Моделирование подземной газификации сланцев». Научный руководитель: д. ф.-м. н., проф. Князева Анна Георгиевна.

После доклада состоялось обсуждение работы. Вопросы задавали и в обсуждении участвовали: д.х.н. Онищук А.А., Бунев В.А, к.х.н. Шмаков А.Г., д.т.н. Коржавин А.А., Дмитриев А.М., к.ф.-м.н. Князьков Д.А., д.ф.-м.н. Зарко В.Е.

В представленном докладе освещены следующие вопросы:

1. актуальность темы диссертации;
2. исследование роли технологических факторов в нагреве сланцев без учета химических реакций;
3. двухфазная модель термического разложения сланцевого пласта с учетом химических реакций;
4. влияние технологических факторов на динамику процесса разложения сланца и возможность существования различных режимов разложения, включая режим теплового взрыва.

Связь с планом научно-исследовательских работ

Диссертационная работа 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» и в лаборатории компьютерного конструирования материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук в рамках проектов РФФИ 12-08-31494 и 14-08-31134.

Актуальность исследования

Горючие сланцы – слоистые горные породы осадочного происхождения, при нагреве которых образуются смолы и газы. Сланцы можно использовать как твердое топливо, однако их сжигание в промышленных масштабах связано с целым рядом трудностей, вызванных, в основном, высокой зольностью. Ввиду этого перспективным представляется использование в качестве энергоносителя не самих сланцев, а горючих продуктов их термического разложения.

Одним из путей переработки сланцев является нагрев тем или иным способом самого сланцевого пласта до температуры интенсивного разложения. Это позволяет получать нужные продукты, не прибегая к энергозатратным и дорогостоящим операциям измельчения и подъема породы на поверхность, а также решить проблему утилизации образующихся при разложении сланца твердых отходов. В то же время внутрислоевая переработка сланцев сопряжена с рядом сложностей. 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, большую роль в их изучении имеет математическое моделирование, чему и посвящена обсуждаемая работа.

Научная новизна

1. Впервые сформулирована математическая модель термического разложения горючих сланцев, учитывающая многофазный характер образующихся продуктов, различие в температуре образующихся фаз и комплекс физических явлений: движение образующихся продуктов, явление концентрационного расширения, смену механизма нагрева высокочастотным полем с появлением продуктов разложения.

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

Обоснованность научных положений и выводов

Достоверность результатов работы обеспечена использованием современных представлений о кинетике процессов термического разложения сланцев, физически обоснованной постановкой задач тепло- и массопереноса, тестированием реализованного численного алгоритма.

Личный вклад соискателя

Вклад автора состоит в совместной с научным руководителем постановке задач диссертационного исследования, в разработке алгоритмов численной реализации моделей, написании и отладке программ, в анализе результатов исследований, их обсуждении, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, а также в написании статей.

Полнота опубликования результатов: основные результаты работы опубликованы в 6 статьях в рецензируемых научных журналах и 9 в тезисах научных конференций и симпозиумов.

Список основных публикаций по теме диссертации:

в изданиях, входящих в список ВАК, и приравненных к ним:

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.
3. **Maslov A.L.** A two-phase model of shale pyrolysis / A.G Knyazeva, A.L. Maslov, S.M. Martemyanov // Fuel. – 2018 – V.228. – P. 132-139.

в изданиях, индексируемых в библиографической базе данных Scopus:

4. **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.
5. **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.

6. **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.

7. **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.

По результатам обсуждения и чтения текста диссертации сделаны следующие замечания:

1. Недостаточно раскрыты детали механизма декомпозиции сланцев, обуславливающие наличие экзотермических реакций при их разложении. Это необходимо для обоснования сделанного выбора кинетических параметров.

2. Отдельные выводы сформулированы декларативно и не отражают существа полученных результатов. В частности, это относится к выводам №№ 2 и 3. Кроме того, важно отметить, что возможность протекания процесса разложения сланцев в режиме теплового взрыва в данной работе основана именно на использовании конкретных кинетических параметров.

3. В целом диссертация написана ясным и технически правильным языком, но в ряде случаев допущены небрежности, затрудняющие ее восприятие. В частности, автор периодически употребляет прилагательные вместо наречий (фактический, физический); использует неправильный термин атмосфера азота (с.19 дисс.); пишет о выделении тепла в твердой фазе (с. 79 дисс.). Обоснование достоверности полученных результатов с помощью их (качественного) сравнения с экспериментальными данными следует назвать ошибочным.

4. Текст автореферата в основном соответствует содержанию диссертации. Вопросы возникают лишь при чтении абзаца в середине с.13 (Для сравнения принятых предположений ...). Здесь непонятны как постановка самой задачи «сравнения предположений», так и отсылка к работе 4 (Shin S.M.).

Сделанные замечания не оказывают существенного влияния на положительную в целом оценку представленной диссертации.

Решение о рекомендации к защите

Диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Выводы и рекомендации в целом достаточно обоснованы. Работа отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям. С учетом изложенного следует рекомендовать выполненную работу к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в специализированном совете по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Результаты диссертационной работы имеют значение с точки зрения развития представлений в области химической физики и могут быть использованы при проведении научных исследований и чтении соответствующих учебных курсов в ИХКГ СО РАН, Кемерово СО РАН, ИХФ РАН, ТГУ, ТПУ, и т.д.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании Объединенного семинара по горению и аэрозолям (лаборатории горения конденсированных систем, физики и химии горения газов, кинетики процессов горения) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук (19 июля 2018 г., протокол № 477).

Председатель семинара:

И.о. зав. лабораторией Горения конденсированных систем ИХКГ СО РАН,

д.ф.-м.н., профессор,

 / Зарко Владимир Егорович

Секретарь семинара:

Старший научный сотрудник,

к.ф.-м.н.

 / Князьков Денис Анатольевич

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук

630090, Новосибирск, Институтская ул., 3

телефон: (383) 330-91-50 факс: (383) 330-73-50

адрес электронной почты: admin@kinetics.nsc.ru