

На правах рукописи

ЧЖАН ХУЭЙИН

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ЗАЛЕЖЕЙ
ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ
БИОКОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**
(на примере Москудьянского месторождения)

Специальность 25.00.17

"Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа 2002

Работа выполнена в Уфимском государственном нефтяном техническом университете и Научно-исследовательском институте по повышению нефтеотдачи пластов Академии наук Республики Башкортостан.

Научные руководители: доктор геолого-минералогических наук,
профессор Хайредин Н Ш.
доктор технических наук, профессор
Андреев В.Е.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Хисамутдинов Н.И.

кандидат технических наук
Якименко Г.Х.

Ведущая организация: НГДУ «Чекмагушнефть» АНК «Башнефть»

Защита состоится " 10 " октября 2002г. в 10.⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 212.289.04 в Уфимском государственном нефтяном техническом университете по адресу: 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Автореферат разослан " 05 " сентября 2002 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук

Ю.Г. Матвеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последние годы постепенно происходит негативное изменение структуры разрабатываемых запасов нефти, что оказывает существенное влияние на развитие нефтяной промышленности России. Вводится в эксплуатацию большое число месторождений с низкопроницаемыми пластами, повышенной и высокой вязкостью нефти, сложным геологическим строением. Применение обычных технологий заводнения уже не может обеспечить достаточно высокой эффективности выработки таких запасов нефти.

Вязкость нефти является одним из главных определяющих факторов активности ее фильтрации по порам и трещинам. Дебиты нефти в добывающих скважинах и показатели конечного нефтеизвлечения зависят от вязкости пластовой нефти. Как правило, на залежах высоковязких нефтей дебиты скважин весьма малы и достигаются низкие значения коэффициентов нефтеизвлечения, редко превышающие 10% от начальных геологических запасов нефти на естественном режиме разработки. В настоящее время в России имеется около 6,6 млрд. т балансовых запасов нефтей вязкостью более 30 мПа.с, в том числе 3,8 млрд. т вязкостью более 100 мПа.с и 1,2 млрд.т вязкостью более 500 мПа.с.

Наиболее распространенными методами разработки месторождений высоковязкой нефти являются тепловые. Однако они требуют больших материальных затрат, в результате чего значительно повышается себестоимость добываемой нефти. В этой ситуации для повышения эффективности увеличения нефтеотдачи пластов разрабатываются разнообразные технологии. Основными требованиями, предъявляемыми нефтяными компаниями к методам повышения нефтеотдачи пластов, являются экономическая целесообразность, экологическая безопасность и технологическая простота в использовании.

Среди различных методов увеличения нефтеотдачи пластов относительно недавно в отдельную группу были выделены микробиологические, которые в достаточной степени отвечают данным требованиям.

Биокомплексная технология – один из видов микробиологического воздействия. Применяется для снижения обводненности скважин регулированием процесса вытеснения в обводненных коллекторах. Предусматривается применение избыточного активного ила – отхода биологических очистных сооружений с добавкой полимера и бактерицида.

Обоснование выбора темы исследования. Тема диссертации связана с созданием научных основ для разработки принципиально новых решений, направленных на интенсификацию добычи и увеличение нефтеотдачи трудноизвлекаемых запасов нефти, а также разработкой и совершенствованием известных современных методов увеличения нефтеотдачи для развития прикладных исследований в конкретных геологических условиях.

Традиционные тепловые методы для разработки высоковязких нефтей из-за больших материальных затрат, нерешенности проблем контроля и регулирования процесса воздействия, охраны окружающей среды ограничены в широком внедрении, особенно в кризисной экономической ситуации.

В качестве рентабельного мероприятия применение микробиологического метода стало перспективным направлением для разработки залежей высоковязкой нефти. Он не требует дорогих реагентов и специального устройства скважин.

Кроме того, с точки зрения охраны окружающей среды микробиологический метод является экологически чистым и безопасным мероприятием.

Цель данной работы – на основе анализа геолого-промысловых характеристик месторождения, структуры запасов и текущего состояния разработки обосновать и выбрать технологии повышения нефтеотдачи пластов и оценить эффективность опытно-промышленных работ.

Основные задачи исследования

1. Анализ накопленного объема геолого-геофизической и геолого-структурной информации, отражающей особенности геологического строения;

характеристики коллекторов и нефтеносности продуктивных пластов яснополянского надгоризонта Москудьянского месторождения.

2. Анализ геолого-промыслового состояния разработки залежи и эффективности методов воздействия на пласт, проведенных на данном месторождении.
3. Обоснование и выбор технологии повышения нефтеотдачи пластов для опытно-промышленных работ с целью увеличения эффективности процесса нефтеизвлечения.
4. Оценка технологической эффективности опытно-промышленных работ по испытанию выбранного воздействия на яснополянской залежи.

Методы исследования. При решении поставленных задач использованы методы геолого-промыслового анализа, геологических аналогий и геолого-статистическое моделирование.

Научная новизна выполненной работы

1. На основе метода И.Г. Пермякова уточнены извлекаемые запасы и их структура для яснополянских залежей Москудьянского месторождения.
2. Впервые предложено биоконплексное воздействие на яснополянскую залежь в качестве мероприятия для повышения коэффициента извлечения высоковязких нефтей Москудьянского месторождения.
3. Впервые предложены полиномы для аппроксимации зависимости кривой "обратное число накопленного отбора жидкости – накопленная добыча нефти" с целью повышения точности оценки эффективности применения МУН.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Уточнение значений и структурирование извлекаемых запасов яснополянской залежи Москудьянского месторождения как геолого-технологическая основа выбора методов воздействия на остаточные запасы.

2. Ресурсосберегающая технология биоконплексного воздействия на продуктивные пласты залежей высоковязких нефтей с целью повышения нефтеотдачи и снижения обводненности продукции.
3. Методика оценки эффективности применения методов увеличения нефтеотдачи по характеристикам вытеснения с использованием полиномиальной аппроксимации.

Практическая значимость работы

1. Результаты диссертационной работы использованы НГДУ "Чернушканефть" при выборе технологий увеличения нефтеотдачи пластов для яснополянской залежи Москудьинского месторождения.
2. Результаты исследования использованы "НИИНефтеодача" при геолого-технологическом обосновании участка биоконплексного воздействия на Москудьинском месторождении.
3. Метод оценки эффективности применения МУН может использоваться на прочих аналогичных объектах внедрения технологий воздействия на пласт.

Апробация работы. Результаты исследования по теме диссертации использовались в проекте разработки НГДУ "Чернушканефть". Основные положения работы докладывались и были опубликованы на 54-й межвузовской студенческой научной конференции «Нефть и газ – 2000» в РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина (Москва); на 51-й научно-технической конференции УГНТУ; на 5-й межвузовской научно-методической конференции «Проблемы нефтедобычи Волго-Уральского региона», проводимой в Октябрьском филиале УГНТУ; на региональной научной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов «Геологи XXI века» (Саратов); на 55-й юбилейной межвузовской научной студенческой конференции «Нефть и газ – 2001» в РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина (Москва).

Публикации работ. По теме диссертации опубликовано шесть тезисов докладов и три статьи.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения, изложена на 151 странице машинописного текста, в том числе имеет 56 рисунков и 24 таблицы. Библиографический список использованной литературы включает 94 наименования.

Работа выполнена в Уфимском государственном нефтяном техническом университете и НИИ«Нефтеотдача» АН РБ под руководством доктора геолого-минералогических наук, профессора Хайрединова Н.Ш. и доктора технических наук, профессора Андреева В.Е., которым автор приносит глубокую благодарность. Искреннюю признательность за постоянную помощь, консультации и поддержку автор выражает доктору геолого-минералогических наук, профессору, заведующему кафедрой геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений Сидневу А.В., а также сотрудникам: кандидату биологических наук Загидуллиной Л.Н., кандидатам геолого-минералогических наук Котеневу Ю.А., Султанову Ш.Х. и коллективу кафедры.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении мотивирована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и определены основные задачи исследования. Представлены научная новизна, достоверность результатов и выносимые на защиту положения.

Первая глава диссертации посвящена классификации залежей по вязкости нефтей и состоянию применения методов нефтеотдачи на залежах высоковязких нефтей.

На сегодня придерживаются следующей градации типов залежей по величине вязкости пластовой нефти: залежи маловязких нефтей, когда предельная величина вязкости не превышает 10мПа.с в пластовой нефти; залежи с повышенной вязкостью нефти – от 10 до 30мПа.с; залежи вязких и высоковязких нефтей – более 30мПа.с. Для каждого отмеченного типа залежей формируется своя система разработки с применением методов искусственного воздействия на нефтяные пласты.

Идея искусственного воздействия на нефтяной пласт теплом с целью эффективной выработки запасов нефти возникла в 1920-1930 гг. В последующие годы глубокие прикладные задачи в области термической добычи высоковязкой нефти были решены рядом известных ученых России, Украины, Азербайджана, США, Канады, Румынии, Венесуэлы, КНР и др.

В 70-80 годы прошлого столетия практика освоения месторождений высоковязких нефтей показала, что наиболее эффективными способами теплового воздействия на пласт являются паротепловая обработка призабойной зоны добывающих скважин, нагнетание пара в пласт с созданием тепловых оторочек и внутрислоевого горения.

К методам комбинированного воздействия на залежи нефти высокой вязкости относятся методы термополимерного (ТПВ) и циклического внутрислоевого полимерно-термического воздействия (ЦВПТВ), разработанные Кудиновым В.И., Желтовым Ю.В. и др. Эти методы внедрены на месторождениях Удмуртии, по ним получены высокие технологические и экономические результаты.

За последние годы в Удмуртии созданы новые ресурсосберегающие технологии: импульсно-дозированное тепловое воздействие (ИДТВ), модификация импульсно-дозированного теплового воздействия с паузами ИДТВ(П) и теплоциклическое воздействие на пласт (ТЦВП).

Как видно из вышеизложенного, добыча нефти повышенной и высокой вязкости до настоящего времени как в России, так и за рубежом осуществляется в основном за счет применения тепловых методов воздействия на залежи. Однако они требуют больших материальных затрат, в результате чего значительно повышается себестоимость добываемой нефти, что является сдерживающим фактором их широкого внедрения.

Один из наиболее крупных проектов повышения нефтеотдачи при помощи полимерного заводнения и его модификации был реализован на опытных участках Новохазинской площади Арланского месторождения. Выявлено, что, помимо повышения охвата пластов заводнением на 40-60% и

снижения проницаемости высокообводненных пропластков, коэффициент нефтеотдачи увеличился на 4,5-7%.

В настоящее время применительно к залежам терригенной толщи нижнего карбона Башкортостана разработана новая группа высокопотенциальных технологий повышения нефтеотдачи – микробиологические методы увеличения нефтеотдачи на основе биоконверсии сырья растительного и животного происхождения.

Петрографическое изучение пород пластов ТТНК Арланского, Бураевского и Кузбаевского месторождений позволило констатировать, что прокачка через них растворов биореагентов привела к регрессивным эпигенетическим изменениям: с циркуляцией растворов связано выщелачивание ряда глинизированных минералов. Также под влиянием биохимических процессов было зафиксировано некоторое снижение плотности, вязкости, содержания асфальтенов и смол в нефтях, насыщающих залежи этой толщи.

Во второй главе рассмотрены тектоническое строение, стратиграфическая характеристика, геолого-физические особенности коллекторов и свойства нефти Москудьинского месторождения.

В административном отношении Москудьинское нефтяное месторождение находится на территории Куединского района Пермской области. Оно открыто в 1956 году, введено в разработку в 1979 году.

Москудьинское месторождение характеризуется сложной структурой и специфическим геологическим строением. Площадь разделена на четыре основных блока: западный, центральный, восточный и южный. Все рассмотренные поднятия объединяются в одну структуру в пределах изогипсы минус 1260 м. Осадочные породы тульского и бобриковского горизонтов смяты в небольшие складки. Обычно имеются изометрические формы, брахиантиклинальные и куполовидные складки, разделенные пологими и неглубокими прогибами.

Геологический разрез Москудьинского месторождения изучен от верхнерифейских до четвертичных отложений и относится к сложному типу. Максимально вскрытая толщина 2250 метров.

Яснополянский надгоризонт объединяет морские толщи тульского горизонта и субконтинентальные образования бобриковского горизонта, переход между ними постепенный. Тульский горизонт имеет двучленное строение – верхняя часть преимущественно глинисто-карбонатная, нижняя известково-алевролитоглинистая с пропластками песчаников. Образование бобриковского горизонта происходило после значительного перерыва на границе турнейского и визейского веков. Залегают горизонт трансгрессивно на верхнем девоне и отложениях нижнего карбона и представлен песчаниками, песками и алевролитами, переслаивающимися с редкими прослоями глин и аргиллитов.

В яснополянском надгоризонте литология трех пластов – Бб, Тл_{2-б}, Тл_{2-а} – представлена песчаниками и алевролитами. Пласты хорошо коррелируются по промысловым данным ГИС (НГМ и кавернометрия). Пласт Бб залегают на глубине 1499 м, пласт Тл_{2-б} – 1481 м и пласт Тл_{2-а} – 1472 м. Литологически пласты представлены песчаниками и алевролитами. Тип коллектора – поровый. Пласты литологически не выдержаны. Большое по площади замещение коллекторов плотными породами наблюдается в пласте Бб. Зоны замещения охватывают 39 скважин. Наибольшее количество скважин с замещенными коллекторами находится на Москудьинском поднятии. Самым замещенным плотными породами из пластов яснополянского надгоризонта является пласт Тл_{2-а}. Полностью (кроме скв.900) замещены коллекторы на Москудьинском поднятии. Всего по пласту замещение наблюдается в 64 скважинах из 181. Наиболее литологически выдержанными являются коллекторы пласта Тл_{2-б}. Замещение плотными породами наблюдается лишь в 10 скважинах.

Для подсчета запасов нефти яснополянской залежи в целом по месторождению были рекомендованы следующие подсчетные параметры:

плотность пластовой нефти $0,91\text{г/см}^3$

плотность дегазированной нефти	0,922г/см ³
плотность поверхностной нефти	0,923г/см ³
газонасыщенность	14,6м ³ /т
объемный коэффициент	1,031 д.ед.
вязкость	71,13 мПа.с.

Последний подсчет запасов по Москудьинскому месторождению проведен после доразведки площадей в 1973-1976 гг. Начальные запасы нефти утверждены ГКЗ СССР (протокол № 7763 от 24.12.1976 г.) и составили: по категории С₁ – балансовые 88.782 млн.т, извлекаемые – 26.390 млн.т.

По залежи нефти яснополянского надгоризонта: по категории С₁ – балансовые 45.801 млн.т, извлекаемые – 13.740 млн.т.

Третья глава посвящена состоянию разработки, обобщению результатов применения методов воздействия на пласты и прогнозированию коэффициента нефтеизвлечения.

Первая добывающая скважина была введена в эксплуатацию в 1979 году. Начало разработки характеризуется низкими темпами ввода добывающих скважин, при этом около половины фонда находится в консервации. С 1985 по 1986 год эксплуатационный фонд скважин увеличился в два раза – с 31 до 64 скважин. Первые нагнетательные скважины пробурены в 1984 году. Однако закачка воды по ним ведется лишь с 1987 г., так как первоначально часть фонда нагнетательных скважин использовалась как добывающая, а другая находилась в освоении.

В 1998 году действующий фонд добывающих скважин составил 165 единиц, из которых 21 эксплуатируется ЭЦН и 144 ШГН. В консервации находится 18 скважин и под закачку переведено 30 скважин.

Практически весь фонд добывающих скважин обводнен, текущая обводненность достигла 74%. Среднесуточная добыча по жидкости и по нефти составляет 2492 и 663 тонн соответственно. Объем среднесуточной закачки составил 2254 м³. Заводнением охвачены центральный, южный и восточный блоки.

С 1997 по 1998 гг. объемы закачки были увеличены с 771 до 822,6 тыс.м³, действующий фонд добывающих скважин уменьшился до 165 и добыча нефти также упала с 267 до 242 тыс.т. Годовая добыча жидкости за 1998 год составила 909,5 тыс.м³, в том числе воды – 667,5 тыс.м³. Закачано же 822,6 тыс.м³ воды. По яснополянским залежам Москудьянского месторождения с начала разработки добыто 3476,2 тыс.т нефти.

Надо отметить, что ввиду плохих физико-химических свойств пластовой нефти все пласты яснополянской залежи имеют низкие гидродинамические параметры призабойных зон, кроме фазовой проницаемости для воды, большая величина которой определяется высокой вязкостью нефти.

На яснополянской залежи Москудьянского месторождения применялись гидродинамические и физико-химические методы воздействия на пласты.

Как известно, яснополянские залежи обладают достаточно сложным строением, а пластовая нефть – высокой вязкостью. При этом коэффициенты нефтеизвлечения, подсчитанные в технологических схемах разработки месторождения сегодня уже оказываются завышенными. Значение проектного коэффициента нефтеизвлечения равно 30%. Длительный период эксплуатации объекта позволил накопить достаточный объем данных для прогнозирования коэффициента нефтеизвлечения по характеристикам вытеснения.

Поэтому извлекаемые запасы, оцененные нами по характеристикам накопления, равняются 7521 тыс.т нефти, что на 6219 тыс.т ниже утвержденных ГКЗ.

В четвертой главе приведены опыты разработки месторождений высоковязких нефтей Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, рассмотрены анализ эффективности применения и геолого-статистическое моделирование биоконплексной технологии на Таймурзинском месторождении Республики Башкортостан, критериальный анализ применения методов увеличения нефтеотдачи в условиях яснополянской залежи, дано обоснование комплекса технологий интенсификации процесса нефтеизвлечения.

В Республике Татарстан методы интенсификации дебита скважин разделяются на технологии: ограничения водопритока (ТОВ), глинокислотных обработок (ГКО), углеводородных растворителей (УР), солянокислотных обработок (СКО) и применения ПАВ (ПАВ).

Вследствие разницы характеристик коллекторов тульского и бобриковского горизонтов эффективность применения на них технологий различна. Для морских тульских образований, характеризующихся большей глинистостью и карбонатностью, лучший результат показывают ГКО и СКО, а для озерно-болотных и аллювиальных бобриковских образований более приемлема ТОВ и в меньшей степени СКО. Причиной, определяющей количество и качество используемых технологий в терригенных и карбонатных коллекторах, является их эффективность, которая, в свою очередь, зависит от категории запасов – трудноизвлекаемые или активные.

Далее рассматривается эффективность применения методов повышения нефтеотдачи пластов по 14 месторождениям северо-запада Башкортостана. За период с 1990 по 1998 гг. среди методов увеличения нефтеотдачи (МУН) пластов, применяемых на рассматриваемых месторождениях, выделяются физико-химические, физические и микробиологические.

По результатам анализа можно сделать вывод, что основная доля дополнительно добытой нефти получена за счет применения физико-химических МУН, доля дополнительно добытой нефти благодаря микробиологическим МУН составляет 23%.

Продолжительное время используются микробиологические методы, причем отмечается постепенный годовой рост применения различных технологий. По физико-химическим МУН следует отметить, что основная доля дополнительной нефти получена от силикатно-щелочного воздействия. Низкочастотное виброрейсмическое воздействие применялось в 1995 и 1996 гг. От данного метода был получен достаточно высокий прирост добычи нефти.

При рассмотрении удельной технологической эффективности можно отметить, что достаточно высокие значения дополнительно добытой нефти на

скважину были получены по всем методам. Удельная технологическая эффективность, определенная как отношение дополнительно добытой нефти к объему закачанного реагента, выше по микробиологическим методам увеличения нефтеотдачи. Значительная доля дополнительной нефти получена от закачки активного ила.

В 1986 г. учеными и производственниками "Удмуртнефть" и института "РосНИПИтермнефть" создается новая ресурсосберегающая технология импульсно-дозированного теплового воздействия на пласт (ИДТВ). В процессе внедрения и дальнейшего изучения особенностей технологии ИДТВ создается более совершенная технология импульсно-дозированного теплового воздействия с паузой – ИДТВ(П). Промысловые испытания этой технологии были завершены в 1989 г.

Методы ИДТВ и ИДТВ(П) запатентованы в Комитете Российской Федерации по патентам и торговым знакам. С 1989 по 1994 гг. наряду с опытными и промышленными работами по внедрению технологий ИДТВ и ИДТВ(П) в «Удмуртнефти» проводились научные исследования по созданию технологии теплоциклического воздействия на пласт фонда добывающих скважин.

Оценочные расчеты для залежи нефти пласта А₄ башкирского яруса Гремихинского месторождения показывают, что применение технологии ТЦВП в сочетании с технологией ИДТВ(П) позволяет получить:

- в течение длительного периода разработки залежи сравнительно высокий темп выработки извлекаемых запасов нефти (3,0-4,8 %);
- стабильную, более высокую годовую добычу нефти (на 24-31 % по сравнению с другими технологиями);
- высокие уровни дебита жидкости по скважинам;
- более высокую эффективность введенного тепла в пласт.

Работы по биоконплексному воздействию проводились на Таймурзинском месторождении Республики Башкортостан. Закачка биореагента осуществлялась в восьми нагнетательных скважинах,

эксплуатирующих бобриковский горизонт. Расположение нагнетательных скважин позволило выделить 6 очагов нагнетания. В качестве реагирующих выбран первый ряд действующих добывающих скважин.

Анализ полученных геолого-статистических зависимостей показывает, что для микробиологического воздействия относительная эффективность увеличивается с увеличением коэффициента песчаности, общей толщины пласта, коэффициента нефтенасыщенности. Большое влияние на относительный эффект оказывает доля отобранной нефти от извлекаемых запасов по участку. Уменьшение значения относительного эффекта связано с вариацией обводненности и дебита нефти до комплексного биовоздействия, а также с увеличением текущего коэффициента извлечения нефти.

Согласно полученной модели абсолютный эффект, в отличие от относительного, увеличивается с ростом количества продуктивных пропластков, вскрытой толщины нефтенасыщенного пропластка и уменьшается с увеличением пористости. Зависимость абсолютного эффекта от геологических факторов логически объяснима, то есть благоприятные геологические условия достаточно сильно влияют на эффективность микробиологического воздействия. По вариации обводненности до воздействия необходимо отметить, что эффективность увеличивается с ростом ее значения.

Коэффициент вариации дебита после воздействия зависит от двух факторов: количества продуктивных пропластков и вариации дебита до воздействия.

Результаты критериального анализа применения МУН на яснополянской залежи Москудьинского месторождения показали следующее:

- повышенная вязкость нефти отбрасывает из круга рассмотрения применение композиций ПАВ, мицеллярных растворов, растворов кислот, диоксида углерода, углеводородных газов и водогазовых смесей;

- в рассматриваемых геолого-физических и физико-химических условиях пластовых систем наиболее приемлемыми методами воздействия должны были бы стать термические методы и применение полимерных систем, однако

следует отметить, что в существующей экономической реальности применение обоих видов технологий наталкивается на серьезные трудности;

- в создавшейся ситуации предпочтение следует отдавать наиболее экономичным и экологическим методам воздействия на пласты, позволяющим одновременно увеличивать конечную нефтеотдачу и снижать обводненность добываемой продукции. К таким технологиям следует отнести, прежде всего, применение биореагентов, а также осадкогелеобразующих технологий на основе вторичных минеральных ресурсов (ВМР).

В пятой главе приведены характеристика биоконплексного воздействия, методика оценки дополнительной добычи нефти и показаны результаты опытно-промышленных работ.

Разработанная в НИИнефтеотдаче (Л.Н. Загидуллиной) и внедряемая нами биотехнология основана на использовании отходов биологических очистных сооружений (БОС) АО "Каустик" г. Стерлитамака, в частности, избыточного активного ила (ИАИ) для повышения нефтеотдачи пластов.

ИАИ содержит в своем составе много ценных органических (70-90%) и неорганических (10-30%) веществ и различные классы микроорганизмов-бактерий. Хотя в составе ИАИ имеются различные вещества, их недостаточно для поддержания работоспособности бактерий, и поэтому добавление в ИАИ небольших количеств питательных веществ интенсифицирует различные окислительно-восстановительные процессы, которые способствуют увеличению нефтеотдачи.

Результаты исследования показали, что добавление полиэлектролита ВПК-402 в концентрации 300-400 мг/дм³ (при массовой доле основного вещества 34-39%) вызывает укрупнение хлопьев ила и ускоряет процесс осаждения. При этом обработанный полимером ВПК-402 ИАИ фильтруется через беззольный фильтр в 10-15 раз быстрее, чем необработанный.

Применение биоконплексной технологии при воздействии на пласт приводит к увеличению коэффициентов вытеснения и охвата, снижению обводненности добываемой продукции за счет следующих механизмов:

-селективного закупоривания (микроорганизмы предпочтительно закупоривали слой с высокой проницаемостью, при этом вытеснялась нефть. Этот результат привел к созданию гипотезы селективного закупоривания бактериями и их метаболитами слоев с высокой проницаемостью и изменения в результате этого направления потока флюидов в пласте);

-загущения вытесняющей воды (плазма бактериальной клетки обладает известной вязкостью, которая в 800-8000 раз превышает вязкость воды. Закачивание огромного количества микробиальных клеток способствует загущению пластовой вытесняющей воды, вследствие чего вязкость вытесняющей воды приближается к вытесняемой нефти, что способствует равномерному продвижению водонефтяной фазы и, следовательно, повышению нефтеотдачи);

-окислительно-восстановительных процессов (микроорганизмы используют компоненты нефти в качестве энергосубстратов, окисление нефтяных органических соединений ведет к формированию таких нефтевытесняющих агентов, как органические кислоты, спирты, биоПАВ, биополисахариды и угольная кислота, вызывающих окислительную или микробиологическую десорбцию углеводородов нефти с твердой поверхности);

-анаэробных микробиологических процессов, включающих в себя и микроаэробные (микроаэробные процессы являются промежуточным этапом между аэробным и анаэробным, и на этом промежуточном этапе водород от органического субстрата переносится на связанный кислород).

Биокомплексная технология может осуществляться в несколько циклов до истощения продуктов питания для микроорганизмов в призабойной зоне пласта и прекращения технологического эффекта.

Главным преимуществом микробиологических методов перед другими являются меньшая трудоемкость, экологическая чистота, возможность применения на малорентабельных месторождениях и низкзатратность, поскольку в основе большинства микробиологических технологий в качестве биореагентов используются различные отходы, в том числе и отходы БОС. По

эффективности нефтеизвлечения они не только не уступают физико-химическим МУН, а наоборот, превосходят их. Кроме того, закачивание ИАИ с питательными добавками не требует специального обустройства месторождения и переоборудования скважин, т.е. существующая система разработки сохраняется во время и после биообработки.

В настоящее время основным документом, регламентирующим процедуру оценки эффективности применения МУН, является РД-153-39.1-004.96 «Методическое руководство по оценке технологической эффективности применения методов увеличения нефтеотдачи». В соответствии с ним дополнительная добыча нефти, полученная за счет применения МУН, определяется как разница "базовой" и фактически достигнутой добычи нефти, полученной за анализируемый период времени на участке внедрения конкретного метода.

В общем случае выбор вида аппроксимирующей зависимости определяется целью, стоящей перед исследователем, и доступными ему математическими и техническими средствами. Задача оперативной оценки эффективности промысловых мероприятий актуальна в производственных условиях, что предопределяет исследование достаточно простых аппроксимирующих зависимостей, которые стремятся к асимптоте, отвечающей величине извлекаемых запасов.

Для конкретного участка (скважины) применение характеристики вытеснения требует уточнения применимости и расчета погрешности, иначе результаты оценки эффективности применения МУН не могут точно отражать фактический технологический эффект и даже влияют на экономическое обоснование технологического процесса.

Рассмотрим 19 скважин с различными значениями обводненности, соответствующими базовому варианту разработки месторождения. Результаты анализа расчетов характеристик вытеснения по ним представлены в таблице. Очевидно, что в скв.301 существует наибольшее отклонение и относительная погрешность превышает 50% по зависимости 1. Вместе с тем известно, что при

обводненности более 95% большинство характеристик вытеснения не применимо. Для остальных скважин относительные погрешности изменяются от 0,1 до 31%; иногда прогнозные величины были выше, чем фактические. В результате сравнения величин отклонения от зависимости 1, 2, 3 и 4, выявлено, что по характеристике 1 получена самая большая относительная погрешность, а по зависимостям 3 и 4 – относительные погрешности ниже.

**Результаты анализа применимости характеристики вытеснения
на яснополянской залежи**

Ном скв.	Фак.	Прогнозные рассчитанные погрешности абсол./относ. (т/%)						Обводнен ность %
		1	2	3	4	5	6	
206	2121	461/21,7	368/17,3	256/12,1	147/6,9	152/7,2	77/3,6	32,45
243	1386	50/3,6	35/2,5	19/1,4	-5/0,36	-4/0,29	-10/0,72	33,76
250	3454	763/22,1	616/17,8	438/12,7	342/9,9	398/11,5	273/7,9	44,48
290	1411	67/4,7	52/3,7	36/2,6	44/3,1	-14/1,0	-26/1,8	35,14
136	1561	419/26,8	335/21,5	228/14,6	183/11,7	240/15,3	169/10,8	56,72
220	2010	327/16,3	189/9,4	2/0,1	-43/2,1	-19/0,9	-209/10,4	61,66
228	3572	883/24,7	827/23,2	760/21,3	823/23,0	868/24,3	870/24,3	69,51
229	1927	158/8,2	128/6,6	94/4,9	103/5,3	58/3,0	39/2,0	61,55
235	1462	269/18,4	227/15,5	177/12,1	210/14,4	99/6,8	50/3,4	51,24
246	2693	835/31,0	668/24,8	451/16,7	326/12,1	363/13,5	152/5,6	60,14
312	2324	386/16,6	329/14,2	262/11,3	320/13,8	120/5,2	40/1,7	50,75
133	22210	3969/17,8	2442/11,0	515/2,3	-119/0,5	-519/2,3	-2772/12,5	76,21
149	966	134/13,9	87/9,0	29/3,0	28/2,9	62/6,4	39/4,0	81,98
245	1768	313/17,7	247/14,0	165/9,3	171/9,7	141/8,0	78/4,4	81,89
1265	2186	412/18,8	336/15,4	245/11,2	245/11,2	160/7,3	88/4,0	85,28
282	6052	656/10,8	278/4,6	-190/3,1	-267/4,4	-256/4,2	-702/11,6	91,79
301	508	260/51,2	232/45,7	196/38,6	191/37,59	10/19,7	-112/22,0	96,48
313	186	55/30,0	41/22,0	23/12,4	22/11,8	25/13,4	14/7,5	97,93
1245	339	39/11,5	34/10,0	27/8,0	29/8,6	11/3,2	-1/0,3	92,38
Всего	58136	54646 / 3489/6,0	57081 / 1054/1,8	59992 / -1856/3,2	61508 / -3372/5,8	56775 / 1360/2,3	58393 / -257/0,4	66,38
Средняя = 58065, абсолютная погрешность = 71т, относительная = 0,12%								

Примечание: 1 – $Q_H = A + B \cdot (1/Q_J)$; 2 – $Q_H = A + B \cdot (Q_J^{-1/2})$; 3 – $Q_H = A + B \cdot \ln Q_J$; 4 – $Q_H = A + B \cdot \ln Q_{в}$;

5 – $Q_H = A + B \cdot z + C \cdot z^2$; 6 – $Q_H = A + B \cdot s + C \cdot s^2$; $z = 1/Q_J$, $s = Q_J^{-1/2}$.

Выбор характеристики вытеснения должен осуществляться наилучшей сходимостью расчетных и фактических показателей при применении базового метода. Промысловые испытания показали, что характеристики вытеснения, как правило, являются криволинейными. Прямолинейная экстраполяция их допустима на сравнительно небольшой период.

Характеристика вытеснения из 19 скв.

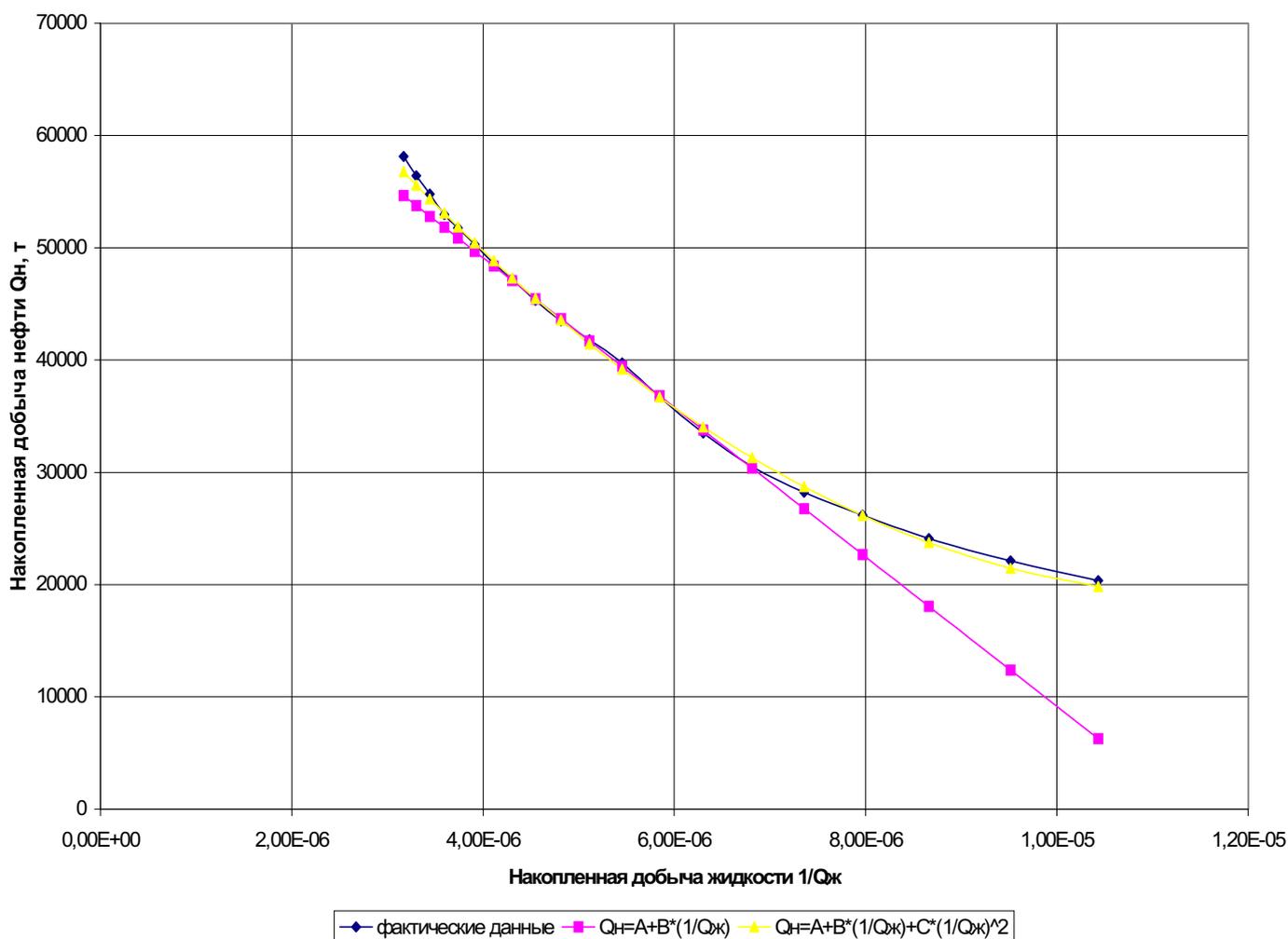


Рис. 1. Прямолинейная и криволинейная характеристики вытеснения

Нами предложено аппроксимировать интегральные характеристики вытеснения полиномом, чтобы они более точно отражали динамику заводнения.

На рис.1 представлено, что по зависимости $Q_n = A + B \cdot (Q_{ж})^{-1} + C \cdot (Q_{ж})^{-2}$ прогнозная кривая сходится с фактической лучше, чем линейная зависимость. Итак, рассмотрим вышеприведенные 19 скважин с помощью 6 зависимостей и вычислим среднюю арифметическую величину и относительную погрешность. Рис.2 и таблица показывают, что по зависимостям 5 и 6 относительные погрешности меньше, чем по зависимостям 1 и 2. Всего из 19 скважин добыто 58136 т нефти, а средняя прогнозная величина составляет 58065 т, при этом относительная погрешность равна 0,12%.

Характеристика вытеснения из 19 скважин

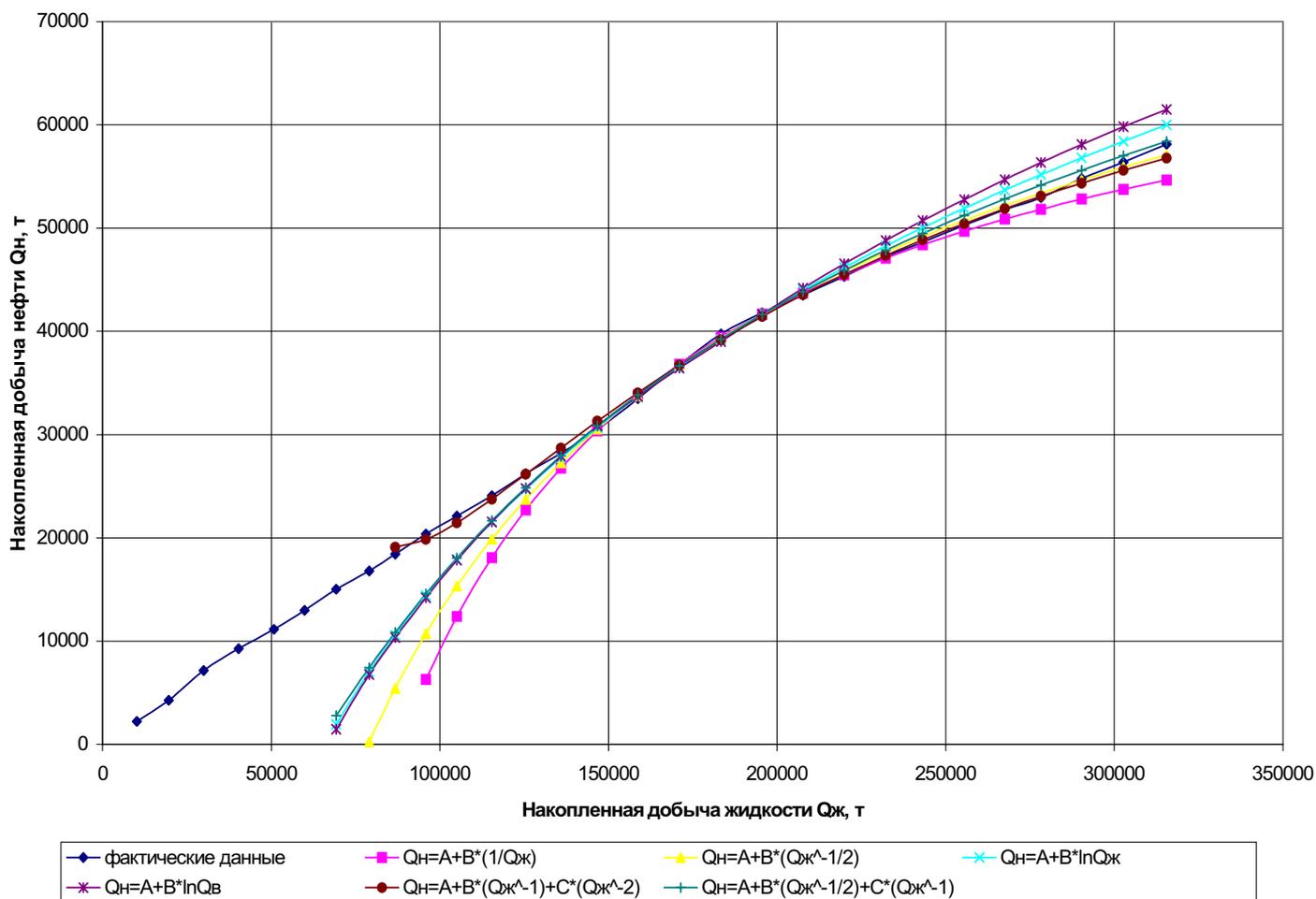


Рис.2. Схема характеристик вытеснения по разным зависимостям

Для повышения точности и достоверности определения технологической эффективности по данным зависимостям целесообразно вести расчеты по группе скважин в очаге воздействия.

Анализ кривых обводнения включает выбор интервала аппроксимации, отсеивание резко выделяющихся наблюдений, определение коэффициентов модели и оценку погрешности модели.

Результаты такого анализа показывают, что наблюдается значительное снижение обводненности по ряду реагирующих скважин. В среднем по очагу с нагнетательной скважиной №377 значение обводненности снизилось на 15 %. Наибольший эффект достигнут в добывающих скважинах №383 (обв.– 29%) и №973 (обв.– 30.3%). На 29 и 20% снизилась обводненность по реагирующим

скважинам №286 и №1254 опытного участка с нагнетательной скважиной №1252. Снижение обводненности в большинстве случаев происходит приблизительно в течение 2-6 месяцев после обработки.

Накопленная дополнительная добыча по трем очагам на 01.06.01 достигла 11048 т, что составило 17% общей добычи нефти с момента обработки биореагентом. Удельная технологическая эффективность на одну скважину-операцию составила 3683 тонн нефти. Удельный эффект на одну тонну реагента составил 175 тонн.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Месторождение приурочено к тектоно-седиментационной структуре неправильной формы субширотного простирания, осложненной несколькими поднятиями. В яснополянском надгоризонте литология трех пластов – Бб, Тл_{2-б}, Тл_{2-а} – представлена песчаниками и алевролитами. Тип коллектора – поровый, нефть – высоковязкая.

2. Залежи нефти продуктивных пропластков яснополянских отложений совпадают в плане, характеризуются сходным геологическим строением и распространением зон слияния, в связи с чем являются единым объектом разработки и эксплуатируются одной сеткой скважин. За весь период эксплуатации по объекту добыто 3476,2 тыс.т нефти или 26% от начальных извлекаемых запасов. Водонефтяной фактор достиг 1,25 м³/т, обводненность составила 74%.

3. Использование метода геологических аналогий и геолого-статистического моделирования позволяет нам утверждать, что применение биоконплексной технологии в условиях яснополянской залежи Москудьинского месторождения может увеличить прирост КИН на 2-3 пункта.

4. Для увеличения степени достоверности определения технологической эффективности методов воздействия на пласт предложено применение полиномиальной аппроксимации характеристики вытеснения "накопленная добыча жидкости (воды) – накопленная добыча нефти".

5. Результаты испытания технологии биокомплексного воздействия на пласт на яснополянской залежи Москудьинского месторождения доказывают, что применение микробиологических методов, обладающих полифункциональными свойствами воздействия на пласт, позволяют эффективно снизить обводненность продукции в 1,5-2 раза и повысить дебит нефти в 1-3 раза, а также увеличить нефтеотдачу.

Материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Чжан Х., Султанов Ш.Х., Андреев В.Е. Особенности геологического строения яснополянской залежи Москудьинского месторождения // Тезисы докладов 51-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Уфа, 23 апреля 2000г). –Уфа, 2000.
2. Чжан Х. Султанов Ш.Х., Андреев В.Е. Геолого-промысловый анализ разработки яснополянской залежи Москудьинского месторождения // Тезисы докладов 51-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Уфа, 23 апреля 2000г). –Уфа, 2000.
3. Андреев В.Е., Качин В.А., Шамсан Ш.А., Чжан Х. Классификация залежей высоковязких нефтей Пермского Приуралья // Разработка и совершенствование методов увеличения нефтеотдачи трудноизвлекаемых запасов. Проблемы и решения. –Уфа: Изд-во “Реактив”, 2000. Вып. II. –С. 53-56.
4. Чжан Х., Сиднев А.В. Сравнительный анализ разработки залежей турнейской нефти с повышенной вязкостью на примере месторождений Республики Башкортостан // Геологическая служба и горное дело Башкортостана на рубеже веков: Материалы Республиканской научно-практической конференции (Уфа, 13-14 октября 2000 года). – Уфа: Гау, 2000. – С. 446-448.
5. Чжан Х., Андреев В.Е. Анализ нефтеносности продуктивных пластов яснополянского надгоризонта Москудьинского месторождения // «Проблемы нефтедобычи Волго-Уральского региона»: Тезисы докладов V межвузовской научно-методической конференции (Октябрьский, 16-17 ноября 2000 года). - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2000. –С. 39-40.

6. Чжан Х. Андреев В.Е. Геолого-технологическое обоснование применения методов увеличения нефтеотдачи пластов яснополянской залежи Москудьянского месторождения // «Проблемы нефтедобычи Волго-Уральского региона»: Тезисы докладов V межвузовской научно-методической конференции (Октябрьский, 16-17 ноября 2000 года). -Уфа: Изд-во УГНТУ, 2000. –С. 41.
7. Чжан Х. К вопросу о состоянии разработки залежей яснополянского надгоризонта Москудьянского месторождения юга Пермской области // «Геологи XXI века»: Тезисы докладов региональной научной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов (Саратов, 26-28 марта 2001года). – Саратов: Изд-во СО ЕАГО, 2001. –С.104-105.
8. Чжан Х. Анализ технологической эффективности применения закачки полисахаридов // «Нефть и газ – 2001»: Тезисы докладов 55-й юбилейной межвузовской научной студенческой конференции (Москва, 18-20 апреля 2001 года в РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина).
9. Чжан Х., Загидуллина Л.Н., Андреев В.Е. и др. Геолого-промысловый анализ биоконплексного воздействия на яснополянской залежи Москудьянского месторождения // Методы увеличения нефтеотдачи трудноизвлекаемых запасов. Проблемы и решения. –Уфа: Изд-во "Реактив", 2001. Вып. III. –С.94-100.

Соискатель

Чжан Хуэйин