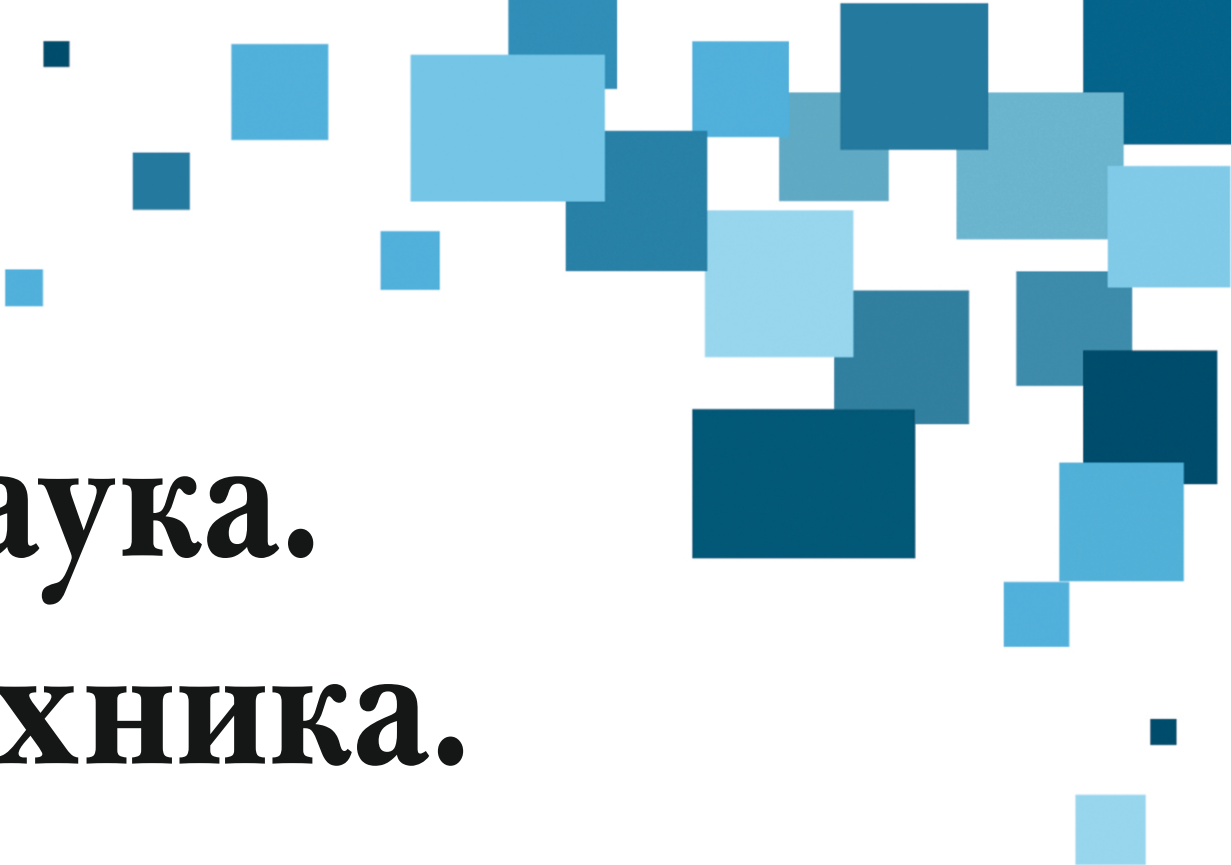
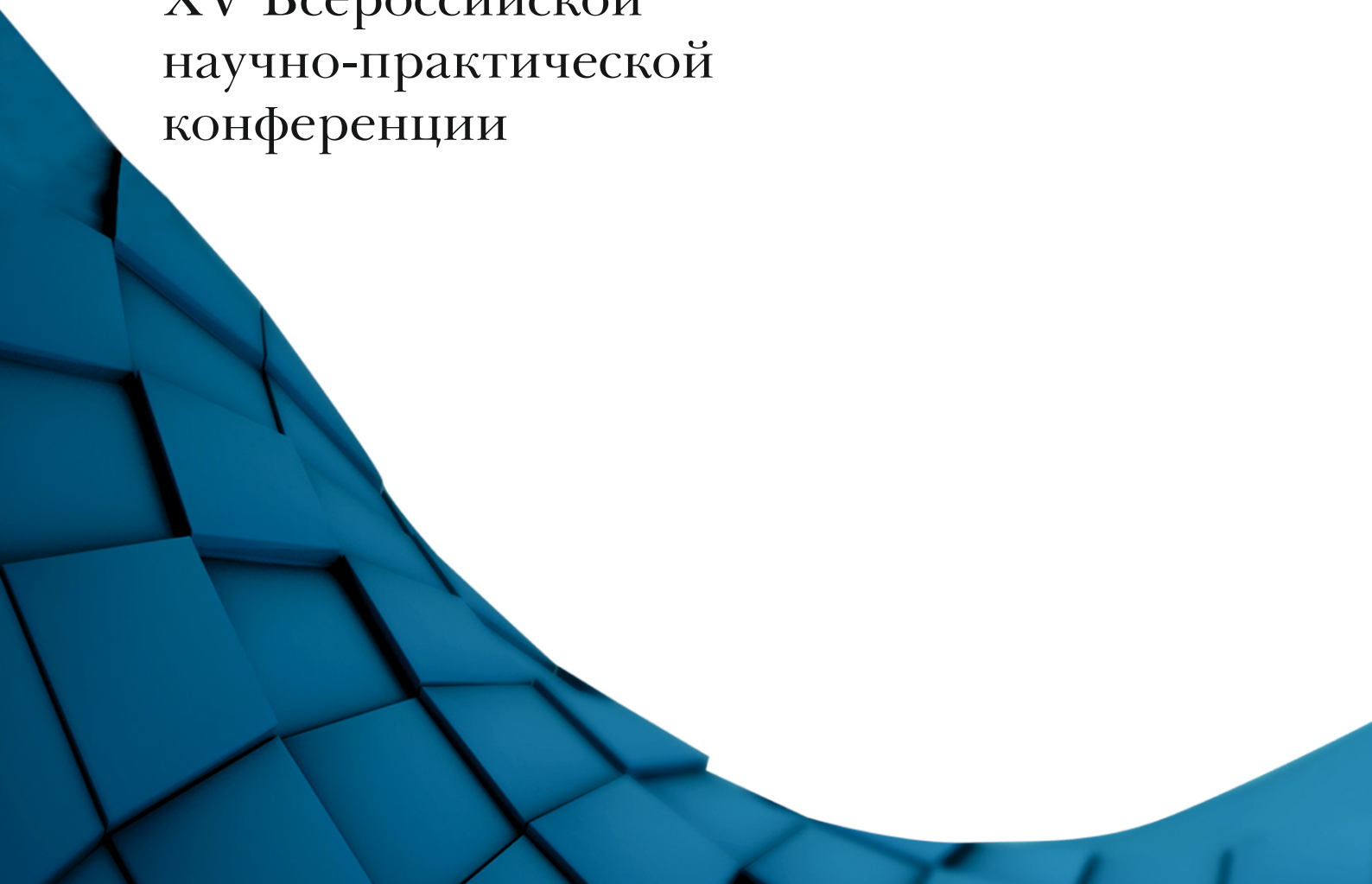




Наука. Техника. Инновации

Сборник статей по материалам
XV Всероссийской
научно-практической
конференции



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ухтинский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «УГТУ»)
Филиал Ухтинского государственного технического университета в г. Усинске
(УФ УГТУ)



НАУКА. ТЕХНИКА. ИННОВАЦИИ

Сборник статей по материалам
XV Всероссийской научно-практической конференции

г. Усинск, 25 апреля 2025 г.

Электронное текстовое издание

*Посвящается 80-летию Победы в Великой Отечественной войне
и Году защитника Отечества*



Санкт-Петербург
Наукоемкие технологии
2025

© Коллектив авторов, 2025
© УФ УГТУ, 2025
ISBN 978-5-907946-95-8

УДК 00(082)
ББК 94.3
НЗ4

Редакционная коллегия:

Яна Валерьевна Зубова, доктор социологических наук, профессор кафедры;
Ирина Владимировна Чугункина, кандидат экономических наук

Под редакцией Я. В. Зубовой

НЗ4 **Наука. Техника. Инновации** [Электронный ресурс]: сборник статей по материалам XV Всероссийской научно-технической конференции; г. Усинск, 25 апреля 2025 г. / под ред. Я. В. Зубовой. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2025. – 365 с. – URL: <https://publishing.intelgr.com/archive/Nauka-Tekhnika-Innovatsii.pdf>.

ISBN 978-5-907946-95-8

XV Всероссийская научно-практическая конференция «Наука. Техника. Инновации», посвященная 80-летию Победы в Великой Отечественной войне и Году защитника Отечества в Российской Федерации, прошла 25 апреля 2025 года в филиале УГТУ в г. Усинске. В конференции приняли участие преподаватели, аспиранты, студенты УГТУ и его филиалов, других образовательных организаций высшего образования России.

Тематика конференции охватывала гуманитарные и технические направления. Для обсуждения был представлен широкий круг вопросов фундаментальных, прикладных, естественно-научных знаний, практических задач в области нефтегазовой отрасли, экономики, управления, социологии и политологии.

Сборник статей индексируется в РИНЦ.

Статьи, вошедшие в настоящий сборник, даны в авторской редакции с минимальными правками.

УДК 00(082)
ББК 94.3

ISBN 978-5-907946-95-8

© Коллектив авторов, 2025
© УФ УГТУ, 2025

Научное издание

Наука. Техника. Инновации

Сборник статей по материалам
XV Всероссийской научно-практической конференции

г. Усинск, 25 апреля 2025 г.

Электронное текстовое издание

Под редакцией
Зубовой Яны Валерьевны

Подписано к использованию 18.07.2025.

Объем издания – 13,7 Мб.

Издательство «Наукоемкие технологии»

ООО «Корпорация «Интел Групп»

<https://publishing.intelgr.com>

E-mail: publishing@intelgr.com

Тел.: +7 (812) 945-50-63

Интернет-магазин издательства

<https://shop.intelgr.com/>

ISBN 978-5-907946-95-8



9 785907 946958 >

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

<i>Зубова Яна Валерьевна</i> , профессор кафедры ГЕиОПД филиала УГТУ в г. Усинске, доктор социологических наук НЕ УТРАТИМ СВЯЗЬ ПОКОЛЕНИЙ	10
<i>Латынин Дмитрий Юрьевич</i> , почетный профессор УФ УГТУ, первый заместитель председателя Совета МОГО «Усинск» ГОРДОСТЬ. УВЕРЕННОСТЬ. ПОБЕДА	12

ПАТРИОТИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

(очная с применением дистанционных технологий)

<i>Ищенко Г. М., Дубинкина Е. И.</i> ВКЛАД МАТЕМАТИКОВ В ПОБЕДУ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ	15
<i>Клюшина З. А., Гутче Е. А.</i> «ПАТРИОТИЗМ, ЧЕЙ БЫ ТО НИ БЫЛ, ДОКАЗЫВАЕТСЯ НЕ СЛОВОМ, А ДЕЛОМ...» (В.Г. БЕЛИНСКИЙ)	21
<i>Зуева И. Л., Коптяев Д. Л.</i> ПАТРИОТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ БУДУЩИХ АРХИТЕКТОРОВ	26
<i>Калабина К., Зубова Я. В.,</i> ВЕЛИКАЯ ВОЙНА... ЧТО МЫ О НЕЙ ПОМНИМ?	32
<i>Пугачева О. Н., Ищенко Г. М.</i> 726 СТРЕЛКОВЫЙ ПОЛК 395 СТРЕЛКОВОЙ ДИВИЗИИ	36
<i>Сосипатрова А. А., Зуева И. Л.</i> СКВЕР «ПОБЕДЫ» В СОСНОГОРСКЕ	40

ГУМАНИТАРНАЯ СЕКЦИЯ

(очная с применением дистанционных технологий)

<i>Базарнова Е., Дозорова В. С.</i> ЕКАТЕРИНА ДАШКОВА – ВЫДАЮЩАЯСЯ ЛИЧНОСТЬ РОССИЙСКОЙ ИСТОРИИ	45
<i>Кондраль Д. П., Ильясов В. Х.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ	49
<i>Мануйлова В., Зубова Я. В.</i> ИСТОРИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ КАК НАПРАВЛЕНИЕ МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ	53
<i>Матвеева Е. С., Зуева И. Л.</i> ТЕРРИТОРИЯ ДЛЯ ОТДЫХА «КРУГИ В КРУГЕ»	61

<i>Меделяев В. С., Давдян М. Р.</i> МУЗЫКАЛЬНЫЙ ЖАНР – ЭМБИЕНТ	67
<i>Миклина О. А.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ГЕЙМИФИКАЦИИ В ИЗУЧЕНИИ УСТЬЕВАОГО ОБОРУДОВАНИЯ СКВАЖИН В ВИДЕ ФОНТАННОЙ АРМАТУРЫ	74
<i>Осташова Ю. В.</i> ИННОВАЦИИ В ЮРИСПРУДЕНЦИИ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРАВОВУЮ ПРАКТИКУ	81
<i>Проценко Л. С., Сератирова В. В.</i> ВОЗМОЖНЫЕ ВИДЫ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИСКУССТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ	85

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

(очная с применением дистанционных технологий)

<i>Бобровский Д. И., Гутче Е. А.</i> УЧИТЬСЯ НЕЛЬЗЯ РАБОТАТЬ-ГДЕ ПОСТАВИТЬ ЗАПЯТУЮ?.....	90
<i>Гуда П. Н., Полякова Л. П.</i> КОНЦЕПЦИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОГО ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ ДВУХЭТАПНОГО РЕИНЖИНИРИНГА БИЗНЕС- ПРОЦЕССОВ.....	95
<i>Дмитрова О. В., Ермолов О. С.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА: СРАВНЕНИЕ РОССИЙСКОГО И КИТАЙСКОГО ТРУДОВОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА.....	102
<i>Колomoец А. А., Игнатская Л. Я.</i> АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКИ И РЫНКА ТРУДА РОССИИ В КРАТКОСРОЧНОМ ГОРИЗОНТЕ ПЛАНИРОВАНИЯ	108
<i>Ищенко Г. М., Кочубей А. С.</i> КОРРЕЛЯЦИОННО – РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ ПЛАНИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НЕФТЯНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	113
<i>Гусейнова К. С., Манапова З. Р., Гутче Е. А.</i> ВЛИЯНИЕ МИГРАЦИИ НА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ В РОССИИ.....	119
<i>Головина К. К., Седова С. А., Ермолов О. С.</i> ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОНОМИКИ: ВЫЗОВЫ И ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ	125
<i>Головина К. К., Седова С. А., Власова Н. В.</i> НАЛОГОВЫЙ УЧЁТ И ТРАНСФЕРТНОЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ В НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПАНИЯХ	131
<i>Цыганова Е. И., Чугункина И. В.</i> ПРИВЛЕЧЕНИЕ ИНОСТРАННЫХ ГРАЖДАН К ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ РФ.....	137

<i>Фабунми Смарт Феликс, Крестовских Т. С.</i> ОТ САНКЦИЙ К СУВЕРЕНИТЕТУ: КАК РОССИЯ МОЖЕТ РАЗРАБАТЫВАТЬ И ЭКСПОРТИРОВАТЬ СОБСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ.....	143
---	-----

ТЕХНИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

(очная с применением дистанционных технологий)

<i>Алексеева Н. А.</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ИННОВАЦИЙ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ	147
<i>Бутов А. В.</i> ДЕТАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АСПЕКТА КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	151
<i>Валиулин Р. Х.</i> СОСТОЯНИЕ СМЕСЕЙ ВЫСОКОВЯЗКИХ И ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ ПРИ ТРАНСПОРТЕ.....	156
<i>Валиулин Р. Х.</i> ПРОМЫСЛОВАЯ ОЧИСТКА НЕФТЕЙ ОТ СЕРОВОДОРОДА И МЕРКАПТАНОВ	162
<i>Гизетдинов Д. Ф., Кучерова Е. А.</i> РЕКУПЕРАЦИЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СКВАЖИН СО ШТАНГОВОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКОЙ.....	169
<i>Гильманова А. Р., Ратиер Н. И.</i> ОБЗОР МЕТОДОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ НЕФТЕНОСНОГО ПЛАСТА	173
<i>Грунковой Т. В., Белкин И. А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ПОРОД ГОРНОГО МАССИВА ЯРЕГСКОГО НЕФТЕТИТАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ФИЗИКО- ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОСТАВОВ СМЕСЕЙ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ МЕСТ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОРЫВОВ ПАРА В ПОЛЕВЫЕ ШТРЕКИ НЕФТЕШАХТ	177
<i>Булдакова Е. Г., Даль Н. Н.</i> РАЗВИТИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАФИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ У СТУДЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИНФОРМАТИКЕ	181
<i>Бутов А. В., Даль Н. Н.</i> ПРОБЛЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ	187
<i>Девяшева К. М., Рочев В. А., Миклина О. А.</i> РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ СКО НА СКВАЖИНАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СК-КВ	190
<i>Кайсарова Е. А., Епифанов Ю. Г.</i> ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ: ОТ СОВЕТСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДО СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ.....	196
<i>Журавлева А. А., Бутов А. В.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ПОРОДЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО- ВОСТОКА (НА ПРИМЕРЕ ПЕЧОРСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА)	201

<i>Зейналов Шамси Ахмед, Сухарев В. И.</i> ПОДГОТОВКА ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА, СОДЕРЖАЩЕГО КИСЛЫЕ КОМПОНЕНТЫ НА УСИНСКОМ ГПЗ	207
<i>Казаков Р. Т., Валиулин Р. Х.</i> НАНОТЕХНОЛОГИИ В ДОБЫЧЕ НЕФТИ	230
<i>Каменских С. В.</i> РАЗРАБОТКА СОСТАВА БИОПОЛИМЕРНОЙ КОЛЬМАТИРУЮЩЕЙ СМЕСИ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ПОГЛОЩЕНИЙ.....	235
<i>Карташов Е. В. Ратиер Н. И.</i> ГИДРОРАЗРЫВ ПЛАСТА: ИСТОРИЯ МЕТОДА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	239
<i>Катков И. М.</i> ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗЦОВ КЕРНА ИЗ СКВАЖИН ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НГП.....	243
<i>Кириленко К. А. Черкаев Г. В.</i> НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ	250
<i>Кобылина Е. В.</i> СВОЙСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ.....	255
<i>Коваленко М. В., Каменских С. В.</i> ТАМПОНАЖНЫЕ ЦЕМЕНТЫ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ СЕРОВОДОРОДНОЙ АГРЕССИИ	258
<i>Лапердин А. К., Ратиер Н. И.</i> ОБЗОР МЕТОДОВ ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ	265
<i>Ласточкина Д. В., Семенов К. Д.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ И КОНТРОЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОСТРАНСНАДЗОРА	269
<i>Лобанов А. М.</i> КОНВЕРГЕНЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ (ПРИМЕРЫ).....	273
<i>Мартюшин С. А., Овчинников П. В.</i> АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН В ИНТЕРВАЛАХ ПЛАСТИЧНЫХ СОЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	279
<i>Минин Н. Ю. Каменских С. В.</i> ОПЫТ БОРЬБЫ С ПОГЛОЩЕНИЯМИ БУРОВЫХ И ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ	284
<i>Михайлов Н. А., Габова М. Н.</i> ПЕРЕХОД ОТ ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ К ВЕРОЯТНОСТНЫМ В ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧАХ.....	292
<i>Михеевская М. А., Михеевский Е. В.</i> ТЕХНОЛОГИЯ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ТАМПОНИРУЮЩИХ РАСТВОРОВ	298
<i>Молотков Д. А., Вайнерман Б. П.</i> ГЕОНАВИГАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОЙ СКВАЖИНЫ (НА ПРИМЕРЕ ГАБЫШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПЕРМСКИЙ КРАЙ).....	302

<i>Овчинников П. В.</i> АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ, СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТАМПОНАЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИН.....	306
<i>Ольшевский Н. Н., Каменских С. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПРИХВАТОВ	313
<i>Панаев И. А., Кучерова Е. А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И БОРЬБЫ С АСПО	319
<i>Романцов А. С., Зорин А. Е.</i> ОЦЕНКА ОХРУПЧИВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ МЕТОДОМ МИКРОИНДЕНТИРОВАНИЯ	323
<i>Салимов Б. Ю. Сырчина А. С.</i> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕРАБОТКИ БУРОВОГО ШЛАМА ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН.....	329
<i>Сергиенко А. В., Иванова Р. Н.</i> ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЗОВАННЫХ ТОЛЩ ЮЖНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА ПАДИ БАРУН ХАЛ (ПРИОЛЬХОНЬЕ, ЗАПАДНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)	334
<i>Медведева М. М., Фариев Е. С., Ратиев Н. И.</i> УРАН И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ: РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	340
<i>Федорова А. А., Канахин Н. В.</i> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ SLAM-СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ В ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯХ В ГОРОДСКОЙ ЧЕРТЕ	345
<i>Шкляев А. А., Кучерова Е. А.</i> УЛЬТРАЗВУК И МИКРО- И НАНОПРОЦЕССЫ В НЕФТЕГАЗОВОМ ПЛАСТЕ.....	349
<i>Юнусов Л. Ф., Халафян А. Г.</i> СОВРЕМЕННЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ И ИХ ВОЗМОЖНОСТИ	357
<i>Юнусов Т. Р. Валиулин Р. Х.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ КОМПОЗИЦИИ «НИНКА» ПРИ ПАРОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ СКВАЖИН НА УСИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ	361

УДК 622.276.6

УЛЬТРАЗВУК И МИКРО- И НАНОПРОЦЕССЫ В НЕФТЕГАЗОВОМ ПЛАСТЕ

*Шкляев Александр Алексеевич – студент 2 курса,
специальность «Нефтегазовая техника и технологии»*

*Кучерова Елена Аркадьевна – к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры
разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений*

*ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»,
Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева,
г. Ижевск, Удмуртская республика, Российская Федерация*

Аннотация. Авторами предпринимается попытка проанализировать физику процесса УЗО с точки зрения нанонауки и поведения микро – и наночастиц, обосновать возможность применения рассматриваемой технологии на месторождениях Удмуртской Республики.

Ключевые слова: ультразвуковая обработка пласта, методы увеличения нефтеотдачи, интенсификация нефтедобычи, нанотехнологии.

Большим препятствием для расширения применения УЗО в России является признание научно-производственным сообществом нашей страны слабой изученности процессов, происходящих в пластовой среде под воздействием различных факторов [8]. Причина может крыться в недостаточном внимании разработчиков нефтяных и газовых месторождений к процессам, происходящим на уровне наночастиц. Роль наноэлементов, размерами от 1 до 100 нанометров (нм), при протекании физико-химических процессов в нефтедобыче крайне недооценивается, а зачастую и вообще не учитывается в применяемых теоретических моделях и программных комплексах прогнозирования [1].

Несмотря на низкий коэффициент извлечения нефти (КИН) по российским нефтяным месторождениям, который составляет в среднем 30-35% [1], а на территории Удмуртской Республики всего 25-27% [10], нефтегазодобывающая отрасль государства до сих пор в полной мере не созрела для перехода от экстенсивного к интенсивному пути развития. На абсолютном большинстве нефтегазодобывающих промыслов продолжается использование вторичных и «традиционных» третичных МУН, имеющих значительные недостатки. Так, доказано, что коэффициент полезного действия (КПД) нагнетания в продуктивный пласт воды крайне низкий в условиях обводнившейся продукции скважины [4]. Соляно-кислотные обработки (СКО) неравномерно воздействуют на продуктивные пласты. Нагнетаемая в призабойную зону пласта (ПЗП) кислота в первую очередь проникает в высокопроницаемые участки коллектора, слабо воздействуя на участки с меньшей проницаемостью. Гидроразрыв пласта (ГРП) позволяет добиться быстрого прироста дебитов обрабатываемых скважин, но эффект этот краткосрочен и сомнителен.

Нанося непоправимый экологический ущерб в регионе нефтедобычи, ГРП попутно создают ручьевые потоки, которые разрезают залежь на отдельные участки и блокируют выход нефти из капилляров породы-коллектора, препятствуя приросту КИН [3].

Между тем уже сейчас установлена практическая значимость и предложены технологические пути решения немалого числа новых и перспективных в области рентабельности и экологической безопасности МУН, позволяющих увеличить КИН в 1,5-2 раза [1]. Однако при рассмотрении этих технологий встает проблема слишком поверхностного обзора результатов их практического применения. К числу этих методов относится и УЗО.

Так, в ряде источников встречаются критерии к скважинам-кандидатам для проведения УЗО, выведенные в результате опытно-промышленных испытаний на добывающих скважинах Самотлорского месторождения, представленные в работе [9]. Однако, при сравнительном анализе представленных критериев и геологических параметров пластов Самотлорского месторождения, нами были замечены некоторые отклонения, представленные в таблице 1 [14].

Таблица 1. Отклонение параметров пласта БВ₁₀ от заданных параметров

Параметр	Значение: фактический показатель/теоретический показатель
Пласт БВ₁₀	
Проницаемость, мкм ²	0,1/не менее 0,25
Текущая нефтенасыщенность пластов, %	25/более 50

При этом стоит учитывать, что средний прирост по дебиту нефти после УЗО на данном пласте составил 258% [8]. Это натолкнуло авторов на мысль, что представленные в работе [8] критерии являются эталонными и не являются обязательным обоснованием рентабельности проведения УЗО. Подтверждается это и результатами опытно-промышленных испытаний технологии, проведенных на месторождении GreenRiverFormation, США [4].

Напрашивается вывод, что критерии подбора скважин для проведения УЗО с успешным исходом требуют дальнейшего уточнения, основанном на изучении широкого фронта научных работ, анализе физики процесса, а в дальнейшем и практических испытаниях на экспериментальных стендах и в промысловых условиях.

Для анализа перспектив применения УЗО на территории Удмуртии рассмотрим пласт В-II Северного поднятия (Верейско-Башкирский объект) Черновского месторождения. Объект представлен переслаиваниями известняков и аргиллитов с прослоями доломитов, алевролитов и песчаников в верхней части разреза, а также обладает немалым коэффициентом нефтенасыщенности, что видно на рис. 1.

Обозначим фронт коллекторов, на которых теоретически возможно проведение УЗО. Согласно приведенным в работе [8] требованиям к скважинам-кандидатам, наиболее успешно УЗО пройдет на породе песчаник. Однако, в работе [5] доказано положительное влияние ультразвуковых волн и на известняки. Так, в результате УЗО, проницаемость низкопроницаемых известняков выросла в среднем на 25,17%, хорошо проницаемых –

более чем в 30 раз. Проницаемость доломитов при этом не изменялась по причине отсутствия хорошей внутренней связанности пустотных пространств породы, что обусловило низкую эффективность образовавшихся микро – и наноразрывов по телу породы [5]. Отсюда напрашиваются выводы, что рассматриваемый нами пласт имеет в своей структуре интервалы, пригодные для УЗО как по виду коллекторов, так и по их ФЕС, а успешность обработки прямо пропорциональна коэффициенту эффективной пористости обрабатываемого коллектора.

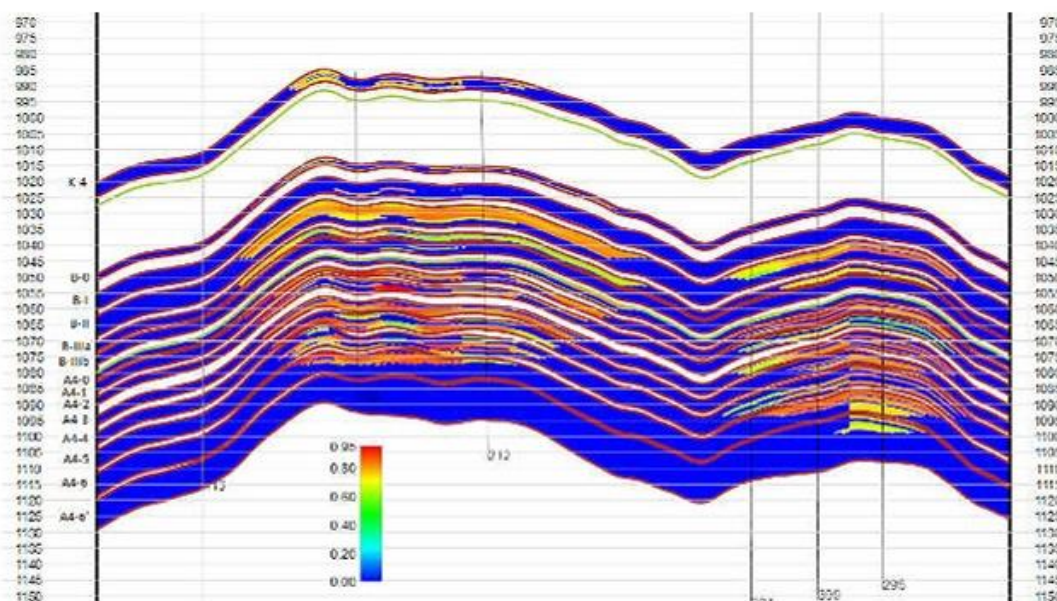


Рис. 1. Карта коэффициентов нефтенасыщенности по пластам-коллекторам Черновского месторождения

Исходя из вышесказанного, авторы посчитали, что имеет смысл провести исследования по воздействию ультразвуком на слагающие алевролиты.

В работе [8] заявлено, что обрабатываемый ультразвуком пропласток должен обладать проницаемостью не менее $0,25 \text{ мкм}^2$, то есть принадлежать к группе хорошо-проницаемых коллекторов. Однако, в работе [5], на основе испытаний технологии на месторождениях Западной Сибири, было доказано, что УЗО будет эффективной при проницаемости коллекторов и в $0,02 \text{ мкм}^2$. При этом отмечается что при проницаемости коллекторов ниже $0,02 \text{ мкм}^2$ эффективность УЗО падала и давала значимый эффект только в комбинации с химическими составами. Представленные результаты исследований позволяют утверждать, что УЗО будет эффективна и на средне-проницаемых коллекторах.

Также, вопреки критериям, представленным в работе [8], в работе [5] на основе испытаний технологии на месторождении GreenRiverFormation доказана эффективность УЗО в коллекторах с небольшой (8-14%) пористостью. Учитывая, что ранее к обрабатываемым пропласткам предъявлялись требования к $k_{\text{пор}}$ не менее 0,2, результаты экспериментов американских коллег можно считать революционными для исследователей роли ультразвука в интенсификации нефтедобычи. Все вышесказанное не встает в

противоречие с ранее выдвинутым предположением о решающей роли коэффициента эффективной пористости при выборе коллектора для УЗО.

Стоит учесть воздействие УЗО на капиллярные силы в выбранном нами пласте. В работе [14] показывается важнейшее влияние капиллярных сил на проектный КИН. Дело в том, что при движении целика нефти по телу горной породы, между их поверхностями образуются наступающий и отступающий углы смачивания, разницу между которыми принято называть гистерезисом смачивания. Разница между капиллярными давлениями при увеличении и уменьшении доли несмачивающей фазы называется гистерезисом капиллярных давлений. Оба представленных процесса являются нанопроцессами, т.к. объектами их становятся целики нефти, размер которых колеблется в пределах нм.

Установлено, что при движении целика нефти в гидрофильной пористой среде наступающий краевой угол будет меньше отступающего, когда как в гидрофобной среде будет складываться обратная ситуация. Возникает момент, при котором на переднем фронте движения целика происходит вытеснение воды нефтью, а на заднем фронте вытеснение нефти водой. Это явление препятствует продвижению нефти по порам и капиллярам породы. Эффективно преодолеть капиллярные силы при помощи традиционных методов не удастся [14].

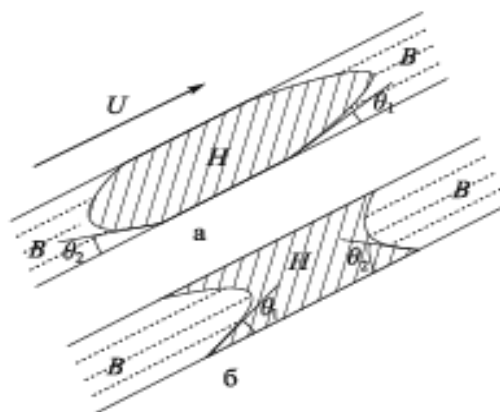


Рис. 2. Схема движения ганглии нефти «Н» под действием гидродинамического напора в заполненном водой «В» гидрофильном (а) и гидрофобном (б) капиллярах

При этом доказана положительная роль УЗО при преодолении капиллярных сил. Во-первых: в результате лабораторных исследований было доказано снижение поверхностного натяжения между нефтью и водой, что в условиях гидрофильности пород Черновского месторождения и в частности выбранного нами пласта [13] сыграет положительную роль при увеличении скорости фильтрации нефтяной фазы и привлечет к разработке «застывшие» до того целики нефти.

Во-вторых: в работе [14] установлено, что величина капиллярного гистерезиса обратно пропорциональна радиусу капилляров. Несложно догадаться, что при увеличении проходного сечения пор и капилляров удастся добиться не только увеличения скорости фильтрации флюида, но и привлечь к разработке запасы ранее не извлеченной нефти. Данную проблему также возможно решить при помощи УЗО.

Основной вид пустотного пространства выбранного нами пласта-коллектора – поровый. Размер пор колеблется в пределах 0,01-0,6мм. Средний радиус пор рассчитаем по формуле, выведенной в работе [1]:

$$r = 2/m\sqrt{k} \quad (1)$$

где:

m – средняя пористость пласта-коллектора, д.ед.

k – проницаемость пласта-коллектора, мкм²,

r – средний радиус пор пласта-коллектора, мкм.

Расчет для выбранного нами объекта:

$$r = 2/0.19\sqrt{0.265} = 5,4 \text{ мкм} = 0,005 \text{ мм.}$$

По результатам вычислений видно, что в пласте В-II практически отсутствуют нанопоры, что дает нам большие возможности для интенсификации их разработки. Образованные под воздействием ультразвуковых волн колебания поспособствуют раскольматации пор за счет образования кавитации, вибрации стенок породы, растворения осажженных на стенках коллектора тяжелых углеводородов, ликвидации пленок аномальной воды [8] [12]. Далее рассмотрим эти процессы поподробнее.

Аномальная вода – это пленка пластовой воды, оставшаяся в коллекторе со времени его заложения и существующая до температуры 60-65°C. Как видно из рис. 3, граничная пленка аномальной воды сужает поперечное сечение поровых каналов и может иметь при этом наноразмеры. В работе [3] доказано, что под воздействием УЗО, граничная пленка аномальной воды разрушается, способствуя увеличению площади фильтрации флюида. Учитывая, что отметка водо-нефтяного контакта (ВНК) пласта В-II залегает на глубине около 1050м, авторы делают вывод, что расширение площади фильтрации, за счет ликвидации склероза капиллярных каналов для выбранного нами коллектора является реальной перспективой.

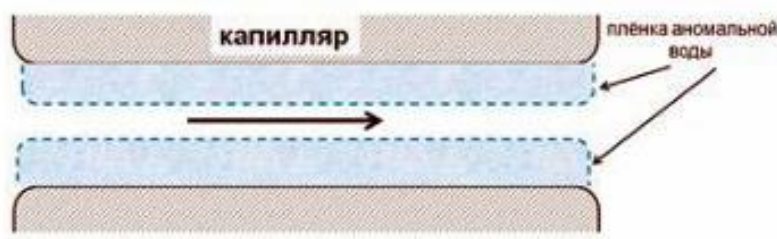


Рис. 3. Пример «склероза» капиллярных каналов породы-коллектора

Помимо существования пленок аномальной воды, важной проблемой для выбранного нами пласта, как и для большинства продуктивных пластов всех месторождений, остается кольматация пор глинистыми микро – и наночастицами буровых растворов и жидкостей глушения, принесенными потоком частицами породы, микроорганизмами, различными микро- и наночастицами.

Периодические обработки позволят решить проблему и с наноминералами, не чуждую любому продуктивному пласту. Вследствие различных физико-химических процессов преобразуются кристалломорфологические характеристики этих нанофаз, их химический

состав, что приводит к образованию новых наноминералов, в большинстве случаев концентрирующихся на пережимах пор коллекторов [13]. Их своевременное удаление в совокупности с раскольматацией пустотных пространств породы может сыграть значительную роль при повышении продуктивности нефтяного пласта.

Перейдем от анализа воздействия ультразвука на породу-коллектор к рассмотрению воздействия УЗО на свойства добываемого флюида. Решающим эффектом при проведении УЗО по мнению авторов работы [12] является ультразвуковой нагрев. Эффект достигается за счет поглощения ультразвуковых волн породой-коллектором с дальнейшим преобразованием их в тепловую энергию [12]. Тем самым УЗО не только способствует снижению вязкости добываемого флюида, но и снижению интенсивности кристаллизации парафиновых фракций.

В работе [15] описаны исследования по воздействию ультразвуком на нефти различных месторождений. Результаты оказались удивительными. УЗО нефтей Верхне-Салатского и Фестивального месторождений, месторождения Ащисай, дала отрицательный результат. Вязкость нефтей после обработки только выросла!

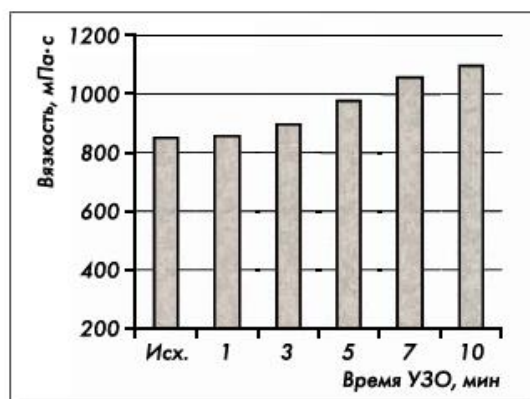


Рис. 4. Зависимость продолжительности УЗО на динамическую вязкость нефти Фестивального месторождения

Нефти Северо-Покурского, Крапивинского, Усинского и Альметьевского месторождений повели себя иначе. После УЗО было зарегистрировано снижение их вязкостей [15]. Напрашивается вывод, что эффективность УЗО обратно пропорциональна процентному содержанию парафиновых фракций в нефти, что подтверждается таблицей 2.

Таблица 2. Сравнительные характеристики подвергнутых УЗО нефтей и нефти Черновского месторождения

Месторождение	Эффективная вязкость (при 9 с-1, 20°С), мПа·с	Содержание парафинистых углеводородов, %	Содержание смол, %
Верхне-Салатское	227	10,1	1,4
Фестивальное	850	20	25,9
Ащисай	382	18,9	15,6
Северо-Покурское	27	5,9	15,5
Крапивинское	7,2	2,8	21,9
Усинское	5800	1,1	31,1
Черновское	17	2,3	24,8

Из таблицы 2 видно, что вязкость и содержание смол в нефти не играют решающей роли в успешности УЗО.

При детальном анализе результатов эксперимента также становится видно, что с определенного момента УЗО теряет свою эффективность и может начать приносить отрицательный эффект. Причиной такого интересного эффекта может быть отсутствие прямой пропорциональной связи вязкости флюидов от их температуры. Т.е. если при УЗО добиться нагрева нефти до так называемой температурной точки «обратного порядка», то вязкость ее только увеличится.

В работе [4] авторами делается предположение, что рост вязкости с увеличением времени обработки обусловлен образованием новых или восстановлением прежних межмолекулярных связей в результате рекомбинации радикалов, возникших под воздействием ультразвука. В свою очередь, увеличение температуры флюидов вследствие УЗО ограничит интенсивность выпадения асфальто-смолисто-парафиновых отложений (АСПО) на стенках насосно-компрессорных труб (НКТ). Ограничению осаждения АСПО поспособствует и то, что при УЗО в флюиде образуются направленные потоки, препятствующие объединению поляризованных ассоциатов микро- и наноразмеров в крупные структуры [7].

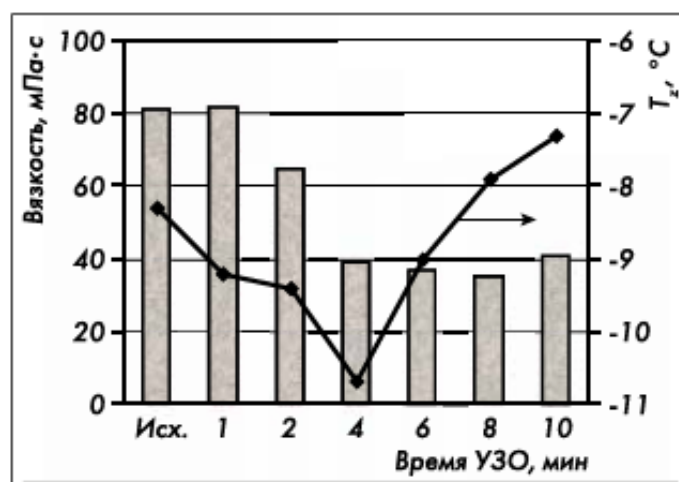


Рис. 5. Зависимость продолжительности УЗО на динамическую вязкость нефти Северного Покурского месторождения

Заключение. В данной работе авторами были рассмотрены микро – и нанопроцессы в продуктивном пласте, интенсифицируемые ультразвуковыми волнами, доказана их положительная роль в нефтедобыче. По убеждению авторов, сущность и их эффект позволяют расширить область применения УЗО на более широкий фронт породколлекторов, чем было заявлено ранее.

Литература

1. Хавкин А.Я. Нанотехнологии в добыче нефти и газа / Учебное пособие // Москва, Издательство «НЕФТЬ И ГАЗ», 2016, издание 4, 358с.

2. Изучение реакции структуры вязкой нефти на воздействия физическими полями / Р. А. Барышев, А.Н. Дмитриевский, В.И. Конов, И.А. Володин, О.В. Дегтярева, Е.Л. Терпугов, С.Е. Терпугова, В.В. Савранский// Доклады академии наук. – 2011. – том № 5, №2. – С. 243–248.
3. Иванников В.И. Комплексное применение волновых технологий для интенсификации добычи нефти и полноты ее извлечения из недр / В.И. Иванников // Инженер-нефтяник. – 2019. – № 3. – С. 46–59
4. Муллакаев М.С. Ультразвуковая интенсификация добычи и подготовки нефти – Москва, Издательство «ОАО ВНИИОЭНГ», 2014. 168с.
5. Влияние акустического воздействия на проницаемость пористых сред (обзор) / Р.Н. Гатауллин, А.Р. Гилимзянова, Е.А. Марфин// Известия Томского политехнического университета. – 2022. – том № 333, №10. – С. 186–202.
6. Интенсификация добычи нефти методом волнового воздействия на продуктивные пласты / Р.Н. Гатауллин, А.И. Кайдыров// SOCAR Proceedings – 2020. – №2. – С. 78-90.
7. Обзор работ по воздействию ультразвука на нефтяные системы / А.А. Верховых, А.К. Вахитова, А.А. Елпидинский// Вестник технологического университета – 2016. – том 19 №8. – С. 37-42.
8. Анализ опытно-промысловых испытаний ультразвуковой технологии на скважинах Самотлорского месторождения / М.С. Муллакаев, Ю.А. Салтыков, А.А. Салтыков, Р.М.Муллакаев// Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений – 2019. – №7. – С. 71-85.
9. Хавкин А.Я. Нанотехнологические перспективы нефтедобычи / А.Я. Хавкин // Бурение и нефть – 2019. – № 7. – С. 16–19
10. Комплексное применение методов увеличения нефтедобычи на осложненном фоне скважин месторождений Удмуртии / Е.В. Шеховцова, В.В. Романько, С.Л. Ким // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море – 2021. – №4. – С. 60-64.
11. Опыт применения ультразвукового воздействия для восстановления продуктивности нефтяных скважин Западной Сибири и Самарской Области / В.О. Абрамов, М.С. Муллакаев, В.М. Баязитов, Э.О. Тимашев, С.П. Кулешов, В.О. Прокопцев // Нефтепромысловое дело – 2013. – №6. – С. 26-31.
12. Моделирование интенсификации нефтедобычи при акустическом воздействии на пласт из скважины / Г.А. Максимов, А.В. Радченко // Техническая акустика – 2003. – № 10. – С. 1-16.
13. Карпович, Д.К. Анализ эффективности мероприятий по очистке призабойной зоны пласта на Самотлорском месторождении [электронный ресурс] / Д.К. Карпович, Н.Д. Булчаев – URL: [karpovich_samotlor.pdf \(sfu-kras.ru\)](http://karpovich_samotlor.pdf(sfu-kras.ru)) (Дата обращения: 12.04.2024).
14. Хавкин А.Я. Физика нефтегазовых пластов и нелинейные явления: Учебное пособие – Москва: Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2019. – 288с.
15. Ультразвуковая обработка нефтей для улучшения вязкостно-температурных характеристик / Г.И. Волкова, И.В. Прозорова, Р.В. Ануфриев, Н.В. Юдина, М.С. Муллакаев, В.О. Абрамов// Нефтепереработка и нефтехимия – 2012. – №2. – С. 3-6.