

АННОТАЦИЯ

диссертации, представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070800 – «Нефтегазовое дело»

Балуанова Бакытжана Айтуаровича

Введение

Для поддержания темпов добычи углеводородов в мире стали не только вовлекать в разработку новые месторождения, но и разрабатывать так называемые забалансовые запасы, которые раньше разрабатывать не удавалось. Существенную долю таких месторождений составляют коллекторы с высоковязкими нефтями. Крупнейшие запасы высоковязких нефтей находятся в Западном Казахстане на месторождениях Каражанбас, Северное Бузачи, Каламкас, Кенкияк, Молдабек Восточный, С.Балгимбаев. Особенностью этих объектов является высокая вязкость нефти (до 45 000 мПа·с), низкая теплопроводность пород и высокая степень кольматации порового пространства, что существенно ограничивает эффективность традиционных методов повышения нефтеотдачи [1]. Для таких месторождений актуальным является применение тепловых методов увеличения нефтеотдачи (МУН) с целью повышения эффективности разработки и увеличения общего коэффициента извлечения нефти (КИН).

Для их разработки высоковязких месторождений требуется не только применение современных методов повышения нефтеотдачи, но и учёт инженерно-технических ограничений, связанных с конструкцией, профилем и состоянием скважин, которые играют ключевую роль в эффективности любого термического или химического метода.

Особенности бурового инжиниринга для месторождения Каражанбас и других аналогичных объектов включают:

- высокий уровень искривлённости ствола и осложнений, что ограничивает возможности доставки реагентов в призабойную зону;
- низкое качество цементирования и межколонные перетоки, снижающие эффективность тепловых и газогенерирующих технологий;
- ограничения по температурной стойкости НКТ и обсадных колонн, что требует разработки безопасных режимов генерации тепла;
- сложности в обеспечении управляемой доставки сплава вследствие наличия песчаных пробок, каверн и зон кольматации;
- необходимость оптимизации гидравлических режимов при спускоподъёмных и инъекционных операциях для предотвращения осложнений.

Таким образом, технология применения многокомпонентных сплавов должна быть адаптирована не только к особенностям пласта, но и к инженерным ограничениям, условиям работы оборудования и конструктивным свойствам скважин. Это делает интеграцию бурового инжиниринга ключевой частью разработки и внедрения термогазохимического воздействия.

Внедрение комбинированных технологий особенно эффективно на месторождениях с трудноизвлекаемыми и высоковязкими нефтями, где

традиционные химические или тепловые методы не обеспечивают должного результата. Термогазохимические воздействия, включающие реакции алюминиевых с водой, позволяют генерировать водород, тепло и газ, создавая эффект термобарического расширения и улучшая проницаемость призабойной зоны. [12–15].

Повышение температуры способствует снижению вязкости нефти и удалению асфальтено-смолисто-парафиновых отложений, а образующийся газ расширяет поровое пространство и улучшает проницаемость пласта. Таким образом, метод сочетает в себе элементы теплового, газового и химического воздействий, обеспечивая комплексное восстановление продуктивности скважин [16].

Термогазохимическое воздействие (ТГХВ) находит широкое практическое применение при интенсификации добычи нефти, особенно на месторождениях с высоковязкой нефтью и низкопроницаемыми коллекторами. Метод основан на реакции многокомпонентных алюминиевых сплавов с подкисленной пластовой водой, в результате которой выделяются тепло и газовая фаза, создающие кратковременный термобарический импульс. Это способствует разрушению кольматационных отложений, повышению проницаемости и снижению вязкости нефти, а также формированию щелочной среды, улучшающей вытеснение нефти из пористой среды.

Актуальность работы

В Казахстане найдены большие запасы нефти и газа, и страна вошла в число крупнейших стран экспортеров нефти на текущий момент времени и ближайшую перспективу. По некоторым оценкам объемов запасов углеводородов составляет 1,8% от мировых запасов нефти.

В последние годы стратегической задачей развития нефтегазового комплекса Казахстана является стабилизация и постепенное увеличение добычи нефти как за счет ввода в разработку новых залежей и месторождений, так и повышение эффективности эксплуатации старых нефтяных объектов.

В условиях истощения традиционных запасов углеводородов все большее внимание уделяется месторождениям с трудно извлекаемыми запасами (ТИЗ). К ТИЗ относятся тяжелые высоковязкие нефти, объемы которых в нашей стране оцениваются более 900 млн.т.

Применение для добычи высоковязких нефтей традиционных, широко используемых технологий имеет низкий коэффициент извлечения нефти (КИН) и как следствие недополучение прибыли недропользователем, также при этом имеет место нанесение экологического ущерба. При этом, необходимо отметить, что требуется учитывать инженерно-технические ограничения, связанных с конструкцией, профилем и состоянием скважин, которые играют ключевую роль в эффективности любого термического или химического метода.

Термогазохимическое воздействие находит широкое практическое применение при интенсификации добычи нефти, особенно на месторождениях с высоковязкой нефтью и низкопроницаемыми коллекторами. Метод основан на

реакции многокомпонентных алюминиевых сплавов с пластовой водой, в результате которой выделяются тепло и газовая фаза, создающие кратковременный термобарический импульс. Это способствует разрушению кольматационных отложений, повышению проницаемости и снижению вязкости нефти, а также формированию щелочной среды, улучшающей вытеснение нефти из пористой среды.

Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы представленной в виде диссертации

Согласно международным обзорам [21–24], физические и химические методы остаются наиболее массовыми (70–75 % мирового рынка ИДН). Тепловые технологии занимают около 20 %, а комбинированные — не более 5–7 %, но их доля растёт благодаря развитию тяжёлонефтяных проектов.

В структуре ИДН в мире:

- Физические методы — ≈ 40 %;
- Химические — ≈ 30 %;
- Тепловые — ≈ 20 %;
- Комбинированные и гибридные — ≈ 10 %.

Наиболее распространённые технологии — паротепловые (CSS, SAGD), внутрипластовое горение, полимерное и химическое заводнение — обладают высокой энергоёмкостью и низким радиусом прогрева, что ограничивает их применение при разработке неоднородных пластов с высокой вязкостью нефти.

В этой связи всё большую актуальность приобретают комбинированные термогазохимические методы, основанные на локальной генерации тепла и водорода непосредственно в продуктивном пласте. Одним из перспективных направлений является использование многокомпонентных сплавов, способных при взаимодействии с водой выделять значительное количество тепла и газообразного водорода, повышая проницаемость пласта и снижая вязкость нефти с учётом буровому инжинирингу как обязательной составляющей успешной реализации технологии.

Сведения о научно-техническом уровне разработки приведенной в диссертационной работе

Предложенное техническое решение носит инновационный характер, подтвержденный защищенным патентом РК и рядом научных публикаций как в Казахстане, так и за рубежом.

Предлагаемые технические решения позволят существенно повлиять на уровень научно-исследовательских работ, обеспечить качественный рост научно-технического потенциала.

Диссертация обладает высокой значимостью в национальном и международном масштабах и позволит поднять статус и престиж нефтегазовой отрасли Казахстана на мировой арене.

Данная научная работа связана с НИР по ПЦФ ИРН «BR24992868 - Разработка инновационной технологии и программных продуктов применения

многокомпонентных сплавов для повышения продуктивности скважин высоковязкой нефти».

Научная новизна:

- впервые предложен комплексный метод термогазохимического воздействия на продуктивный пласт, основанный на контролируемом взаимодействии многокомпонентных алюминиевых сплавов с подкисленной пластовой водой;

- определены оптимальные параметры подачи сплава и условия, обеспечивающие эффективное термогазохимическое воздействие без разрушения призабойной зоны пласта;

- предложена конструкция скважинного модуля для дозированной подачи сплава на забой скважины и регулирования скорости реакции с учетом совместимости сплавов и продуктов реакции с НКТ и обсадными колоннами.

Целью диссертационной работы является разработка и научное обоснование технологии добычи высоковязкой нефти с использованием многокомпонентных алюминиевых сплавов для повышения дебита скважин методом термобарохимического воздействия на продуктивный пласт.

Объектом исследования является термобарохимическое дренирование для повышения добычи высоковязкой нефти на месторождениях Казахстана.

Предметом исследования является система применения многокомпонентных сплавов для повышения продуктивности скважин высоковязкой нефти.

Задачи исследования:

1. Анализ мирового и отечественного опыта применения тепловых, химических и комбинированных методов интенсификации добычи нефти.
2. Анализ влияние факторов бурового инжиниринга, включая состояние цементного кольца и наличие межколонных перетоков, на эффективность термогазохимического воздействия на пласт.
3. Аналитическая оценка теплового эффекта реакции и генерации водорода. и численное моделирование процессов термогазохимического воздействия с использованием программного комплекса ECLIPSE Thermal и определении радиуса и интенсивности прогрева пласта.
4. Экспериментальные исследования на физической модели призабойной зоны скважины процесса роста температуры на при закачке в призабойную многокомпонентного сплава, отработка режимов работы системы «вода - сплав» во времени.
5. Создать инженерную концепцию системы скважинного модуля по непрерывной дозированной подаче сплава на забой скважины.

6. Оценить технико-экономическую эффективность применения технологии на примере условий месторождения «Каражанбас».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Комплексный подход к исследованию области расширения механизма комплексного термогазохимического воздействия на пласт, основанный на реакциях многокомпонентных сплавов с подкисленной пластовой водой, сопровождающихся выделением тепла и водорода.

2. Разработка технического решения по созданию инженерной концепции системы скважинного модуля по непрерывной дозированной подаче сплава на забой скважины.

3. Основные закономерности по изменению температурного режима в призабойной зоне скважины при взаимодействии многокомпонентного сплава и подкисленной пластовой воды.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в инновационной технологии теплового воздействия на призабойную зону скважины

Практическая значимость работы заключается в создании научно обоснованной технологии повышения нефтеотдачи пластов с высоковязкой нефтью. Использование многокомпонентных алюминиевых сплавов позволяет снизить вязкость нефти увеличить радиус прогрева, повысить дебит нефти скважины и сократить затраты на поддержание теплового режима. Технология может быть внедрена в действующие схемы паротеплового воздействия на месторождения Каражанбас, Кенкияк и Северный Бузачи, обеспечивая повышение дебита скважин и стабильность добычи.

Апробация результатов диссертационной работы

Результаты диссертационной работы опубликованы в Международных рецензируемых научных журналах, входящих в БД Scopus/Web of Science: 2025 г. Журнал Socar proceedings Q2, 56%.

Связь работы с научно – исследовательскими проектами, программами

Диссертационная работа соискателя выполнена в рамках реализации грантового финансирования «Жас ғалым» AP25793601 «Увеличение эффективности заводнения нефтяных месторождений путем учета взаимодействия скважин и подбора оптимальной схемы их расположения» (период реализации 2025 – 2027 гг.) и ПЦФ BR24992868 «Разработка инновационной технологии и программных продуктов применения многокомпонентных сплавов для повышения продуктивности скважин

высоковязкой нефти» (период реализации 2024 – 2026 гг.) выполняемых при поддержке и финансировании Комитетом науки МНВО РК.

Публикации

Основные результаты исследования отражены в 8 научных публикациях. Из них 4 статьи опубликованы в журналах, включенных в базы данных Web of Science и Scopus. Также имеются 4 статьи, включенные в издания утвержденных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка использованных источников из 140 наименований. Работа изложена на 112 страницах, включает 33 рисунка и 20 таблицы.