

Сведения о ходе выполнения проекта
по теме: **«Разработка термотропных гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций для повышения нефтеотдачи и технологий их применения совместно с термическими методами добычи нефти»**
в рамках реализации федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы"

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 05.06.2014 г. № 14.607.21.0022 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 1 в период с 05.06.2014 г. по 31.12.2014 г. выполнялись следующие работы:

1. Аналитический обзор информационных источников.
2. Проведение патентных исследований по ГОСТ 15.011-96.
3. Теоретическое исследование путей увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти в осложненных условиях эксплуатации, в том числе для месторождений высоковязких нефтей, с применением термотропных гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций.
4. Сравнительная оценка вариантов возможных решений исследуемой проблемы с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичной тематике.
5. Обоснование и выбор технологического решения и средства, направления исследований и способы решения поставленных задач в области методов повышения нефтеотдачи.
6. Разработка термотропных гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе неорганических систем, используемых для закачки в нефтяные пласты с целью снижения обводненности добывающих скважин и интенсификации добычи нефти в осложненных условиях эксплуатации, в том числе для месторождений высоковязких нефтей, разрабатываемых паротепловым воздействием.
7. Исследование кинетики гелеобразования и реологических характеристик гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций на основе неорганических систем, определение следующих физико-химических параметров композиций: pH, вязкость, плотность, время гелеобразования.
8. Проведение экспериментальных исследований разработанных гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций на основе неорганических систем для оценки их эффективности при заводнении и паротепловом воздействии (определение фильтрационных характеристик и коэффициента нефтewытеснения в условиях, моделирующих пластовые).
9. Разработка лабораторного технологического регламента получения гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций на основе неорганических систем.
10. Разработка технологий применения термотропных гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе неорганических систем и способов их закачки совместно с термическими методами добычи высоковязкой нефти, такими как закачка горячей воды и пара.
11. Разработка технологической инструкции по использованию составов

гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе неорганических систем и новых технологий их применения для закачки в нефтяные пласты с целью увеличения дебитов и снижения обводненности добывающих скважин при заводнении, а также совместно с термическими методами добычи, такими, как закачка горячей воды и пара.

12. Участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов работы: участие в тематических конференциях, выставках, размещение материалов на сайтах, в газетных статьях и журналах.

13. Сбор промысловых данных, отбор проб нефти и породы, образцов используемых реагентов для разработки лабораторного регламента получения композиций на основе неорганических систем и технологической инструкции по использованию составов гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе неорганических систем и технологий их применения.

14. Апробация технологий увеличения нефтеотдачи, интенсификации добычи нефти и ограничения водопритока, в том числе для месторождений высоковязких нефтей, разрабатываемых паротепловым воздействием, с применением термотропных гелеобразующих и золеобразующих композиций, в соответствии с разработанной технологической инструкцией. (В зависимости от необходимости применения Индустриальным партнером разрабатываемых технологий для данных геолого-физических условий и состояния разработки месторождений).

При этом были получены следующие результаты:

1. Выполнен аналитический обзор научных информационных источников – современной научно-технической, нормативной, методической литературы: статьи в ведущих зарубежных и российских научных журналах, монографии и патенты, затрагивающей научно-техническую проблему увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей физико-химическими методами с применением термотропных гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций совместно с термическими методами добычи нефти, в том числе обзор научных информационных источников за период 2009–2013 гг. Из аналитического обзора следует, что основной проблемой эксплуатации месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, в том числе залежей высоковязкой нефти, является неполный охват объекта разработки базовым воздействием: закачкой вытесняющего агента и теплоносителя. В качестве одного из решений этой проблемы перспективным представляется физико-химический метод увеличения охвата пласта путем регулирования, перераспределения фильтрационных потоков пластовых флюидов генерируемыми в пласте термотропными золями и гелями.

2. Выполнены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96 на глубину 20 лет. Отобраны релевантные документы: 195 источников патентной и 78 научно-технической информации. Исследована патентная ситуация и динамика патентования в РФ и за рубежом. Выявлены ведущие фирмы и определен технический уровень и тенденции развития технологий увеличения нефтеотдачи пластов с использованием гелеобразующих и золеобразующих композиций. Систематизация и анализ патентной и научно-технической документации позволили выявить страны и фирмы, занимающиеся разработкой термотропных гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций для повышения нефтеотдачи и технологий их применения совместно с термическими методами добычи нефти. Показано, что наибольшим количеством патентных документов владеют Российские компании. После проведения анализа существующих патентных документов и других источников научно-технической информации сделан вывод, что прямые аналоги разрабатываемых объектов отсутствуют. Препятствий для применения результатов работ в Российской Федерации и других странах нет.

3. Проведено теоретическое исследование путей увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти в осложненных условиях эксплуатации, в том числе для месторождений высоковязких нефтей, с применением термотропных гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций. В теоретическом исследовании рассмотрены принципы создания термотропных композиций для увеличения нефтеотдачи, конкретные физико-химические формы выражения этих принципов, некоторые коллоидно-химические и гидродинамические аспекты вовлечения в разработку целиков нефти при воздействии на пласт термотропными нефтевытесняющими композициями. Кроме того, теоретически рассмотрены пути решения проблем, связанных с применением композиций в осложненных условиях эксплуатации, в частности, особенности обработки призабойных зон горизонтальных скважин, эксплуатируемых механизированным способом, а также модель покомпонентной закачки при совместном паротепловом и физико-химическом воздействии термотропными композициями на залежи высоковязкой нефти с целью увеличения нефтеотдачи.

Установлено, что термотропные золе- и гелеобразующие композиции являются эффективным средством регулирования охвата заводнением и паротепловым воздействием залежей высоковязкой нефти. Термотропные нефтевытесняющие композиции переформируют нефтенасыщенность целиков нефти в заводненных пластах по механизму капиллярного впитывания, что способствует их вовлечению в процесс вытеснения нефти водой на завершающей стадии разработки месторождения. Нелинейный характер распределения давления вдоль ствола горизонтальной скважины обуславливает новую схему водоизоляционных работ путем поочередного последовательного создания гелевого экрана в призабойной зоне от начала к концу ствола. Создание гелевого экрана вдали от скважины возможно осуществить по технологии покомпонентной закачки, базирующейся на явлении гидродинамической дисперсии.

4. Проведена сравнительная оценка вариантов возможных решений исследуемой проблемы с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичной тематике. Показана перспективность предлагаемых направлений увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти залежей высоковязких нефтей с применением термотропных высоковязких гелеобразующих и золеобразующих композиций, позволяющих регулировать их коллоидно-химические свойства путем изменения химического состава или порядка закачки реагентов и их объемов, применительно к конкретным геолого-физическим условиям и стадии разработки месторождений. Сравнительная оценка вариантов возможных решений проблемы увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти в осложненных условиях эксплуатации, в том числе для месторождений высоковязких нефтей, показывает, что термотропные золе- и гелеобразующие композиции имеют определенные преимущества по сравнению с традиционными композициями на основе полиакриламида в потокоотклоняющих технологиях. С учетом тенденции к смещению нефтедобычи в северный арктический регион, перспективным представляется разработка «холодных технологий», как наименее затратных по сравнению с тепловыми методами и в наименьшей степени влияющих на состояние вечной мерзлоты и наземную экологическую обстановку в районах добычи. Ощущается потребность в максимально автономных системах увеличения нефтеотдачи, базирующихся на использовании «интеллектуальных» композиций реагентов, неприхотливых к северным условиям транспортировки и хранения, не требующих дополнительной подготовки к использованию на промысле и вместе с тем способных после закачки в пласт проявлять в пласте длительное время высокую нефтевытесняющую активность, а также увеличивать степень охвата пласта заводнением или иным активным воздействием. В проекте эта потребность удовлетворяется за счет создания «интеллектуальных» композиций на основе

генерируемых непосредственно в пласте термотропных золе- и гелеобразующих композиций с регулируемой вязкостью и плотностью. Для масштабного применения технологий, предлагаемых в данном проекте, планируется организовать в России конкурентоспособное опытно-промышленное производство реагентов.

5. На основании аналитического обзора, прогнозных оценок и имеющегося научно-технического задела в качестве технологического решения и средства, направления исследований и способов решения поставленных задач в области методов повышения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей выбраны физико-химические методы и геле-технологии с применением термотропных высоковязких золе- и гелеобразующих композиций, генерируемых непосредственно в пласте под действием тепловой энергии пласта или закачиваемого теплоносителя. Для совместного паротеплового и физико-химического воздействия на нефтяные залежи с трудноизвлекаемыми запасами в качестве технологических решений предложены различные варианты и организационные схемы закачки золе- и гелеобразующих композиций: градиентная и покомпонентная закачка, для «холодных» технологий – реагентоциклика, аналогичная пароциклике.

6. Проведена разработка термотропных гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе неорганических систем соль алюминия – карбамид – вода – ПАВ, используемых для закачки в нефтяные пласты с целью снижения обводненности добывающих скважин и интенсификации добычи нефти в осложненных условиях эксплуатации, в том числе для месторождений высоковязких нефтей, разрабатываемых паротепловым воздействием. Предложены термотропные геле- и золеобразующие композиции, применимые в области температур 20-320 °С, высокой минерализации пластовых вод, до 300 г/дм³. Композиции гомогенны, имеют низкую вязкость, высокую проникающую способность, низкие температуры застывания, применимы в зимних условиях в северных регионах, обладают термоокислительной устойчивостью в высоко минерализованных пластовых водах; имеют широкий диапазон использования: для пластов с полимиктовыми, карбонатными и другими коллекторами, различной структуры и проницаемости, в том числе для низкопроницаемых, высоконеоднородных, трещиноватых пластов, разрабатываемых заводнением или паротепловым воздействием.

7. Проведены исследования кинетики гелеобразования и реологических характеристик гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций на основе неорганических систем, определены следующие физико-химические параметры композиций: рН, вязкость, плотность, время гелеобразования.

Установлено, что в области температур 70-100 °С кинетика гелеобразования определяется гидролизом карбамида, который идет намного медленнее коагуляционного процесса образования геля гидроксида алюминия, осуществляющегося как кооперативное явление. В уравнении Аррениуса произведена оценка предэкспоненциального множителя ($1.1 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$) и энергии активации гидролиза карбамида в гелеобразующем растворе (115 кДж/моль), которые ниже энергии активации гидролиза карбамида в отсутствие соли алюминия (134 кДж/моль), что указывает на катализ кислотой, образующейся в результате гидролиза соли алюминия. При этом влияние температуры на время гелеобразования подчиняется правилу Вант-Гоффа: при повышении температуры на каждые 10 градусов время гелеобразования увеличивается в 3.5 раза.

В интервале температур 100-250 °С энергия активации и предэкспоненциальный множитель в уравнении Аррениуса для процесса перехода раствор – гель равны 33.3 кДж/моль и 2.3 с^{-1} , соответственно, и значительно меньше, чем для температур до 100 °С. Влияние температуры на время гелеобразования не подчиняется правилу Вант-Гоффа: при повышении температуры на каждые 10 градусов время гелеобразования увеличивается в 1.2 раза. Полученные результаты позволяют заключить, что в интервале температур 100-250 °С кинетика гелеобразования в системе соль алюминия – карбамид –

вода определяется коагуляционным процессом образования геля гидроксида алюминия. S-образный характер кривых зависимости вязкости от времени термостатирования и низкое значение энергии активации указывают на кооперативный механизм коагуляционного процесса, подобный фазовому переходу или разветвленной цепной реакции.

Исследования физико-химических свойств и реологических характеристик золе- и гелеобразующих композиций на основе системы хлорид алюминия – карбамид – вода с добавками веществ, регулирующих температуру гелеобразования и гидрофильно-липофильный баланс, показали возможность применения их в условиях месторождений с температурой в пласте 20-320 °С для регулирования фильтрационных потоков, увеличения нефтеотдачи и охвата пластов при заводнении и паротепловом воздействии.

8. Проведены экспериментальные исследования разработанных гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций на основе неорганических систем для оценки их эффективности при заводнении и паротепловом воздействии. В условиях, моделирующих пластовые, при температурах 70-250 °С определены фильтрационные характеристики и коэффициенты нефтевытеснения для типичных месторождений легкой и высоковязкой нефти, в частности, для месторождений Западной Сибири и пермокарбоновой залежи Усинского месторождения, разрабатываемого с применением паротеплового и пароциклического воздействия на пласт. Установлено, что композиции входят преимущественно в высокопроницаемые модели пласта. Образование геля приводит к перераспределению фильтрационных потоков, снижению скорости фильтрации по высокопроницаемым пропласткам и увеличению скорости фильтрации по низкопроницаемым пропласткам, выравниванию подвижностей жидкости, что сопровождается доотмывом нефти как из низкопроницаемых зон, так и из высокопроницаемых зон модели пласта. Прирост коэффициента нефтевытеснения находится в среднем в пределах от 10 до 23 %, при этом достигаются высокие абсолютные коэффициенты нефтевытеснения и низкая остаточная нефтенасыщенность.

9. На основании исследования кинетики гелеобразования, физико-химических, реологических, фильтрационных и нефтевытесняющих свойств системы соль алюминия – карбамид – вода – ПАВ и соль алюминия – карбамид – уротропин – вода – ПАВ предложены геле- и золеобразующие композиции, применимые в области температур 20-320 °С и высокой минерализации пластовых вод, до 300 г/л. Проведенные исследования позволяют выбрать оптимальные золе- и гелеобразующие составы для применения в конкретных геолого-физических условиях и стадии разработки месторождений. Все используемые химвещества являются продуктами отечественного промышленного производства. Проведенные исследования показали эффективность гелеобразующих и золеобразующих высоковязких композиций на основе неорганических систем для регулирования фильтрационных потоков, увеличения охвата заводнением и паротепловым воздействием, что подтверждается Актом и Протоколом экспериментальных исследований. Композиции можно применять при паротепловом и пароциклическом воздействии на пласт при разработке залежей высоковязких нефтей, а также для изоляции водопритоков и увеличения охвата пласта заводнением на месторождениях, разрабатываемых заводнением как на ранней, так и на поздней стадии разработки месторождений.

10. Разработан лабораторный технологический регламент получения гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе неорганических систем, предназначенных для закачки в нефтяные пласты с различной проницаемостью, от низкой проницаемости ~1mD и до сверхпроницаемых пластов с проницаемостью порядка 10-20 D, с целью повышения нефтеотдачи за счет увеличения охвата пласта заводнением или паротепловым воздействием, снижения обводнённости добывающих скважин и интенсификации добычи нефти в осложнённых условиях эксплуатации, в том числе, для

месторождений высоковязких нефтей, разрабатываемых паротепловым воздействием. Для приготовления растворов гелеобразующих и золеобразующих композиций используют воды различной минерализации от 0 до 300 г/дм³ (пресную, закачиваемую, пластовую).

Лабораторный регламент содержит общую характеристику технологии получения гелеобразующих и золеобразующих композиций: ГАЛКА-С на основе систем «соль алюминия – карбамид – вода» и «соль алюминия – карбамид – вода – ПАВ», которые применяются для высокотемпературных пластов или паротепловом воздействии и в зависимости от состава композиции под действием температуры от 70 до 320 °С образуют свободно- или связнодисперсные системы (золи или гели); ГАЛКА-НТ на основе систем «соль алюминия – карбамид – уротропин – вода» и «соль алюминия – карбамид – уротропин – вода – ПАВ» – для пластов с низкой пластовой температурой, которые при температурах от 20 до 70 °С в зависимости от состава композиции образуют свободно- или связнодисперсные системы (золи или гели). Лабораторный регламент содержит характеристики исходного сырья и свойства полученных гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе неорганических систем, перечень мер безопасности при выполнении работ по их получению и исследованию, а также рекомендации по обезвреживанию, утилизации и ликвидации отходов.

11. Проведена разработка технологий применения термотропных гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе неорганических систем и способов их закачки совместно с термическими методами добычи высоковязкой нефти, такими как закачка горячей воды и пара. Предложены различные варианты закачки композиций – градиентная, покомпонентная, реагентоциклика. Термотропные гелеобразующие и золеобразующие композиции могут быть использованы для увеличения нефтеотдачи залежей тяжелой высоковязкой нефти совместно с закачкой водяного пара или горячей воды при различных технологических вариантах разработки, как при стационарной закачке пара в паронагнетательные скважины, так и при пароциклической обработке скважин. Оптимальным вариантом, в котором наиболее полно реализуются достоинства обоих способов воздействия, является их чередование путем попеременной закачки теплоносителя и порций термотропных композиций в определенном объемном соотношении. В этом случае реализуется наиболее полный контакт композиций и нефти в прогретых зонах пласта, что способствует достижению максимально возможного коэффициента охвата пласта теплоносителем, снижению вязкости нефти и увеличению степени ее вытеснения из пласта. Для увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей с низкой пластовой температурой, без паротеплового воздействия, предлагаются «холодные» технологии с применением гелеобразующей и золеобразующей композиции ГАЛКА-НТ: создание непосредственно в пласте подвижного экрана с регулируемой вязкостью, градиентная закачка и покомпонентная закачка композиции ГАЛКА-НТ.

13. Разработана технологическая инструкции по использованию составов гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе неорганических систем и новых технологий их применения для закачки в нефтяные пласты с целью увеличения дебитов и снижения обводненности добывающих скважин при заводнении, а также совместно с термическими методами добычи, такими, как закачка горячей воды и пара. Инструкция регламентирует использование разработанных в рамках проекта гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе неорганических систем и технологий их применения для увеличения нефтеотдачи за счет выравнивания фронта вытеснения и ограничения водопритоков путем закачки в нефтяные пласты с целью увеличения дебитов и снижения обводненности добывающих скважин при заводнении, паротепловом и пароциклическом воздействии, способ приготовления рабочих растворов композиций, последовательность операций и технику безопасности при проведении работ.

14. Проведен отбор и анализ образцов реагентов, необходимых для разработки

лабораторного регламента получения гелеобразующих и золеобразующих композиций на основе неорганических систем и технологической инструкции по их применению для увеличения нефтеотдачи при заводнении, а также совместно с паротепловым воздействием на пласт: полигидроксохлорида алюминия Аква-Аурат 30, алюминия хлористого 6-ти водного, карбамида, уротропина, неонола АФ 9-12, алкилсульфоната волгоната, комплексного ПАВ Нефтенала ВВД. Установлено, что все исследованные реагенты соответствуют ГОСТам и ТУ.

15. Произведен сбор промысловых данных на участках пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения, разрабатываемых на естественном режиме и паротепловым воздействием, перспективных для применения гелеобразующих и золеобразующих композиций. Отобраны и доставлены в г. Томск образцы нефтей и пластовых вод из 108 скважин пермокарбоновой залежи высоковязкой нефти Усинского месторождения, выполнен физико-химический и микробиологический анализ указанных образцов. Вязкость отобранных проб нефтей варьирует в пределах от 527 до 14364 мПа·с, плотность – от 0.858 до 0.998 г/см³. Общая минерализация пластовых вод находится в интервале от 0.25 до 144 г/дм³, величина рН 6.7-7.9, Eh от +30 до -340 мВ. По минеральному составу пластовые воды Усинского месторождения относятся преимущественно к хлоридно-натрий-кальциевому типу. Общая численность гетеротрофной микрофлоры в пробах пластовой воды невелика и варьирует в пределах от 0.03 до 92 тыс клет./см³. В состав гетеротрофной микрофлоры входят и углеводородоокисляющие бактерии – представители родов *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Bacterium nitrificans*, *Mycobacterium*, грибковая микрофлора и другие, способные к окислению алканов, цикланов и ароматических соединений нефти с накоплением метаболитов, способствующих десорбции нефти с пористой породы пласта.

16. В соответствии с разработанной технологической инструкцией совместно с Индустриальным партнером – ООО «ОСК» проведена апробация технологий увеличения нефтеотдачи, интенсификации добычи нефти и ограничения водопритока с применением термотропных неорганических золеобразующих и гелеобразующих композиций на опытных участках пермокарбоновой залежи высоковязкой нефти Усинского месторождения, разрабатываемых на естественном режиме, а также паротепловым и пароциклическим воздействием, подтвердившая эффективность композиции и технологий. Проведена закачка неорганической золеобразующей композиции ГАЛКА-НТ в 3 скважины №№ 1223, 1248 и 1210 на участке, разрабатываемом на естественном режиме, без паротеплового воздействия, а также закачка неорганической гелеобразующей композиции ГАЛКА-термогель-С в паронагнетательную скважину № 4039 и 2 пароциклические скважины № 7108 и № 7170.

Применение композиции ГАЛКА-НТ, образующей золь непосредственно в пласте, для холодной обработки малодебитных добывающих скважин №№ 1210, 1223 и 1248, дает существенное увеличение дебита нефти в относительном выражении, максимально зафиксированный прирост в 4.8 раза. Длительность эффекта обработки от 1 до 3 и более месяцев. В абсолютном выражении эффект составляет, по текущим незаконченным наблюдениям, 1-4 тонны дополнительной нефти на 1 м³ готовой композиции.

Применение композиции ГАЛКА-термогель-С на паронагнетательной скважине № 4039 имеет значимый эффект – 700 т дополнительно добытой нефти (~7 т/м³ композиции). Наибольшую эффективность показало применение композиции ГАЛКА-термогель-С совместно с пароциклической обработкой скважин № 7108 и № 7170: повышение дебита в 5-8 раз, при длительности эффекта до полугода. Дополнительно добытая нефть 800-1000 т на обработку, 8-13 т/м³ готовой композиции. Гелеобразующая композиция обеспечивает необходимое снижение обводненности за счет блокирования наиболее промытых участков призабойной зоны скважины, что значительно повышает эффективность ПЦО.

17. Принципиальная новизна прикладных научных исследований (ПНИ) заключается в использовании для повышения эффективности заводнения и комплексного паротеплового и физико-химического воздействия внутрислоевой термотропной генерации гелей и золь с авторегулируемой вязкостью, а также в технологических решениях проекта – совместном использовании термотропных композиций, генерирующих в пласте подвижные зольные и неподвижные гелевые экраны для увеличения охвата и повышения нефтеотдачи, и комплексе технологических вариантов закачки композиций: градиентной и покомпонентной закачке, реагентоциклики.

Потенциальными потребителями научно-технического результата работы являются нефтегазодобывающие компании России (ОАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «РОСНЕФТЬ», ОАО «ГАЗПРОМ НЕФТЬ», ОАО «ГАЗПРОМ» и его дочерние предприятия и др.). Перспективно применение разработанных технологий для месторождений Китая, Казахстана, Вьетнама, Саудовской Аравии, ОАЭ, Омана, Ирана, США, Канады и др.

18. Внедрение разработанных технологий позволит: повысить эффективность заводнения, являющегося основным методом добычи нефти в России; снизить (в случае старых месторождений – стабилизировать) обводненность добываемой нефти; увеличить масштаб применения технологий интенсификации добычи нефти и изоляции водопритоков; расширить область применения существующих технологий повышения нефтеотдачи; повысить эффективность термических методов добычи высоковязких нефтей; обеспечить нефтяную промышленность эффективными реагентами отечественного производства.

Масштабное промышленное применение разработанных новых комплексных технологий увеличения нефтеотдачи позволит продлить рентабельную эксплуатацию месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, и вовлечь в разработку месторождения с трудно извлекаемыми запасами углеводородного сырья, в том числе залежи высоковязких нефтей и месторождения Арктического региона, будет способствовать развитию нефтедобывающей промышленности России, расширению ее топливно-энергетической базы.

19. Проведенные исследования и полученные в ходе выполнения проекта результаты соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту и мировому научно-техническому уровню и показывают, что все поставленные на I-м этапе проекта задачи выполнены полностью.

В работе приняли участие научные сотрудники и аспиранты ИХН СО РАН, сотрудники и студенты Томского государственного университета.

Проведены мероприятия, направленные на освещение и популяризацию результатов работы.

Участие в тематических конференциях и выставках:

1. Мировой нефтяной конгресс, устный доклад «Integrated IOR technologies for heavy oil pools» (Алтунина Л.К.).

2. Выставка «Нефть. Газ. Геология. ТЭК – 2014» (г. Томск, 20-22 августа 2014 г.). По результатам выставки выдан диплом «За создание геля и золь технологий увеличения нефтеотдачи месторождений с трудноизвлекаемыми запасами».

3. Круглый стол «Трудноизвлекаемые и нетрадиционные ресурсы углеводородного сырья – новые технологии поиска, добычи и переработки – как перспективное направление развития ТЭК» (Томск, 20-21 августа 2014 г.), секция 2 «Новые технологии для интенсификации добычи, транспорта и переработки трудноизвлекаемых и нетрадиционных ресурсов углеводородного сырья», доклад «Комплексные методы увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей» (Алтунина Л.К.).

4. Международная выставка химической промышленности и науки – «ХИМИЯ+» (21-24 октября 2014 г., г. Москва, Центральный выставочный комплекс «Экспоцентр»), разработка «Термотропные гелеобразующие и золеобразующие высоковязкие композиции для повышения нефтеотдачи и технологии их применения совместно с термическими методами добычи нефти».

5. Международная выставка "Открытые инновации-2014" Open Innovations Expo-2014 (г. Москва, 14-16 октября 2014 г.), разработка «Термотропные гелеобразующие и золеобразующие высоковязкие композиции для повышения нефтеотдачи и технологии их применения совместно с термическими методами добычи нефти».

6. VII Международный промышленно-экономический форум «Стратегия объединения: Решение актуальных задач нефтегазового и нефтехимического комплексов на современном этапе» (г. Москва, 11-12 декабря 2014 г.), доклад «Опытно-промышленные испытания новых технологий увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей».

Результаты исследований и разработок по теме проекта представлены в статьях и опубликованы в журналах и материалах конференции:

1. Алтунина Л.К. Комплексный физико-химический и микробиологический метод увеличения нефтеотдачи низкотемпературных пластов высоковязкой нефти / Л.К. Алтунина, В.С. Овсянникова, Ю.З. Гусева, Л.И. Сваровская, Л.А. Стасьева, Д.А. Филатов // Экологический вестник России. – 2014. – № 6. – С. 14-17.

2. Алтунина Л.К. Экспериментальное исследование пеногелей для регулирования фильтрационных потоков флюидов в нефтегазоконденсатных пластах / Л.К. Алтунина, В.А. Кувшинов, И.В. Кувшинов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2014. – Т. 22. – N 2. – С. 115-120.

3. Копытов М.А. Биодеструкция высокомолекулярных гетероатомных компонентов тяжелой нефти / М.А. Копытов, Д.А. Филатов, Л.К. Алтунина // Нефтехимия. – 2014. – Т. 54. – № 1. – С. 59-65.

4. Enzymatic generation of oil-displacing compositions in low-temperature viscous oil reservoirs. Svarovskaya, L.I., Altunina, L. 2014. GEOBAIKAL 2014 – 3rd International Geobaikal Conference 2014: Exploration and Field Development in East Siberia.

Популяризация результатов проекта:

Статьи в газетах: «Наука в Сибири» № 37(2972) от 25 сентября 2014 г. «Золи как наш ответ санкциям» и «Академический проспект, № 1 от 30 сентября 2014 г., с. 3 «Что такое золи».

Статья в журнале «Недра и ТЭК Сибири» № 8(98), август 2014 г., с. 20-22, «На новинки устойчивый спрос».

На сайтах:

<https://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=473e7182-9bf1-4eda-a993-62380340d8e6#content>

Томские ученые получают 110 млн. руб. на разработку технологий удешевления нефтедобычи, 17.09.2014.

http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=222&d_no=85995 Российские ученые работают над новыми способами улучшения нефтедобычи, 18.09.2014.

<http://www.nia-rf.ru/news/society/17419> Сибирские ученые улучшают методы нефтедобычи, 16.09.2014.

<http://www.sbras.info/news/sibirskie-uchenye-uluchshayut-metody-neftedobychi> Сибирские ученые улучшают методы нефтедобычи 16 сентября 2014.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.