

2. Сабиров А.А., Соколов Н.Н., Донской Ю.А., Булат А.В., Якимов С.Б., Строев В.С. О возможности использования десендеров в борьбе с песком // Территория нефтегаз. – Москва, 2010. – №3. – С. 74 – 76.
3. Каушанский Д.А., Дмитриевский А.Н., Демьяновский В.Б., Цицорин А.И. Физико-химические и реологические свойства состава “ИПНГ-ПЛАСТ 2” для ограничения выноса механических примесей в нефтяных скважинах // Нефтяное хозяйство. – Москва, 2015. – №4. – С. 84 – 87.

### АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА ПОЗДНЕЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Д.Н. Борзенкова, Ш.Р. Садретдинов**

Научный руководитель доцент Ш.Р. Садретдинов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В настоящее время большинство месторождений Западной Сибири, введенных в эксплуатацию в 60 – 80-е годы прошлого столетия, находятся на поздней стадии разработки. Месторождения, в своём большинстве, характеризуются значительной обводненностью продукции, неоднородностью продуктивных пластов по проницаемости и значительной долей остаточных запасов. Это является причиной затруднения добычи и снижения продуктивности скважин. Для решения данных проблем необходимо применение современных методов увеличения нефтеотдачи (МУН) с целью интенсификации процессов выработки запасов и поддержания стабильного уровня добычи нефти [1].

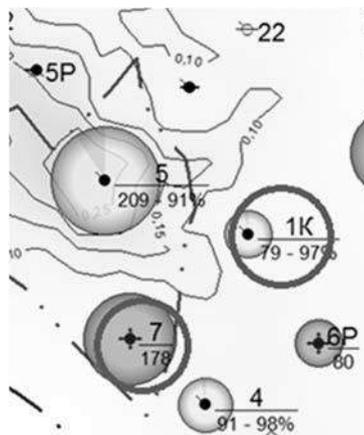
Существует целый спектр методов повышения нефтеотдачи пластов и интенсификации добычи: гидродинамические (циклическое заводнение, форсированный отбор жидкости), физико-химические (заводнение с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ), полимерное заводнение, мицеллярное и щелочное заводнение), газовые (закачка углеводородных газов, жидких растворителей, углекислого газа, азота, дымовых газов), тепловые методы (внутрипластовое горение, пароциклическое воздействие, вытеснение паром) и др.

В настоящей работе исследуется одно из месторождений Томской области, находящееся на четвертой стадии разработки, применение МУН ограничено высокой обводненностью продукции (94,5%). Ограничением для применения ПАВ является высокая пластовая температура (до 80 °С) и низкие нефтенасыщенные толщины. Невысокая вязкость и плотность нефти исключают целесообразность применения тепловых методов.

Целью данной работы является анализ эффективности применения рекомендуемых методов увеличения нефтеотдачи для конкретных геолого-физических характеристик исследуемого месторождения.

Гидродинамические методы увеличения нефтеотдачи являются наиболее апробированными и распространенными на нефтяных месторождениях [2]. Механизм их воздействия основывается на увеличении охвата не вовлеченных в разработку участков продуктивных пластов. Эффективность нестационарного заводнения обусловлена возникновением градиента давления между высоко и низко проницаемыми прослоями, что способствует внедрению воды в прослой и зоны с низкими фильтрационно-емкостными свойствами и вовлечение их в активную разработку. Технологией реализации нестационарного заводнения является использование циклических режимов работы нагнетательных скважин [3].

Физико-химические методы применяются в целях увеличения коэффициентов вытеснения и охвата пласта заводнением. Повышение охвата пласта заводнением по толщине и по площади пласта, достигается за счет закачки различных реагентов в нагнетательные и добывающие скважины в объеме, значительно превышающим объем призабойной зоны пласта. Нагнетание водных растворов ПАВ, кислот, щелочей, полимеров приводит к изменению свойств пластовой воды и поверхностей раздела между водой и нефтью, нефтью и горной породой, к уменьшению параметра относительной подвижности воды и нефти, за счет этого увеличивается охват пласта воздействием и коэффициент вытеснения нефти [4].



**Рис.1** Фрагмент карты текущего состояния разработки пласта Б<sub>9</sub>

На основании особенностей геолого-физического строения продуктивных пластов, рассматриваемого месторождения, было исследовано применение потокоотклоняющих технологий, с целью перераспределения

наиболее мощных устоявшихся фильтрационных потоков и нестационарное заводнение.

По карте текущего состояния разработки выделен район нагнетательной скважины (№7), которая по результатам индикаторных исследований показывает опережающую фильтрацию закачиваемой воды к добывающим скважинам №№ 5, 1К (рис.1)

В данной работе с помощью программного комплекса Eclipse спрогнозирована эффективность циклической работы нагнетательной скважины и применение потокоотклоняющих технологий.

За базовый вариант приняты результаты моделирования при текущем состоянии разработки участка без применения геолого-технических мероприятий (ГТМ). С помощью гидродинамической модели рассчитаны варианты с закачкой шитых полимерных систем (СПС) и циклическая работа нагнетательной скважины (№7).

Все варианты разработки рассчитаны до срока достижения предельной обводненности продукции (98 %) или дебита нефти меньше 1 т/сут. Прогнозный период составил 50 лет, начиная с 01.01.2015.

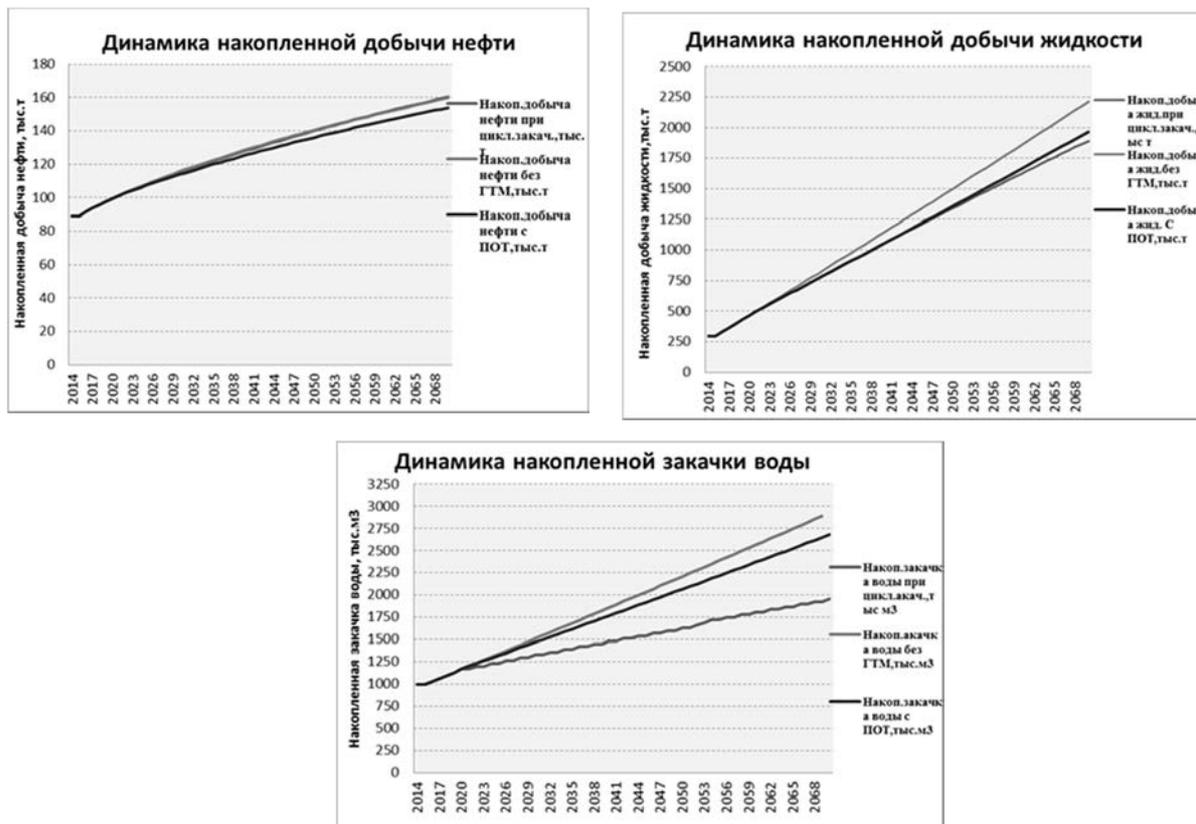


Рис.2 Динамика основных технологических показателей по вариантам разработки

Результаты гидродинамического моделирования вариантов представлены на рисунке 2. По результатам расчета базового вариант накопленная добыча нефти – 159,8 тыс.т., накопленная добыча жидкости составила 2214,7 тыс.т., накопленная закачка – 2890 тыс.м<sup>3</sup>. Средняя обводненность на конец разработки – 97,5 %.

По результатам моделирования ПОТ накопленная добыча нефти составила 153,9 тыс.т., накопленная добыча жидкости – 1967,7 тыс.т., накопленная закачка – 2678,2 тыс.м<sup>3</sup>. К концу проектного периода средняя обводненность добываемой продукции составит 97,3 %.

При циклической работе нагнетательной скважины (периодичностью 1 год) накопленная добыча нефти составила 160,3 тыс.т., накопленная добыча жидкости – 1892,4 тыс.т., накопленная закачка – 1950,58 тыс.м<sup>3</sup>. Средняя обводненность добываемой продукции к концу проектного периода – 96,5 %.

Сравнивая результаты расчетов с базовым вариантом, можно сделать вывод, что наибольшую эффективность показало применение циклической закачки. Реализация циклической закачки незначительно увеличивает объем накопленной добычи нефти, но, за счет простоев нагнетательной скважины существенно снижается объемы накопленной закачки, это позволит сократить затраты на капитальные вложения и повысить экономическую эффективность разработки месторождения.

#### Литература

1. Воронова М. Первые результаты новой технологии. – «Нефтяник Западной Сибири» – 2011 – №18.
2. Петраков А.М. Научно-методические основы применения технологий адресного воздействия для повышения
3. эффективности разработки трудноизвлекаемых запасов нефти (на примере месторождений Западной Сибири): Автореферат. Дис. ... канд.тех.наук. – Москва, 2010 г.

4. Райлян М. В поиске новых методов. – «Нефтяник Западной Сибири» – 2012 – №25.

## ИСПАРЕНИЕ СУСПЕНЗИЙ ГРАФИТА НА ОСНОВЕ ВОДЫ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

А.Г. Борисова, М.В. Пискунов, К.А. Рыбацкий

Научный руководитель профессор П.А. Стрижак

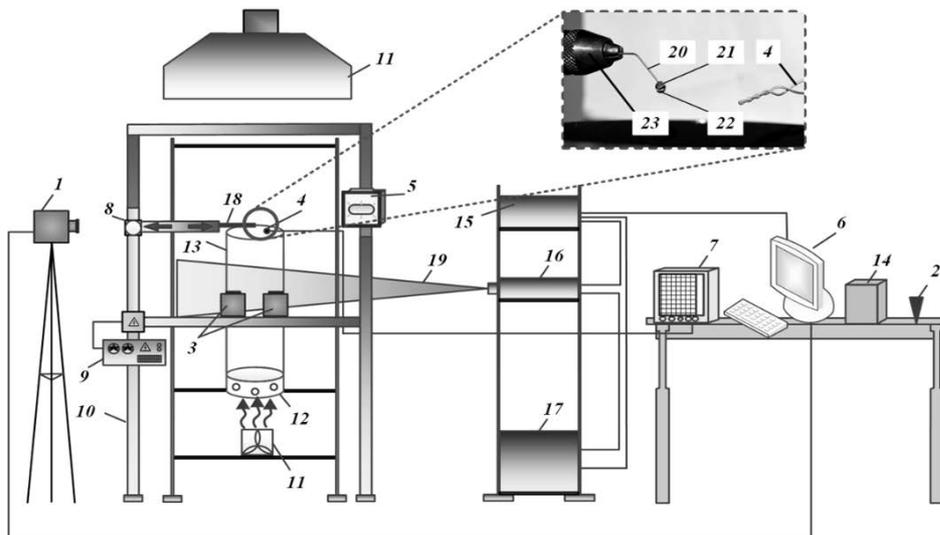
*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Результаты теоретических и экспериментальных исследований теплофизических свойств неоднородных (гетерогенных) жидкостей успешно используются при разработке технологий в различных отраслях промышленности. Следует отметить, что в основном различные примеси и добавки в жидкостях способствуют улучшению их теплофизических свойств [1]. Этот эффект позволяет достигать большей производительности и эффективности рабочих жидкостей.

Для исследования эффектов интенсификации теплообмена жидкости с какой-либо средой за счет добавления различных примесей важным является изучение процессов фазовых превращений на границах раздела сред «твердая частица – жидкость». Кроме того, определение доминирующего механизма фазовых превращений, а также масштабов совместного влияния испарения и парообразования гетерогенных жидкостей также является необходимым для расширения экспериментальной базы данного направления исследований. Более того, полностью или частично отсутствуют теоретические данные, описывающие процессы фазовых превращений как однородных, так и неоднородных жидкостей при их нагреве в высокотемпературных (900–1100 К) средах. Достижение таких высоких температур на объектах указанных выше отраслей промышленности является систематическим и во многих случаях входит в диапазоны рабочих температур. Таким образом, целесообразным является проведение экспериментальных исследований указанных процессов при высоких температурах, а анализ и обработка полученных результатов позволит дополнить существующие гетерогенные высокотемпературные технологии (например, [2]).

Целью данной работы является экспериментальное исследование влияния добавления частиц графита различных размеров в капли воды на процесс интенсификации их испарения.

Эксперименты выполнены на стенде, схема которого изображена на рисунке 1.



**Рис.1** Схема экспериментальной установки: 1 – высокоскоростная видеокамера, 2 – дозатор, 3 – кросс-корреляционные видеокамеры, 4 – термопара, 5 – прожектор, 6 – персональный компьютер (ПК), 7 – регистратор температуры, 8 – передвижной координатный механизм, 9 – источник питания для передвижного механизма, 10 – алюминиевая стойка, 11 – система обеспечения воздушного потока, 12 – горелка, 13 – цилиндр из кварцевого стекла, 14 – аналитические весы, 15 – синхронизатор ПК, кросс-корреляционных видеокамер и лазера, 16 – лазер, 17 – генератор лазерного излучения, 18 – направляющая для закрепления керамического стержня, 19 – лазерный «нож», 20 – керамический стержень, 21 – крупное графитовое включение, 22 – капля воды / суспензии, 23 – устройство для закрепления керамического стержня

При проведении опытов применена высокоскоростная видеорегистрация для установления временных характеристик и визуализации особенностей процесса испарения капель. По основным этапам методика проведения экспериментов являлась аналогичной примененной в [2]. Для установления влияния мелких графитовых включений в каплях воды на процесс интенсификации их испарения исследовалось два типа суспензий и вода без дополнительных примесей: № 1 – размер частиц графита  $d_p = 0,05$  мм, массовая концентрация частиц графита в объеме воды  $\gamma_p = 1$  %; № 2 –  $d_p = 0,05$  мм,  $\gamma_p = 2$  %; № 3 – вода. На крупное