



А.М. Петраков
д-р техн. наук
действительный член РАЕН
АО «ВНИИнефть»¹
Центр гидродинамических
и физико-химических МУН
директор
ampetrakov@vniineft.ru



А.В. Фомкин
канд. техн. наук
заместитель генерального
директора
АО «ВНИИнефть»¹
office@vniineft.ru



С.А. Жданов
д-р техн. наук
профессор
АО «ВНИИнефть»
первый заместитель
генерального директора ОАО
«ВНИИнефть»



Р.Р. Раянов
канд. техн. наук
АО «ВНИИнефть»¹
Центр гидродинамических
и физико-химических МУН
руководитель направления
RRayanov@vniineft.ru



Е.Н. Байкова
канд. геол.-мин. наук
АО «ВНИИнефть»¹
Центр гидродинамических
и физико-химических
МУН
заместитель директора
Ebaikova@vniineft.ru



А.К. Подольский
АО «ВНИИнефть»¹
Центр
гидродинамических
и физико-химических
МУН
ведущий специалист
APodolskiy@vniineft.ru



М.А. Кузнецов
ОАО «СН-МНГ»²
заместитель
генерального
директора – главный
геолог
odp@mng.slavneft.ru



В.С. Никитин
ОАО «СН-МНГ»
начальник управления
разработки нефтяных
и газовый
месторождений



С.М. Ишкинов
ОАО «СН-МНГ»²
начальник отдел
по МУН и ППД
УРНГМ
IshkinovSM@
mng.slavneft.ru

Влияние науки на эффективность нефтегазового производства

¹Россия, 127422, Москва, Дмитровский проезд, 10.

² ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз», Россия, 628684, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Мегион, ул. А.М. Кузьмина, 51

В статье представлена экономическая и технологическая эффективность применения МУН по месторождениям ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз». Материалы базируются на прикладных исследованиях, направленных преимущественно на применение новых знаний и технологий

Ключевые слова: трудноизвлекаемые запасы УВС; системное воздействие на пласт; повышение нефтеотдачи; интенсификация разработки; повышение рентабельности

Вближайшие десятилетия добыча нефти и газа будет оставаться стратегической отраслью всей промышленности России, обеспечивая помимо значительных экономических гарантий стабильности бюджета, также паритет в вопросах внутренней и международной политики.

Однако в России с каждым годом увеличивается доля трудноизвлекаемых запасов нефти (ТРИЗ), и сейчас она превышает 65% от общего объема. Нефтяные компании тратят на разработку ТРИЗ в 2,2 раза больше средств, чем при работе на традиционных объектах. Скорее всего, за счет преимущественной отработки легкоизвлекаемых запасов доля «трудной» нефти в общем объеме добычи нефти России продолжит расти и к 2035 г. увеличится в 2 раза [1]. Экономика такой добычи устроена сложно: она требует внедрения как уже доступных наукоемких технологий повышения нефтеотдачи трудноизвлекаемых запасов углеводородов с целью их адаптации для российских геологических условий, так и вновь разрабатываемых технологий.

В связи с вышеперечисленным архитектура нефтяной отрасли России, да и в мире в целом, стремительно и бесповоротно меняется, взяв курс на постоянное развитие за счет оптимизации бизнес-процессов, внедрения IT-технологий и наукоемких технологий повышения нефтеотдачи трудноизвлекаемых запасов углеводородов.

Главная цель применения научных решений в реальных производственных задачах – повышение экономической рентабельности разработки нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами (в низкопроницаемых, ультранизкопроницаемых неоднородных коллекторах, в том числе с высоковязкой нефтью и т.д.) за счет внедрения новых технологий и проектных решений.

Основы технологии системного воздействия на пласт (СВП)

В АО «ВНИИнефть» имени академика А.П. Крылова на основе системного подхода разработана системная технология воздействия на пласт (СВП), которая успешно реализуется на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами (неоднородные низкопроницаемые терригенные коллектора) [2, 3, 4, 5].

Сущность системного воздействия заключается в том, что все мероприятия, как обработки призабойной зоны пласта, так и методы повышения нефтеотдачи, необходимо осуществлять с учетом имеющихся конкретных проблем и текущего состояния разработки не только мес-

торождения в целом, но и отдельных участков и даже скважин.

Целью СВП является повышение нефтеотдачи пластов, интенсификация процесса разработки, сокращение отборов попутно добываемой воды и повышение экономической рентабельности разработки месторождений.

В основу системной технологии воздействия на пласт путем обработок призабойных зон (ОПЗ) нагнетательных и добывающих скважин положены следующие принципы [6].

1. Единовременность обработок призабойной зоны пласта (ПЗП) нагнетательных и добывающих скважинах в пределах выбранного участка.

2. Массовость обработок призабойных зон скважин, т.е. обработка наибольшего количества скважин характерных участков.

3. Периодичность обработок ПЗП скважин.

4. Двухэтапность (многоэтапность) ОПЗ пласта в скважинах, вскрывающих неоднородные коллекторы.

5. Изменение направления фильтрационных потоков в пласте за счет выбора скважин под ОПЗ по заранее заданной программе.

6. Выбор технологий ОПЗ пласта под конкретные геолого-физические условия призабойных зон и месторождения в целом.

Соблюдение этих шести принципов позволяет воздействовать на нефтяной пласт посредством обработок скважин и тем самым влиять на повышение нефтеотдачи пласта, интенсификацию добычи нефти и сокращение отборов попутной воды.

Алгоритм реализации технологии системного воздействия на пласт, представленный на **рис. 1**, включает несколько основных этапов.

Первый и второй этап включают в себя диагностику состояния разработки залежи и анализ достижения потенциального дебита каждой добывающей скважины. Работа на данных этапах направлена на выявление основных причин снижения эффективности разработки, к которым относятся:

- увеличение обводненности добываемой продукции;
- низкий охват пластов вытесняющим агентом по разрезу/площади;
- недостижение потенциала по целевому забойному давлению;
- недостижение потенциала по целевому давлению закачки;
- положительный *Skin*-фактор.

Третий, четвертый и пятый этапы содержат работы по выбору участков для составления адресных программ ГТМ и МУН с прогнозом технологической и экономической эффективности.

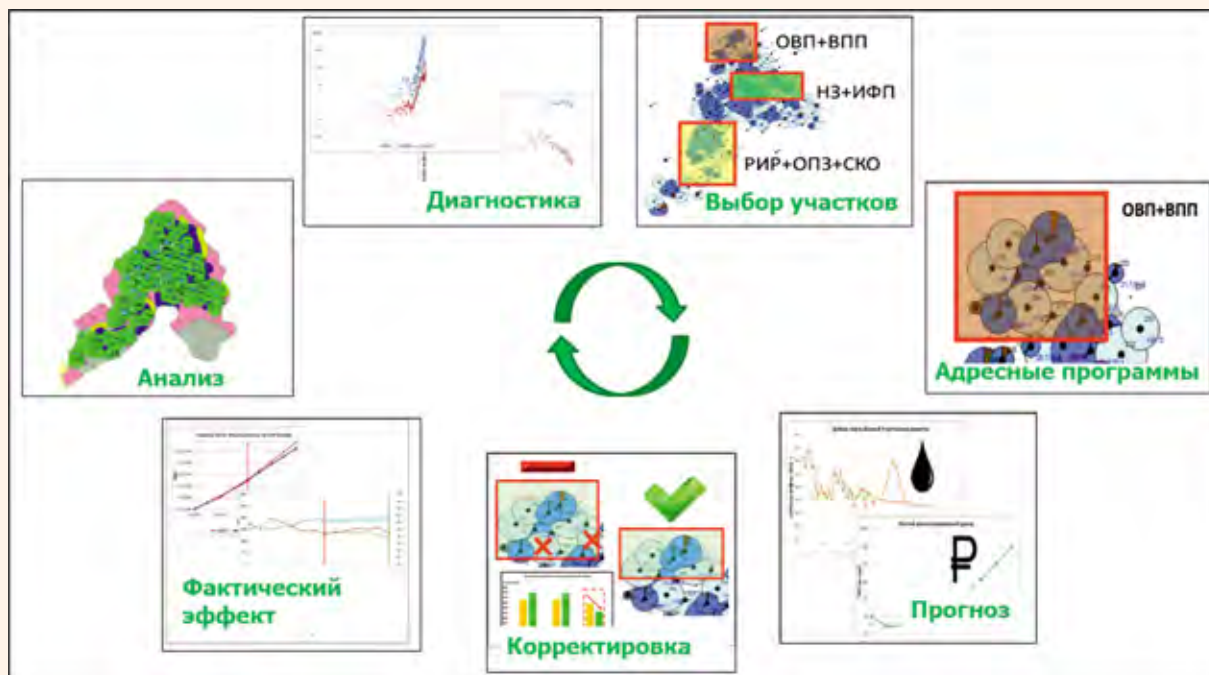


Рис. 1.
Алгоритм реализации технологии СВП

Также на данных этапах выполняется оценка, скрининг и верификация технологий в лабораторных условиях с целью исключения рисков при реализации технологии СВП.

На заключительных шестом и седьмом этапах осуществляется сопровождение, координация, мониторинг и расчет фактической эффективности выполненных работ, а также анализ полученных результатов.

Для реализации системного воздействия на пласт применяется широкая линейка технологий, которые разделены на четыре блока (табл. 1).

Эффективность технологии СВП на нефтяных месторождениях ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» за 2006–2017 гг.

Специалисты АО «ВНИИнефть» и ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» с 2006 г. реализуют внедрение новых технологий и научно-инженерную поддержку в области разработки трудноизвлекаемых запасов на базовом фонде скважин ряда месторождений с применением научных и технологических решений на основе системного подхода (технологии СВП). На ряде месторождений отмечается низкое значение отбора от НИЗ – около 66% при обводненности продукции в среднем 93% и значении ВНФ 4,2; отмечается отставание отбора запасов нефти от обводненности продукции. Текущие показатели свидетельствуют о том, что в разработке вовлечены не все запасы. Одной из причин высокой обводненности продукции скважин яв-

ляется проведение большеобъемных (более 40 т проппанта) ГРП на большинстве скважин, а также прорыв закачиваемой воды по высокопроницаемым пропласткам при резком увеличении объемов закачиваемой воды в системе ППД.

Для решения проблем с опережающим обводнением продукции скважин проводятся работы по системному воздействию на пласт в том числе: с одновременным применением технологий выравнивания профиля приемистости в нагнетательных скважинах (ВПП) и нестационарного заводнения [3, 8, 9, 10] или ограничения водопритока в добывающих скважинах (ОВП) [7].

За 12 лет в ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» с применением принципов системного подхода выполнено 1753 скв.-операций по выравниванию профиля притока, при этом использовано 27 различных технологий, также выполнены работы по нестационарному заводнению на 265 участках 13 месторождений.

В результате на участках месторождений, где были выполнены работы по системному воздействию на пласт, удалось увеличить добычу нефти на 5–20%; снизить темп обводнения на 2–7%. Дополнительная добыча нефти составила 2,3 млн т, сокращение попутно добываемой воды – 11,3 млн т, сокращение непроизводительной закачки – свыше 16 млн т. Динамика технологической эффективности представлена на рис. 2.

В результате проведения ВПП в 2017 г. на месторождениях ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз»

Технология воздействия на скважины	Технология воздействия на пласт (участок)	Работа с малодебитным и неработающим фондом	Работа с объектами системы ППД
<ul style="list-style-type: none"> – изоляция водопритоков – выравнивание профиля приёмности – интенсификация дебитов – увеличение приёмности – закачка потокоотклоняющих оторочек – оптимизация работы оборудования 	<ul style="list-style-type: none"> – циклическое воздействие – нестационарное заводнение <ul style="list-style-type: none"> – системно-адресные обработки скважин – оптимизация дебитов в системе скважин 	<ul style="list-style-type: none"> – условно-постоянный режим работы насосного оборудования – мероприятия по выводу из бездействия <ul style="list-style-type: none"> – перевод скважин в рентабельный фонд 	<ul style="list-style-type: none"> – гидравлические расчеты объектов системы ППД – оптимизация режима эксплуатации объектов системы ППД

Таблица 1.

Линейка технологий для реализации системного воздействия на пласт

наблюдается прирост начальных извлекаемых запасов (НИЗ) от 3% до 10% по участкам нагнетательных скважин, что свидетельствует о потенциале разрабатываемых объектов в связи с их высокой неоднородностью по толщине и по площади.

Расчет экономической эффективности работ по технологии СВП выполнен специалистами АО «ВНИИнефть» на основе собственных данных и исходя из сложившихся экономических показателей за период 2006–2017 гг. По данным расчетам суммарный чистый доход недропользователя за указанный период составил примерно 2,9 млрд руб. (рис. 3), в том числе за счет:

- дополнительной добычи нефти – 1,8 млрд руб.;
- сокращения отборов попутно добываемой воды – 0,7 млрд руб.;
- сокращения объемов непроизводительной закачки 0,4 млрд руб.

В целом, успешность всех промысловых работ по технологии системного воздействия составляет более 90%, что подтверждает устойчивость технологии в процессе реализации и эффективность методики взаимодействия науки и производства.

Учитывая тот факт, что доля ТриЗ нефти в структуре общего объема запасов нефти России составляет 65%, технология системного воздействия на пласт имеет перспективы применения на многих нефтяных месторождениях России.

Перспективы дальнейшего взаимодействия науки и производства

Существующая практика формирования адресных технологий для системного воздействия на пласт сопровождается большим объемом «рутинной работы» по подготовке, выгрузке и про-

Рис. 2.

Динамика эффективности технологии СВП на объектах ОАО «СН-МНГ» за период 2006–2017 гг.





Рис. 3.
Динамика экономической эффективности технологии СВП на объектах ОАО «СН-МНГ» за период 2006–2017 гг.

верке данных, обработке полученных результатов.

Кроме того, постоянная необходимость полного цикла пересчета при корректировках бизнес-плана, технологических ограничениях, формировании дополнительных программ приводят к серьезным временным тратам.

Повышение скорости расчетов по максимальному количеству этапов работы – ключевой момент, который решает проблему временных затрат, тем самым позволяет сокращать сроки выполнения поставленных задач. Единственный способ, позволяющий сократить временные затраты для выбора адресных технологий, без повышения риска возникновения ошибок из-за влияния человеческого фактора – использование компьютерных алгоритмов – специализированной программы.

Накопленный специалистами АО «ВНИИнефть» опыт, а также тенденция к цифровизации процессов нефтедобычи предопределили создание собственного программного обеспечения как основного инструмента для решения ряда производственных задач в режиме реального времени.

В АО «ВНИИнефть» разработано программное обеспечение (ПО «СВП») с использованием алгоритма автоматизации полного спектра работ по адресному подбору участков (скважин) – кандидатов под ГТМ и МУН. Программа работает по разработанной и запатентованной методике по следующей концептуальной схеме:

- подготовка и конвертация исходных данных;

- поиск перспективных для ГТМ и МУН геологически благоприятных районов по комплексному параметру;

- диагностика состояния разработки и выявление ключевых проблем с применением диагностических графиков и анализа достижения потенциального дебита адресно по каждой скважине;

- подбор адресных технологий воздействия на скважины и/или проблемные участки пласта;
- формирование адресной программы ГТМ и МУН на основе компьютерных алгоритмов совместимости пары «Причина проблемы – технология»;

- оценка экономической эффективности адресной программы.

В настоящее время в ПО «СВП» подготовлен и проходит тестирование блок формирования программ ВПП, целью которого является проверка между уже проведенными операциями МУН, выбранными вручную, и этими же операциями, но выбранными по алгоритмам ПО «СВП».

Данное программное обеспечение, обладая высокой вычислительной мощностью, позволяет подбирать скважины-кандидаты ВПП в максимально сжатые сроки вне зависимости от количества скважин и размеров месторождения. По результатам первых тестирований ПО «СВП» сокращение затрат составило 35%, при дальнейшей отладке процессов это показатель увеличится.

ПО «СВП» позволяет по каждой нагнетательной скважине выделить советующие участки с выбором реагирующих скважин и распределением процента реагирования. По каждому участку высчитывается прогнозная базовая добыча

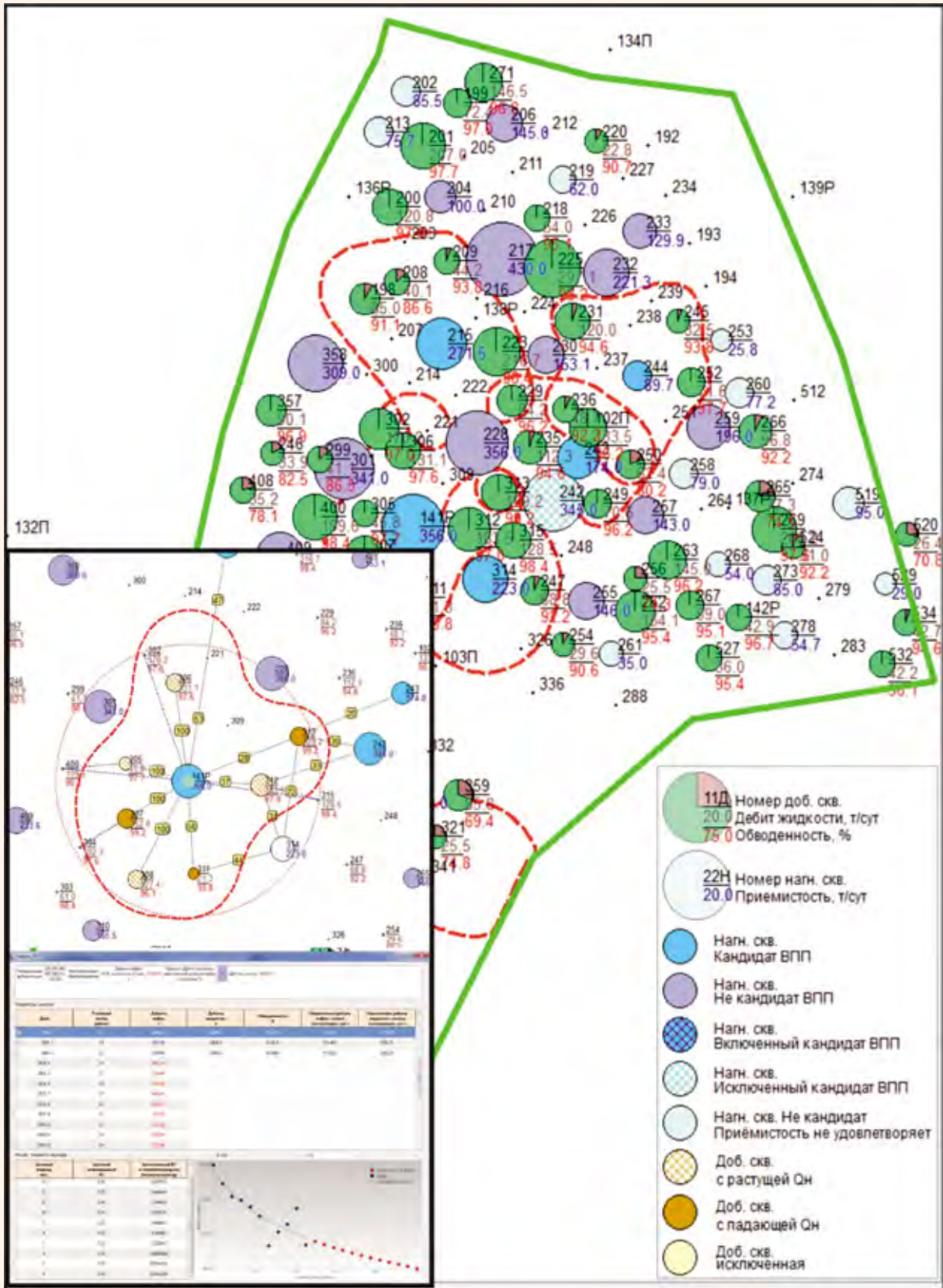


Рис. 4. Фрагмент ПО «СВП». Формирование адресной программы ВПП

и дополнительная добыча нефти. В конечной счете, специалист получает готовую программу работ по ВПП для последующей экспертной оценки (рис. 4).

Выводы

Текущий вектор развития нефтяной промышленности направлен на повышение эффективности и рентабельности разработки месторождений путём создания и внедрения как новых передовых технологий, так и улучшения ранее разработанных технологий и методик, а также устойчивость к возникающим негативным факторам в процессе реализации.

Применение научных решений к реальным производственным задачам – это ключ к эффективности проектов МУН. Так, реализация системной технологии воздействия на пласт (СВП) на месторождениях ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» с неоднородными низкопроницаемыми терригенными коллекторами с 2006 г. доказала свою технологическую и экономическую эффективность.

Дополнительная добыча нефти за это время на базовом фонде скважин составила

2,3 млн т, сокращение отборов попутно добываемой воды 11,3 млн т и сокращение непроизводительной закачки 16,2 млн т. Помимо этого, стоит отметить ежегодный прирост НИЗ от проведения методов, направленных на увеличение нефтеотдачи. Только по участкам нагнетательных скважин, обработанным в 2017 г., прирост НИЗ составил 1,2 млн т.

Накопленный теоретический и практический опыт работы в области методов увеличения нефтеотдачи позволил специалистам АО «ВНИИнефть» разработать программное обеспечение (ПО «СВП») с полным спектром работ по подбору участков (скважин) – кандидатов под ГТМ и МУН. Данное программное обеспечение является актуальным, перспективным и востребованным инструментом, который увеличит потенциал добычи по месторождению (участку) за счет снижения временных затрат на подбор скважин-кандидатов; минимизации влияния человеческого фактора; автоматизации диагностики проблем разработки, выбора участков и составления программ СВП; учёта полного набора факторов взаимовлияния; принятия решений на основе анализа электронного банка данных. ❊

Литература

1. Минэнерго: К 2035 году добыча «трудной» нефти в России увеличится более чем в два раза. Интервью заместителя министра энергетики РФ. Доступно на: <https://rg.ru/2017/12/12/minenergo-v-rf-k-2035-godu-udvoe-uvlechitsia-dobycha-trudnoj-nefti.html> (обращение 08.06.2019).
2. Гумерский Х.Х., Горбунов А.Т., Жданов С.А., Петраков А.М. Повышение нефтеотдачи пластов с применением системной технологии // Нефтяное хозяйство. 2000. № 12. С. 12–15.
3. Жданов С.А., Крянев Д.Ю., Петраков А.М. Системная технология воздействия на пласт // Нефтяное хозяйство. 2006. № 5. С. 84–86.
4. Патент РФ на изобретение № 2513787. Способ разработки нефтяной залежи на основе системно-адресного воздействия. Доступно на: <http://allpatents.ru/patent/2513787.html> (обращение 08.06.2019).
5. РД 39-0147035-254-88Р «Руководство по применению системной технологии воздействия на нефтяные пласты месторождений Главтюменнефтегаза». Москва-Тюмень-Нижневартовск. 1988. 236 с.
6. Петраков А.М. Научно-методические основы применения технологий адресного воздействия для повышения эффективности разработки трудноизвлекаемых запасов нефти (на примере месторождений Западной Сибири): дисс. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук: 25.00.17, ОАО «ВНИИнефть имени академика А.П. Крылова». М. 2010. 263 с.
7. Фомкин А.В., Гришин П.А., Петраков А.М., Раянов Р.Р., Байкова Е.Н., Подольский А.К., Кузнецов М.А., Ишкинов С.М., Кузнецова Т.И. Результаты применения технологии системного воздействия на пласт ЮВ₁¹ Аригольского месторождения // Недропользование XXI век. 2018. № 3. С. 78–84.
8. Крянев Д.Ю., Петраков А.М., Шульев Ю.В., Билинчук А.В. Результаты применения нестационарного заводнения на месторождениях ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» // Нефтяное хозяйство. 2007. № 1. С. 54–57.
9. Крянев Д.Ю., Петраков А.М., Минаков И.И., Рогова Т.С. Разработка и использование методики критериального выбора объектов для реализации нестационарного заводнения // Вестник ЦКР. 2007. № 1. С. 28–34.
10. Крянев Д.Ю., Петраков А.М., Минаков И.И., Рогова Т.С. Повышение эффективности разработки нефтяных месторождений на поздней стадии эксплуатации // Сб. науч. тр. ВНИИнефть. 207. Вып. 136. С. 6–19.

UDC 622.276.6

A.M. Petrakov, Doctor of Technical Sciences, full member of the Russian Academy of Natural Sciences, Director of Center for hydrodynamic and physico-chemical methods for increasing oil recovery VNIIneft JSC¹, ampetrakov@vniineft.ru

A.V. Fomkin, PhD, Deputy General Director of VNIIneft JSC¹, office@vniineft.ru

S.A. Zhdanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, First Deputy General Director of VNIIneft OJSC.

R.R. Rayanov, PhD, Domain Leader of Center for hydrodynamic and physico-chemical methods for increasing oil recovery VNIIneft JSC¹, RRayanov@vniineft.ru

E.N. Baikova, PhD, Deputy Director of Center for hydrodynamic and physico-chemical methods for increasing oil recovery VNIIneft JSC¹

A.K. Podolsky, Leading Specialist of Center for hydrodynamic and physico-chemical methods for increasing oil recovery VNIIneft JSC¹

M.A. Kuznezov, Deputy Director General – Chief Geologist of OJSC SN–MNG², odp@mng.slavneft.ru

V.S. Nikitin, Head of Oil and Gas Field Development

S.M. Ishkinov, Head of Department EOR and FPM of OJSC SN–MNG², IshkinovSM@mng.slavneft.ru

¹10, Dmitrovsky proezd, Moscow, 127422, Russia.

²OJSC Slavneft–Megionneftegaz. 51, Kuzmin str., Khanty–Mansi Autonomous Area – Yugra, 628684, Russia.

Impact of science on oil and gas production efficiency

Abstract. Basing on the systems approach, a consistent technology of reservoir stimulation (SVP) is developed in A.P. Krylov Russian Oil and Gas Research Institute. This technology is successfully implemented in the fields containing difficult-to-recover reserves (heterogeneous low-permeable terrigenous reservoirs). The essence of system treatment is in the fact that all the measures, both near-bottomhole treatment and EOR methods should be implemented taking into account the existing specific problems and the current state of development of not only the field as a whole, but also individual areas and even wells. The aim of the SVP is to improve oil recovery, stimulate the development process, reduce the production of formation water and increase the economic efficiency of field development. In general, the success of all field operations associated with the technology of consistent stimulation is exceeding 90%, which confirms stability of the technology in the course of implementation and effectiveness of interaction between science and production operations. Taking into account the fact that the share of difficult-to-recover oil in the structure of the total amount of Russian oil reserves is 65%, the technology of consistent reservoir stimulation has prospects for use in many oil fields in Russia. Since 2006, implementation of the consistent technology of reservoir stimulation (SVP) in Slavneft–Megionneftegaz fields with heterogeneous low-permeable terrigenous reservoirs has proved its technological and economic efficiency. Incremental oil production during this period made 2.3 MM t, reduction of formation water production – 11.3 MM t, and reduction of inefficient injection – 16.2 MM t. In addition, it is worth noting the annual growth of initial recoverable reserves due to application of methods aimed at increasing oil recovery. Only sections of injection wells treated in 2017 showed an initial recoverable reserves increase of 1.2 MM tons.

Keywords: difficult-to-recover reserves; hydrocarbons; consistent reservoir treatment; EOR; IOR; improving profitability

References

1. *Minenergo: K 2035 godu dobycha "trudnoy" nefti v Rossii uvelichitsya boleye chem v dva raza. Interv'yu zamestitelya ministra energetiki RF* [The Ministry of Energy: By 2035, the production of "difficult" oil in Russia will more than double. Interview of the Deputy Minister of Energy of the Russian Federation]. Available at: <https://rg.ru/2017/12/12/minenergo-v-rf-k-2035-godu-vdvoe-uvelichitsya-dobycha-trudnoj-nefti.html> (accessed 8 June 2019).
2. Gumerskiy K.H., Gorbunov A.T., Zhdanov S.A., Petrakov A.M. *Povysheniye nefteotdachi plastov s primeneniye sistemnoy tekhnologii* [Increased oil recovery using system technology]. *Neftyanoye khozyaystvo* [Oil industry], 2000, no. 12, pp. 12–15.
3. Zhdanov S.A., Kryanev D.YU., Petrakov A.M. *Sistemnaya tekhnologiya vozdeystviya na plast* [System technology impact on the reservoir]. *Neftyanoye khozyaystvo* [Oil industry], 2006, no. 5, pp. 84–86.
4. *Patent RF na izobreteniye № 2513787. Sposob razrabotki neftyanoy zalezhi na osnove sistemno-adresnogo vozdeystviya* [RF patent for invention No. 2513787. Method for developing oil deposits based on system-targeted impact]. Available at: <http://allpatents.ru/patent/2513787.html> (accessed 8 June 2019).
5. *RD 39-0147035-254-88R «Rukovodstvo po primeneniyu sistemnoy tekhnologii vozdeystviya na neftyanyye plasty mestorozhdeniy Glavtyumenneftegaza»* [RD 39-0147035-254-88R "Guidelines for the application of system technology impact on oil reservoirs of Glavtyumenneftegaz"]. Moscow – Tyumen – Nizhnevartovsk, 1988, 236 p.
6. Petrakov A.M. *Nauchno-metodicheskiye osnovy primeneniya tekhnologiy adresnogo vozdeystviya dlya povysheniya effektivnosti razrabotki trudnoizvlekayemykh zasposov nefti (na primere mestorozhdeniy Zapadnoy Sibiri)* [Scientific and methodological foundations of the application of technologies of targeted exposure to improve the development of hard-to-recover oil reserves (using the example of fields in Western Siberia)]. Thesis for the degree of doctor of technical sciences: 25.00.17, VNIIneft named after academician A.P. Krylov. Moscow, 2010, 263 p.
7. Fomkin A.V., Grishin P.A., Petrakov A.M., Rayanov R.R., Baikova Ye.N., Podolskiy A.K., Kuznetsov M.A., Ishkinov S.M., Kuznetsova T.I. *Rezultaty primeneniya tekhnologii sistemnogo vozdeystviya na plast YUV11 Arigol'skogo mestorozhdeniya* [The results of applying the technology of systemic impact on the YuV11 reservoir of the Arigolsky field]. *Nedropol'zovaniye XXI vek* [Subsoil Use XXI Century], 2018, no. 3, pp. 78–84.
8. Kryanev D.YU., Petrakov A.M., Shul'yev YU.V., Bilinchuk A.V. *Rezultaty primeneniya nestatsionarnogo zavodneniya na mestorozhdeniyakh OAO «Slavneft–Megionneftegaz»* [The results of the use of non-stationary waterflooding in the fields of OJSC "Slavneft–Megionneftegaz"]. *Neftyanoye khozyaystvo* [Oil industry], 2007, no. 1, pp. 54–57.
9. Kryanev D.YU., Petrakov A.M., Minakov I.I., Rogova T.S. *Razrabotka i ispol'zovaniye metodiki kriterial'nogo vybora ob'yektov dlya realizatsii nestatsionarnogo zavodneniya* [Development and use of methods for the criterion selection of objects for the implementation of non-stationary flooding]. *Vestnik TSKR* [Herald CDC], 2007, no. 1, pp. 28–34.
10. Kryanev D.YU., Petrakov A.M., Minakov I.I., Rogova T.S. *Povysheniye effektivnosti razrabotki neftyanykh mestorozhdeniy na pozdney stadii ekspluatatsii* [Improving the efficiency of oil field development at a late stage of operation]. *Sb. nauch. tr. VNIIneft'* [Collection of research papers VNIIneft], 207, issue 136, pp. 6–19.