

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра Российской  
академии наук**

(ИМех УНЦ РАН, Институт механики им. Р.Р. Мавлютова)

Отчет по дополнительной референтной группе 14 Энергетика

Дата формирования отчета: 20.05.2017

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Инфраструктура научной организации**

- 1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр**

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

- 2. Информация о структурных подразделениях научной организации**

По данной референтной группе в период с 2013 по 2015 г.г. в Институте механики УНЦ РАН функционировала лаборатория "Моделирование технологических процессов"

Специализация: Разработка теоретических основ образования и разложения газовых гидратов в объемных водных, газовых и дисперсных средах

- 3. Научно-исследовательская инфраструктура**

Информация не предоставлена

- 4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

- 5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**



Информация не предоставлена

**6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований**

Информация не предоставлена

**7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона**

Информация не предоставлена

**8. Стратегическое развитие научной организации**

В Институте механики УНЦ РАН по данной референтной группе организован и функционирует научно-образовательный центр: "Многофазные системы" (д.ф.-м.н., проф. Шагапов В.Ш.)

**Интеграция в мировое научное сообщество**

**9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год**

Информация не предоставлена

**10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год**

Информация не предоставлена

**НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований**

**12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год**

Направление: 22. Механика жидкости, газа и плазмы, многофазных и неидеальных сред, механика горения, детонации и взрыва

Научные результаты:

1. Разработаны теоретические модели для исследования миграции одиночного газового пузырька и системы газовых пузырьков в воде, в глубинах, где термобарические условия



способствуют образованию газогидратов. Проведены численные эксперименты, в ситуации, когда дно водоёма является поверхностным источником метановых пузырьков. Численные расчёты показали, что при постоянной интенсивности инъекции газа со дна формируется в воде восходящий поток дисперсных частиц. Верхний участок представляет поток гидратных частиц, а нижний, примыкающий ко дну, – поток газовых пузырьков. Установлено что, на нижнем участке гидратообразование отсутствует, вследствие повышения температуры. На основе сопоставительного анализа численных расчетов с опытными данными установлено, что рост гидратной корки вокруг пузырька при его миграции в морской воде лимитируется диффузией гидратообразующего газа метана через эту корку.

2. Предложена теоретическая модель для описания начального этапа формирования гидратного слоя на границе контакта воды и гидратообразующего газа. Согласно представленной модели, этот этап (в дальнейшем будем его называть периодом индукции), сопровождается растворением газа в воде, а также формированием и ростом гидрата в объемной зоне на примесных частицах вблизи границы контакта. Получено аналитическое решение для характерного времени, в течение которого объемное содержание гидратной фазы достигает единицы и тем самым формируется пленка, предшествующая гидратному слою на границе «газ - вода». Это характерное время принято за время индукции. Согласно полученной формуле, период индукции зависит обратно пропорционально от величины статического давления и от минус двух третей степени числа примесных частиц.

Обнаружены два предельных режима гидратообразования при контакте воды и газа. Согласно первому, образовавшийся гидратный слой имеет низкую проницаемость и настолько слабо пропускает гидратообразующий газ, что тепло, выделившееся при образовании гидрата, успевает распространиться от поверхности контакта гидратного слоя с водой в окружающую воду и слой образовавшегося газового гидрата. При данном режиме наблюдается самый низкий темп гидратообразования. С ростом пропускной способности гидратного слоя за счет увеличения его проницаемости связанной, в частности, с содержанием различных примесей, основную роль начинают играть процессы теплопроводности. Поэтому, согласно второму предельному режиму, интенсивность образования гидрата лимитируется способностью воды отводить тепло, выделившееся за счет формирования гидрата, от границы гидратообразования.

3. На основе предложенной теоретической модели и численных экспериментов, была проанализирована возможность реализации полной газоотдачи газогидратных пластов только за счет тепловых резервов самих гидратных пластов, а также окружающих пласт горных массивов. Установлено, что для пластов толщиной несколько десятков метров, наиболее полный отбор газа, включая долю, входящую в состав гидрата, без подвода внешних энергетических источников можно осуществить за время порядка полсотни лет. При циклическом режиме эксплуатации, когда активное извлечение газа чередуется последующей консервацией гидратной залежи, за счет надлежащего подбора периода элементов цикла и интенсивности отбора, можно сократить общее время разработки газогид-



ратной залежи на десятки лет. Изучено влияние толщины пласта и параметров, определяющих его исходное состояние (температура, давление, гидратонасыщенность) на эволюцию газогидратного пласта.

Список наиболее значимых публикаций:

1. Шагапов В.Ш., Тазетдинов Б.И. К теории разложения метастабильного газогидрата //Теоретические основы химической технологии. 2013. Т. 47. № 4. С. 454. (Shagapov V.Sh., Tazetdinov B.I. On the theory of the decomposition of a metastable gas hydrate //Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2013. V. 47. No. 4. P. 388-396.) (Импакт-фактор РИНЦ - 0.731, Scopus - 0.547 ; Базы цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ) DOI: 10.7868/S0040357113030123

2. Шагапов В.Ш., Чиглинцева А.С., Кунсбаева Г.А. Теоретическое моделирование реактора для процесса вымывания газа из гидрата //Теоретические основы химической технологии. 2013. V. 47. No. 2. P. 208. (Shagapov V.Sh., Chiglintseva A.S., Kunsbaeva G.A. Theoretical modeling of a reactor for washing gas out of hydrates //Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2013. T. 47. № 2. С. 159-164.) (Импакт-фактор РИНЦ - 0.731, Scopus - 0.547 ; Базы цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ) DOI: 10.7868/S0040357112050193

3. Шагапов В.Ш., Тазетдинов Б.И. Образование и разложение газогидратных включений при миграции в воде //Теплофизика и аэромеханика. 2014. Т. 21. № 3. С. 355-364. (Shagapov V.S., Tazetdinov B.I. Formation and dissociation of gas hydrate inclusions during migration in water //Thermophysics and Aeromechanics. 2014. T. 21. № 3. С. 337-345.) (Импакт-фактор РИНЦ - 0.777, Scopus - 0.365; Базы цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ) DOI: 10.1134/S086986431403007X

4. Шагапов В.Ш., Чиглинцева А.С., Русинов А.А. О миграции пузырьков в условиях образования гидрата //Прикладная механика и техническая физика. 2015. Т. 56. № 2 (330). С. 43-52. (Shagapov V.S., Chiglintseva A.S., Rusinov A.A. Bubble migration during hydrate formation //Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2015. T. 56. № 2. С. 202-210.) (Импакт-фактор РИНЦ - 0.518, Scopus - 0.274 ; Базы цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ) DOI: 10.7868/S0040357112050193

5. Shagapov V.Sh., Musakaev N.G., Khasanov M.K. Formation of gas hydrates in a porous medium during an injection of cold gas // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2015. Т. 84. P. 1030-1039. (Impact Factor - 2.857; Базы цитирования: Web of Science, SCOPUS). DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.01.105

**13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена



#### 14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год

1. Шагапов В.Ш., Тазетдинов Б.И. К теории разложения метастабильного газогидрата //Теоретические основы химической технологии. 2013. Т. 47. № 4. С. 454. (Shagapov V.Sh., Tazetdinov B.I. On the theory of the decomposition of a metastable gas hydrate //Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2013. V. 47. No. 4. P. 388-396.) (Импакт-фактор РИНЦ - 0.731, Scopus - 0.547 ; Базы цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ) DOI: 10.7868/S0040357113030123

2. Шагапов В.Ш., Чиглинцева А.С., Кунсбаева Г.А. Теоретическое моделирование реактора для процесса вымывания газа из гидрата //Теоретические основы химической технологии. 2013. V. 47. No. 2. P. 208. (Shagapov V.Sh., Chiglintseva A.S., Kunsbaeva G.A. Theoretical modeling of a reactor for washing gas out of hydrates //Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2013. T. 47. № 2. С. 159-164.) (Импакт-фактор РИНЦ - 0.731, Scopus - 0.547; Базы цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ) DOI: 10.7868/S0040357112050193

3. Шагапов В.Ш., Тазетдинов Б.И. Образование и разложение газогидратных включений при миграции в воде //Теплофизика и аэромеханика. 2014. Т. 21. № 3. С. 355-364. (Shagapov V.S., Tazetdinov B.I. Formation and dissociation of gas hydrate inclusions during migration in water //Thermophysics and Aeromechanics. 2014. T. 21. № 3. С. 337-345.) (Импакт-фактор РИНЦ - 0.777, Scopus - 0.365; Базы цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ) DOI: 10.1134/S086986431403007X

4. Шагапов В.Ш., Чиглинцева А.С., Русинов А.А. О миграции пузырьков в условиях образования гидрата //Прикладная механика и техническая физика. 2015. Т. 56. № 2 (330). С. 43-52. (Shagapov V.S., Chiglintseva A.S., Rusinov A.A. Bubble migration during hydrate formation //Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2015. T. 56. № 2. С. 202-210.) (Импакт-фактор РИНЦ - 0.518, Scopus - 0.274 ; Базы цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ) DOI: 10.7868/S0040357112050193

5. Shagapov V.Sh., Musakaev N.G., Khasanov M.K. Formation of gas hydrates in a porous medium during an injection of cold gas // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2015. T. 84. P. 1030-1039. (Impact Factor - 2.857; Базы цитирования: Web of Science, SCOPUS). DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.01.105

6. Шагапов В.Ш., Хасанов М.К., Гималтдинов И.К., Столповский М.В. Особенности разложения газовых гидратов в пористых средах при нагнетании теплого газа //Теплофизика и аэромеханика. 2013. Т. 20. № 3. С. 347-454. (Shagapov V.S., Khasanov M.K., Gimaltdinov I.K., Stolpovsky M.V. The features of gas hydrate dissociation in porous media at warm gas injection //Thermophysics and Aeromechanics. 2013. T. 20. № 3. С. 339-346.) (Импакт-фактор РИНЦ - 0.777, Scopus - 0.365; Базы цитирования: Web of Science, Scopus, РИНЦ) DOI: 10.1134/S0869864313030104



7. Нурисламов О.Р., Лепихин С.А., Галимзянов М.Н. Образование гидратной частицы при всплытии газового пузырька // Вычислительные методы и программирование. 2015. Т. 16. С. 339-347. (Импакт-фактор РИНЦ - 0,471. Базы цитирования: РИНЦ, Google Scholar).

8. Шагапов В.Ш., Ялаев А.В., Шепелькевич О.А. Период индукции гидратообразования при контакте газа и воды // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2015. Т. 1. № 2 (2). С. 50-58. (Импакт-фактор РИНЦ - 0.239; Базы цитирования: РИНЦ)

9. Шагапов В.Ш., Чиглинцева А.С., Русинов А.А. Описание гидродинамических и температурных полей при разработке газогидратных пластов // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2015. Т. 1. № 3 (3). С. 84-91. (Импакт-фактор РИНЦ - 0.239; Базы цитирования: РИНЦ)

10. Шагапов В.Ш., Тазетдинов Б.И., Нурисламов О.Р. К теории образования и разложения газогидратных частиц в процессе их всплытия в воде // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2013. № 6 (26). С. 106-113. (Импакт-фактор РИНЦ - 0.283; Базы цитирования: РИНЦ)

**15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие**

1. РФФИ 11-01-97014-р\_поволжье\_a – «Механика гетерогенных систем с физико-химическими превращениями» (2011-2013). Объем финансирования 180 тысяч ежегодно.

2. РФФИ 13-01-00550 «Теоретические основы добычи, транспортировки и хранения энергоносителей из нетрадиционных источников углеводородов» (2013-2014). Объем финансирования - 500 тысяч ежегодно.

3. Грант Фонда фундаментальных исследований Президиума РАН «Мировой океан - многомасштабность, многофазность, многопараметричность» (№43) (2015-2017). Объем финансирования на 2015 г. - 400 тысяч

4. Грант Фонда фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология» (П-23) (2012-2014) - 400 тысяч ежегодно.

5. РФФИ 11-01-97004-р\_поволжье\_a «Моделирование и исследование технологических процессов, сопровождающихся ударно-волновыми явлениями в многофазных потоках» (2011-2013) - 400 тысяч ежегодно.

**16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**



Информация не предоставлена

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований**

**17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год**

Информация не предоставлена

### **Внедренческий потенциал научной организации**

**18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований**

Информация не предоставлена

**19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год**

Информация не предоставлена

## **ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Экспертная деятельность научных организаций**

**20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами**

Информация не предоставлена

### **Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций**

**21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год**

Информация не предоставлена



**Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении  
организации в соответствующем научном направлении  
(представляются по желанию организации в свободной форме)**

**22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации  
в соответствующем научном направлении, а также информация, которую ор-  
ганизация хочет сообщить о себе дополнительно**

Информация не предоставлена

ФИО руководителя Гаммизенов М.И.

Подпись

Дата

