



# **ТРОФИМУКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021**

**ВСЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
С УЧАСТИЕМ ИНОСТРАННЫХ УЧЕНЫХ**

**11–16 октября 2021 г.**

## **МАТЕРИАЛЫ**



**ИНГГ  
СО РАН**



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ РАН  
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ  
ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
НЕФТИ, ГАЗА И УГЛЯ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ  
ИМ. А. А. ТРОФИМУКА СО РАН  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



ТРОФИМУКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021  
Год науки и технологий – 2021

Материалы Всероссийской молодежной научной конференции  
с участием иностранных ученых

г. Новосибирск, 11–16 октября 2021 г.

Новосибирск  
2021

УДК 55:550.8+338.012(063)  
ББК ИЗ6я431  
Т 76

#### **Программный комитет**

Председатель – академик РАН *А. Э. Конторович*  
Зам. председателя – д-р техн. наук *И. Н. Ельцов*

#### **Члены программного комитета:**

акад. РАН *В. А. Верниковский*, акад. РАН *М. И. Эпов*, чл.-корр. РАН *В. Н. Глинских*,  
чл.-корр. РАН *В. А. Каширцев*, чл.-корр. РАН *В. А. Конторович*, чл.-корр. РАН *И. Ю. Кулаков*,  
чл.-корр. РАН *Б. Н. Шурыгин*, д-р геол.-минерал. наук *Л. М. Буриштейн*,  
д-р геол.-минерал. наук *Д. В. Гражданкин*, д-р геол.-минерал. наук *Б. Л. Никитенко*,  
д-р геол.-минерал. наук *Н. В. Сенников*, д-р геол.-минерал. наук *А. Н. Фомин*,  
канд. геол.-минерал. наук *И. А. Губин*, канд. геол.-минерал. наук *Д. А. Новиков*,  
канд. геол.-минерал. наук *Т. М. Парфенова*

#### **Организационный комитет**

Председатель – *О. А. Локтионова*  
Секретарь – *С. М. Ибрагимова*

#### **Члены организационного комитета**

*М. В. Соловьев*, *Д. В. Аюнова*, *К. В. Долженко*, *Ф. Ф. Дульцев*, *Е. А. Земнухова*,  
*К. И. Канакова*, *А. А. Федосеев*, *Е. Е. Хогоева*

**Т76** Трофимуковские чтения – 2021 : Материалы Всерос. молодежной науч. конф. с участием иностр. ученых / Ин-т нефтегаз. геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН ; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2021. – 280 с.

ISBN 978-5-4437-1251-2

Сборник содержит материалы докладов, представленных на Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых «Трофимуковские чтения – 2021», посвященной 110-летию академика АН СССР и РАН А. А. Трофимука (Новосибирск, Россия, 11–16 октября 2021 г.). В докладах отражены современные теоретические и практические проблемы геологии нефти и газа. Внимание уделено вопросам общей и региональной геологии нефтегазоносных осадочных бассейнов, решению актуальных задач тектоники, седиментологии, литологии, палеогеографии, геохимии, стратиграфии и палеонтологии. В публикациях обсуждаются новые результаты исследований в области геохимии нефти, гидрогеологии и гидрогеохимии нефтегазоносных бассейнов, углеводородного потенциала недр России. Серия работ посвящена моделированию нефтегазообразования в осадочных отложениях Сибири, методам компьютерного моделирования геологических процессов, оценке ресурсов и выявлению закономерностей размещения месторождений углеводородов. В сборник включены доклады, направленные на обсуждение проблем экономики и экологии нефтегазовой отрасли. В ряде докладов представлены результаты изучения геофизических исследований скважин, новые геофизические методы поисков углеводородов. Материалы конференции представляют интерес для специалистов-геологов широкого профиля, а также для преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений, специализирующихся в области наук о Земле.

УДК 55:550.8+338.012(063)  
ББК ИЗ6я431

© Институт нефтегазовой геологии и геофизики  
им. А. А. Трофимука СО РАН, 2021  
© Новосибирский государственный  
университет, 2021

ISBN 978-5-4437-1251-2

# СОДЕРЖАНИЕ

## СЕКЦИЯ 1. РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ (СТРАТИГРАФИЯ И ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, ТЕКТНИКА, ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ ОСАДОЧНЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ)

Багаев Д. З. Геолого-геофизическая модель северной части бассейна Восточно-Сибирского моря с целью обоснования перспективных нефтегазоносных районов.....	8
Гришина А. А., Сапьяник В. В., Торопова Т. Н. Реконструкция обстановок осадконакопления байос-батских отложений в западной части Енисей-Хатангской НГО и сопредельных территорий.....	12
Гришина А. А., Торопова Т. Н., Сапьяник В. В. Геологическое строение западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и перспективы газоносности меловых отложений (на примере Подпимского ССК).....	15
Дроздов Д. К., Пахомова К. А., Виноградов Е. В. Палеогеографическое положение Сибири в позднем венде – раннем кембрии по результатам палеомагнитного анализа осадочной последовательности Оленекского поднятия .....	18
Ефременко В. Д. Белемниты и биостратиграфия нижнемеловых отложений Анабарского района Сибири.....	23
Злобина А. В. Стратиграфия и органическая геохимия нижней юры восточной части Анабаро-Ленского регионального прогиба (бассейн р. Келимяр).....	27
Нечаев М. С. Литологическая характеристика отложений овинпармского горизонта лохковского яруса нижнего девона в разрезе ручья Дэршор (гряда Чернышева).....	30
Пахомова К. А., Дроздов Д. К. Палеогеография Суханского осадочного бассейна по палеомагнитным данным хатыспытской свиты (венд Оленекского поднятия) .....	33
Пащенко А. А. Биостратиграфия синской и куторгиновой свит нижнего кембрия северо-запада Алданской антеклизы.....	38
Смольянова Д. В., Курагин Д. И., Зуева Е. А. Оценка перспектив нефтегазоносности доманиковых отложений юго-восточной части Мухано-Ероховского прогиба .....	42
Тахватулин М. М., Масленников М. А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности юрских, триасовых и пермских отложений южного борта Вилуйской синеклизы.....	45
Удегова В. В., Филиппов Ю. Ф. Потенциально нефтегазоносные комплексы Предъенисейского осадочного бассейна на юго-востоке Западной Сибири .....	48

## СЕКЦИЯ 2. ГЕОФИЗИКА. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Глинских А. В. Численное моделирование потенциалов самопроизвольной поляризации с учетом глинистости пласта-коллектора.....	52
---	----

Кальяк А. А. Модель аппаратного комплекса для определения теплофизических свойств горных пород в условиях естественного залегания .....	56
Крошка Е. С. Сопоставление широкополосных диэлектрических спектров твердых и разрушенных песчаных пород .....	60
Крошка Е. С., Родионова О. В. Широкополосная диэлектрическая спектроскопия просеянных фракций песка и плавленых гранул.....	64
Москаев И. А. Численное моделирование данных скважинной электротомии в геоэлектрических моделях с наклонной двухосной электрической анизотропией .....	68
Сизиков И. С., Тимофеев А. В., Ардюков Д. Г., Носов Д. А. Результаты измерений силы тяжести и смещений в районе Заполярного и Ямбургского нефтегазовых месторождений .....	71
Ульянов Н. А., Яскевич С. В., Дергач П. А. Детекция записей слабых локальных землетрясений с использованием машинного обучения.....	76
Федосеев А. А. Определение вещественного состава отложений баженовской свиты на основе электрофизических моделей смесей.....	79
Хогоева Е. Е. Динамика эмиссионного отклика геологической среды по материалам морской сейсморазведки .....	83
Шилов Н. Н., Грубась С. И., Дучков А. А. Построение сейсмических лучей по решению уравнения эйконала с использованием искусственных нейронных сетей.....	87
Яблоков А. В., Сердюков А. С. Способ подбора архитектуры искусственной нейронной сети для аппроксимации зависимости фазовой скорости поверхностной волны от параметров упругой модели геологической среды .....	91

### СЕКЦИЯ 3. ТЕОРИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НЕФТИ И ГАЗА, ОРГАНИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОХИМИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Бондоров Р. А., Фомин А. Н. Мацеральный состав и условия формирования углей васюганской свиты на юго-востоке Западно-Сибирского мегабассейна .....	95
Бурухина А. И., Фурсенко Е. А. Распределение углеводородов C <sub>4</sub> –C <sub>9</sub> в нефтях и конденсатах Бованенковского месторождения (полуостров Ямал, Западная Сибирь) .....	99
Дребот В. В. Изотопный состав углерода и кислорода гидрокарбонат-иона ( $\delta^{13}\text{C}$ ) в подземных водах территории Торейских озер (Восточное Забайкалье).....	102
Иванников А. А. Органическая геохимия юрских отложений востока Енисей-Хатангского регионального прогиба.....	106
Мельник Д. С. Параавтохтонные битумоиды в породах хатыспытской свиты венда Оленекского поднятия на северо-востоке Сибирской платформы .....	109

Попова И. Д., Долженко К. В. Влияние асфальто-смолистой компоненты битумоида на пиролитические показатели террагенного органического вещества верхнепалеозойского комплекса Вилуйской синеклизы .....	113
Пыряев А. Н., Максимова А. А. Изотопный состав подземных вод нефтегазоносных отложений центральной части Зауральской мегамоноклизы .....	117
Черных А. В., Пыряев А. Н., Дульцев Ф. Ф. Новые данные об изотопном составе рассолов нефтегазоносных отложений Сибирской платформы.....	121

#### СЕКЦИЯ 4. МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Бардачевский В. Н. Геологическое строение и нефтегазоносность региональных резервуаров нижнемелового клиноформного комплекса Гыданского полуострова .....	126
Белоусов А. А., Титов Б. Г. Моделирование методики определения содержания в породе урана, тория калия методом пассивной гамма-спектрометрии .....	130
Зервандо Я. В., Елишева О. В. Предпосылки заполнения резервуаров неокомского интервала разреза Ай-Яунской площади углеводородами .....	133
Канакова К. И., Канаков М. С., Ибрагимова С. М. Методика выделения литотипов по данным ГИС в отложениях горизонта Ю <sub>1</sub> .....	138
Котухов П. Д. Влияние структурного строения и литологических особенностей вендских терригенных отложений на перспективы нефтегазоносности южного склона Байкитской антеклизы .....	142
Ошорова Е. М., Аюнова Д. В. Сейсмогеологическая характеристика и нефтегазоносность меловых отложений Ванкорской зоны нефтегазонакопления.....	146
Татевосян Л. С. Структурная характеристика отложений НГГЗК Чкаловского месторождения и прилегающих территорий .....	149

#### СЕКЦИЯ 5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ НЕФТИ, МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИДРАТНОГО ГАЗА: МЕТОДЫ ИХ ПОИСКОВ, РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ

Кузнецова М. И. Выявление перспективных объектов баженовской свиты на территории ЯНАО с применением геолого-геофизических критериев .....	152
Соколов П. А. Поточный измеритель минерализации водных растворов .....	156

#### СЕКЦИЯ 6. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ

Кокорев О. Н., Кейслер А. Г., Истомин А. Д., Носков М. Д., Чеглоков А. А. Геоэкологический прогноз эксплуатации пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов.....	160
---	-----

Кушнарев Р. С., Горяевчев Н. А., Митрофанов Г. М. Тестирование алгоритма поверхностно-согласованной компенсации сейсмических амплитуд.....	164
Петров М. Н. Численное моделирование процессов двухфазной фильтрации в прискважинной зоне трещиновато-пористого коллектора.....	168
Самосудова А. В., Черепанский М. М., Иванов К. А., Кокорев О. Н., Щипков А. А. Концепция автоматизированной системы оперативного контроля уровня подземных вод пункта приповерхностного захоронения твердых радиоактивных отходов III и IV классов филиала «Северский» ФГУП «НО РАО».....	172
Солдатов Н. А., Дробчик А. Н. Адаптация оконных методов детектирования сейсмических событий для сетей с низкой пропускной способностью .....	177
Темирбулатов О. П., Михайлов И. В. Численное моделирование сигналов электромагнитного зонда с тороидальными катушками в наклонно-горизонтальных скважинах .....	181
Хлыстун Е. С., Манштейн А. К. Коррекция температурного дрейфа в аппаратуре многочастотного зондирования АЭМП-14 .....	185
Штанько Е. И. Особенности распространения электромагнитного поля в анизотропной слоистой среде.....	189

#### СЕКЦИЯ 7. МОДЕЛИРОВАНИЕ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДОВ И ОЦЕНКА РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Галиева М. Ф. Модели палеозойских и мезозойских очагов генерации углеводородов и их роль в формировании доюрских залежей Герасимовского месторождение (Томская область) .....	193
Космачева А. Ю., Федорович М. О. История процессов нефтегазообразования в угленосных отложениях перми Вилюйской гемисинеклизы (по результатам бассейнового моделирования).....	196
Крутенко Д. С. Зональность распределения плотности глубинного теплового потока, нефтегазоносности и системы разломов западных районов Томской области .....	199
Побережная Ю. Е., Диева Н. Н. Анализ прогрева залежи высоковязкой нефти на примере залежи Ромашкинского месторождения.....	202

#### СЕКЦИЯ 8. НЕФТЕПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЯ, РАЗРАБОТКА И ОБУСТРОЙСТВО МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ, МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОИСКОВ, РАЗВЕДКИ, РАЗРАБОТКИ И ТРАНСПОРТА НЕФТИ И ГАЗА

Плетнева К. А., Кибало А. А., Молокитина Н. С. Дисперсные системы на основе ПВС для разработки систем перспективных в газогидратных технологиях реализации попутного нефтяного газа .....	206
---	-----

## СЕКЦИЯ 9. МОДЕЛИРОВАНИЕ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДОВ И ОЦЕНКА РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Басова С. А. Особенности структуры и динамики налоговой нагрузки нефтедобывающих регионов России .....	209
Воробьева Е. Ю. Влияние прямых иностранных инвестиций на нефтегазовый комплекс России и экономику в целом.....	216
Гайворонская М. С. Анализ состояния и альтернативы газификации восточных регионов РФ.....	220
Градобоева В. Л. Особенности функционирования малых нефтяных компаний в России.....	224
Ефимова А. В. Налог на дополнительный доход в нефтяной отрасли России.....	228
Земнухова Е. А., Маканин А. М. Особенности оценки эффективности организации арктических минерально-сырьевых центров с учётом мультикритериальности .....	231
Кожевин В. Д. Особенности развития возобновляемых источников энергии в России.....	235
Комарова А. В., Адель А. М., Мохамед М. Особенности оценки и ранжирования арктических нефтегазовых проектов .....	241
Крутилина А. Д. Влияние налоговой нагрузки на количество выбросов углекислого газа от сжигания ископаемых видов топлива в странах мира .....	244
Мишенин М.В. Современные особенности расчёта разового платежа за пользование недрами с целью геологического изучения, разведки и добычи нефти и газа .....	247
Немов В. Ю. Процессы трансформации мирового топливно-энергетического баланса в условиях роста межрегиональной конкуренции.....	251
Новиков А. Ю. Основные факторы экономического развития ресурсных территорий РФ.....	255
Петрова Н. А. Транспортная обеспеченность Арктической зоны .....	258
Проворная И. В., Чеботарева А. В. Меры повышения уровня утилизации попутного нефтяного газа в России .....	263
Рягузова К.Д. Оценка выгод и угроз трансформации мирового рынка нефти вследствие роста добычи сланцевой нефти.....	266
Филимонова И. В., Дочкина Д. Д. Законодательные и нормативно-правовые стимулы развития водородной энергетики в России .....	270
Филимонова И. В., Кожевина С. И. Перспективные направления технологического развития нефтегазового комплекса России .....	274
УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ.....	278

**СЕКЦИЯ 8. НЕФТЕПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЯ, РАЗРАБОТКА И  
ОБУСТРОЙСТВО МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ, МЕТОДЫ  
ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
ПОИСКОВ, РАЗВЕДКИ, РАЗРАБОТКИ И ТРАНСПОРТА НЕФТИ И ГАЗА**

УДК 621.6:533.77

DOI 10.25205/978-5-4437-1251-2-206-208

**ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПВС ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ  
ПЕРСПЕКТИВНЫХ В ГАЗОГИДРАТНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ  
ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА**

**К. А. Плетнева, А. А. Кибкало, Н. С. Молокитина**

*Институт криосферы Земли Тюменского научного центра СО РАН, г. Тюмень  
Тюменский государственный университет, г. Тюмень*

**Аннотация.** Настоящая работа посвящена анализу влияния дисперсности экспериментальных образцов и модулярной массы используемого ПВС на процесс образования гидратов метана в замороженных измельченных растворах ПВС.

**Ключевые слова:** гидрат метана, поливиниловый спирт, молотые замороженные системы, степень конверсии.

**PVA-BASED DISPERSE SYSTEM PROMISING IN GAS HYDRATE  
TECHNOLOGIES FOR CAPTURING ASSOCIATED PETROLEUM GAS**

**K. A. Pletneva, A. A. Kibkalo, N. S. Molokitina**

*Institute of the Earth's Cryosphere Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen  
Tyumen State University, Tyumen*

**Annotation.** The present work is devoted to the analysis of the influence of the dispersion of experimental samples and the molecular weight of the PVA used on the process of methane hydrate conversion in frozen powdered PVA solutions.

**Key words:** methane hydrate, poly (vinyl alcohol), powdered frozen systems, conversion degree.

**Введение.** В настоящее время ведется борьба с выбросами метана из нефтегазового сектора, что является инициативой Коалиции за климат и чистый воздух, возглавляемой Программой ООН по окружающей среде, Европейской комиссией и Фондом защиты окружающей среды. Газогидратные технологии могут позволить сократить количество выбрасываемого в атмосферу попутного нефтяного газа и направить его на локальное энергообеспечение [1].

Технологии перевода газа в гидрат являются перспективным способом транспортировки и хранения природного газа в условиях холодного климата, благодаря эффекту самоконсерва-

---

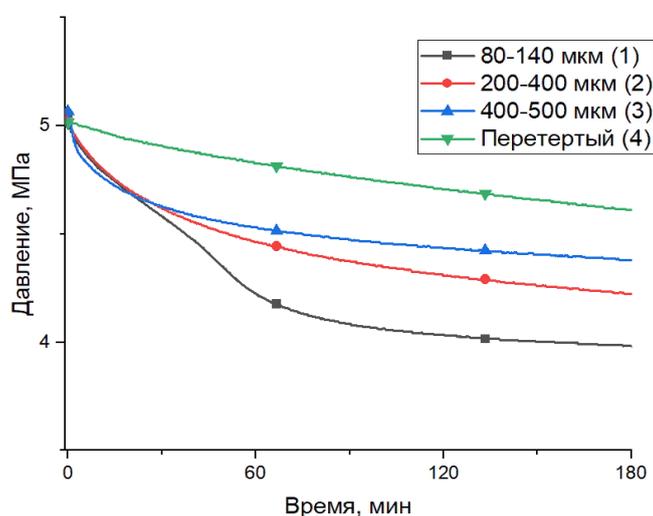
© К. А. Плетнева, А. А. Кибкало, Н. С. Молокитина, 2021

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ и Тюменской области 20-43-72002 и РНФ 20-79-00285.

ции гидратов метана [1, 2]. Ранее было доказано, что применение замороженных молотых растворов ПВС увеличивает скорость гидратообразования метана, по сравнению с молотым льдом и др. [1, 3]. Использование систем, приготовленных с просеиванием и без просеивания, что ранее не было исследовано, позволило установить влияние дисперсности на степень конверсии воды в гидрат.

**Экспериментальная часть.** В ходе эксперимента использовался метан со степенью очистки 99,99 %, дистиллированная вода и технические поливиниловые спирты (ВФ-14, молекулярная масса < 80 кДа; 26–99, молекулярная масса > 190 кДа). Для приготовления растворов необходимое количество порошка ПВС смешивалось с дистиллированной водой и выдерживалось на водяной бане до полного растворения. Приготовленные растворы замораживались сутки при температуре  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , после чего перемалывались в блендере при температуре  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Далее готовились экспериментальные образцы с просеиванием и без. Для просеивания использовался вибростенд и набор аналитических сит для получения фракций 80–140, 200–400, 400–500 мкм исследуемой системы.

**Результаты.** На рис. 1 представлено изменение давления в реакторе при образовании гидрата метана в системах, полученных с просеиванием и без. С увеличением размера частиц в системе скорость гидратообразования падала, что связано с уменьшением поверхности контакта газ-лед.



*Рис. 1.* Изменение давления в реакторе при образовании гидрата метана в замороженном молотом растворе ПВС (1) – фракция 80–140 мкм; (2) – фракция 200–400 мкм; (3) – фракция 200–400 мкм; (4) – без просеивания. Начальные условия: давление 5 МПа, температура  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Концентрация ПВС в растворе 3 мас%

*Fig. 1.* Pressure change in a high-pressure reactor during the methane hydrate formation (1) – fraction 80–140  $\mu\text{m}$ ; (2) - fraction 200–400  $\mu\text{m}$ ; (3) – fraction 200–400  $\mu\text{m}$ ; (4) – without sieving. The initial pressure was about 5 MPa, the temperature was set  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Concentration of PVA was 3 wt%

Исследование гидратообразования метана осуществлялось с помощью экспериментальной установки, состоящей из реактора высокого давления и криостата. При температуре  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  в реактор засыпался образец массой 7 г, после чего реактор помещался в криостат при температуре  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Реактор заправлялся метаном до давления 5 МПа, после чего оставлялся так для гидратообразования не менее чем на 600 мин.

По уравнению состояния Пенга – Робинсона [4] были рассчитаны степени конверсии воды в гидрат метана, на основании чего был построен график зависимости конверсии воды в гидрат от времени при гидратообразовании метана (рис. 2).

Согласно графику (см. рис. 2), видно, что наибольшая степень конверсии 0,9 достигалась в растворах ПВС с размером частиц 80–140 мкм за 3 ч. В системах с большим размером частиц максимальная степень приращения воды в гидрат была на 70 % ниже.

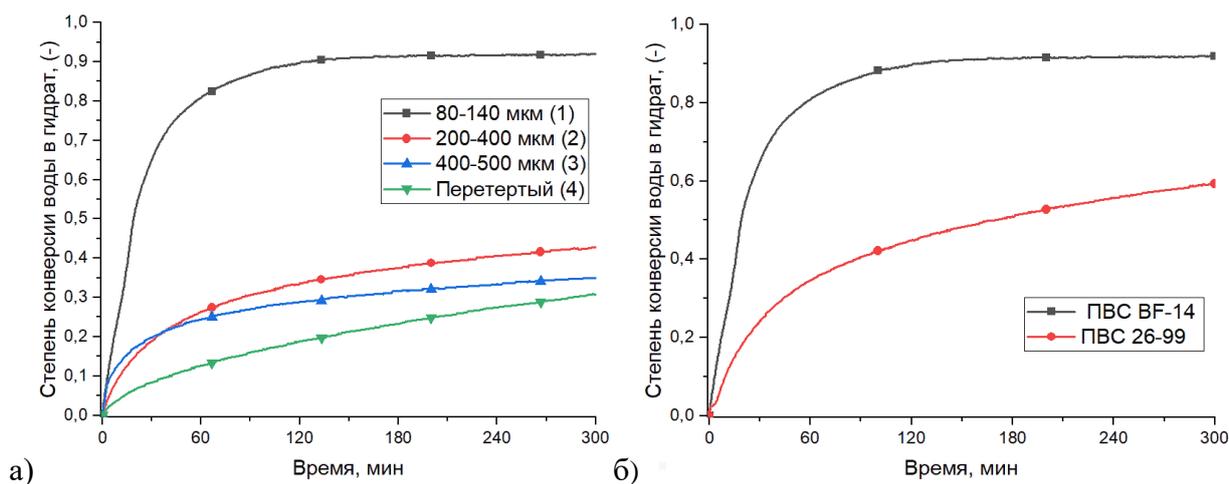


Рис. 2. Изменение степени конверсии воды в гидрат метана при гидратообразовании в замороженных молотых растворах ПВС: а) фракции 80–140, 200–400, 400–500 мкм; б) ПВС ВФ-14 и 26–99. Начальные условия: давление 5 МПа, температура  $-1^{\circ}\text{C}$ . Концентрация ПВС в растворе 3 мас%

Fig. 2. Change in water to hydrate conversion degree a) fractions 80–140, 200–400, 400–500  $\mu\text{m}$ ; b) PVA ВФ-14 and 26–99. The initial pressure was about 5 MPa, the temperature was set  $-1^{\circ}\text{C}$ . Concentration of PVA was 3 wt%

Замороженный молотый раствор ПВС 26–99 показал меньшую степень конверсии воды в гидрат по сравнению с низкомолекулярным ПВС ВФ-14. Это объясняется затруднением диффузии газа к центру частиц замороженного ПВС при увеличении молекулярной массы ПВС.

Таким образом, было показано, что дисперсность экспериментальных образцов и молекулярная масса ПВС, оказывают значительное влияние на степень конверсии воды в гидрат метана при гидратообразовании в замороженных молотых растворах ПВС.

### Список литературы

1. Linga P. A review of solidified natural gas (SNG) technology for gas storage via clathrate hydrates// Applied Energy. – 2018. – № 216 – P. 262– 85.
2. Giavarini C., Maccioni F. Self-preservation at low pressures of methane hydrate with various gas contents// Ind Eng Chem Res. – 2004. – Vol. 43. – P. 16–21.
3. Мельников В. П. Получение гидратов метана в дисперсных замороженных водных растворах поливинилового спирта / В. П. Мельников, Л. С. Поденко, А. О. Драчук, Н. С. Молокитина // Доклады Академии наук. – 2019. – Т. 487. – № 2. – С. 164–168.
4. Peng D., Robinson B. A New Two-Constant Equation of State // Heat Transfer. – 1970. – Vol. VI. – P. 59–64.

### REFERENCES

1. Linga P. A review of solidified natural gas (SNG) technology for gas storage via clathrate hydrates // Applied Energy. – 2018. – № 216. – P. 262–285.
2. Giavarini C., Maccioni F. Self-preservation at low pressures of methane hydrate with various gas contents // Ind Eng Chem Res. – 2004. – Vol. 43. – P. 16–21.
3. Mel'nikov V. P., Podenko L. S., Drachuk A. O., Molokitina N. S.. Production of methane hydrates in dispersed frozen aqueous solutions of polyvinyl alcohol // Doklady Chemistry, – 2019. – Vol. 487. – P. 198–202.
4. Peng D., Robinson B. A New Two-Constant Equation of State // Heat Transfer. – 1970. – Vol. VI. – P. 59–64.