

Добыча первичных природных ресурсов

УДК 622.276

М. Б. Полозов, Д. М. Аль-Румаима

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАБОТКИ ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ НА ПОЗДНИХ СТАДИЯХ РАЗРАБОТКИ

Аннотация. Выявление продуктивных пластов и участков залежи с невыработанными запасами углеводородов является одной из главных проблем как на длительно разрабатываемых, так и на новых месторождениях. Определение участков с остаточными извлекаемыми запасами способствует повышению коэффициента извлечения нефти и газа. Увеличение последнего даже на первые единицы процентов в ряде крупных месторождений равносильно открытию новой залежи. Поэтому задача изучения распределения текущих или остаточных запасов нефти приобретает особую актуальность именно на поздних этапах разработки. В настоящее время доля остаточных запасов нефти, приуроченных к низкопроницаемым неоднородным коллекторам, растет. Основной проблемой нефтедобывающей компании, разрабатывающей нефтяные месторождения, является повышение степени выработанности запасов, увеличение нефтеотдачи пластов, находящихся на завершающей стадии разработки, и уменьшение остаточных запасов нефти особенно в сложных горно-геологических условиях.

Ключевые слова: методы увеличения нефтеотдачи (МУН), фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС), резка боковых стволов (ЗБС).

Для цитирования: Полозов М. Б., Аль-Румаима Д. М. Повышение эффективности выработки остаточных запасов на поздних стадиях разработки // Управление техносферой: электрон. журнал. 2018. Т.1. Вып. 3. URL: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>

Актуальность

Значительная часть нефтяных месторождений России находится на поздней стадии эксплуатации, которая характеризуется не только значительным ростом обводненности продукции и неуклонным падением продуктивности скважин, но также фактической утратой геофизического и промыслового контроля за разработкой, отсутствием достоверной информации о зональном и послойном положении и конфигурации нефте- и водонасыщенных полей в пределах продуктивных коллекторов.

Интенсивная эксплуатация большинства нефтегазовых месторождений, особенно на поздней стадии разработки, когда стали широко применяться

различные третичные методы увеличения нефтеотдачи (МУН), привела к необратимому перераспределению и реструктуризации запасов, при этом доля трудноизвлекаемых из них существенно возросла и достигла на большинстве месторождений 70 – 80 % от величины остаточных запасов, что является очень негативным моментом, отражающимся на общем процессе управления такими техногенными процессами, как разработка и эксплуатация месторождений углеводородов. Таким образом, формирование адекватных к техносфере процессов управления добычей углеводородного сырья на поздних стадиях разработки является актуальной задачей в настоящее время.

Обсуждение

Попытки повысить коэффициент извлечения остаточных запасов нефти путем широкомасштабного применения различных третичных методов носят, как правило, бессистемный характер, поскольку не опираются на достоверные данные об анизотропии фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) слоисто-построенных коллекторов, знания об их структурной микро- и макронеоднородности. По этой причине технологическая, и, соответственно, экономическая эффективность большинства наиболее популярных в настоящее время МУН не велики.

Совершенно очевидно, что решение этой проблемы невозможно без привлечения современных, информационных технологий, оперирующих геологическими, промысловыми, петрофизическими и геофизическими информационными пространствами с широким привлечением приемов обработки на основе многофакторного корреляционного, регрессионного и статистического анализов.

Совершенствование методов подсчета остаточных запасов является весьма актуальным вопросом на современном этапе развития нефтедобывающей промышленности. От точности оценок и знания характера распределения остаточных запасов в значительной степени зависит стратегия извлечения запасов и эффективность использования капитальных вложений на

обустройство и доработку месторождений. В основном все существующие методики оценки остаточных запасов основаны на определении либо текущей нефтенасыщенности, либо остаточных запасов по характеристикам вытеснения, и, практически, ни в одной методике не учитывается влияние геологической неоднородности на выработку запасов, особенно на многопластовых, сильно расчлененных объектах. Многопластовость, как и изменчивость свойств (неоднородность), оказывает существенное влияние на процесс выработки запасов нефти. Экономические показатели разработки месторождений очень часто оказываются на грани рентабельности, поскольку не учитывается негативное влияние фактора многопластовости на длительно эксплуатирующихся объектах. Необходимым условием для контроля за выработкой запасов месторождений является контроль за текущей нефтенасыщенностью. Однако, использование даже современных дорогостоящих геофизических методов за контролем не всегда позволяет точно оценить текущую нефтенасыщенность.

Недостаточная надежность информации о текущей нефтенасыщенности разрабатываемых пластов обуславливается следующими факторами [9].

Во-первых, отсутствуют прямые методы контроля за текущей нефтенасыщенностью в перфорированных пластах, обводняющихся нагнетаемой водой малой минерализации. Использование метода СО-каротажа в этом случае не всегда оправдано ввиду его большой дороговизны.

Во-вторых, приборы, позволяющие оценивать охват пластов выработкой, обладают недостаточной чувствительностью, конструктивно несовершенны.

Наконец, информация о текущей насыщенности пластов искажается наличием перетоков нефти от участков пласта перед фронтом вытеснения к участкам более удаленным, центральным. В этих условиях для решения задачи о распределении текущих запасов нефти целесообразно применять комплекс методов с учетом специфики разрабатываемого объекта.

Непосредственное определение текущей нефтенасыщенности

коллекторов способно дать наиболее объективную оценку в том случае, если инструментальные исследования производятся в максимальном количестве с учетом их рационального выбора по площади залежи. В связи с отмеченными трудностями получения информации о распределении текущих запасов нефти по площади и по толщине коллектора предпринимается немало попыток разработки методов оценки насыщенности пласта для конкретных геолого-физических условий [10].

Известно, что и в настоящее время при подсчете запасов и проектировании разработки залежей нефти и газа вопросам детального изучения их геологического строения уделяется еще недостаточное внимание. Разведка месторождений ведется в соответствии с классическими принципами, предусматривающими изучение технологических условий залегания нефти или газа и оценку средних значений параметров коллекторов. Вместе с тем опыт показал, что по большинству месторождений накопление и обобщение геологических материалов, поступающих при разбуривании залежей по эксплуатационной сетке, приводят к необходимости внесения существенных изменений в ранее сложившиеся представления о строении залежей, пересчету запасов и пересмотру (или существенному корректированию) запроектированной системы разработки.

В этой связи применение компьютерного моделирования и обработки данных с помощью многофакторного корреляционного и регрессионного анализов позволяет в условиях недостатка и противоречивости информации выявить факторы, оказывающие влияние на выработку запасов нефти из пласта, и разработать мероприятия по их доизвлечению.

В связи с падением эффективности разработки, как и на Савуйском месторождении, которое связано в основном с истощением разрабатываемых запасов, ростом количества малодебитных и высоко-обводненных скважин, остается большой объем остаточных запасов в различных участках залежей, не вовлечённых в разработку. Решение таких проблем требует больших

материальных и финансовых затрат (прежде всего на капитальный ремонт), но для того, чтобы окупались наши затраты объемами добываемой нефти, требуется обосновать технологию, которая позволит отрабатывать остаточные запасы технологически эффективно и экономически выгодно [6].

В основном повышение эффективности разработки месторождения – сложная проблема, для решения которой используется опыт, накопленный во всех областях нефтепромыслового дела. Увеличение нефтеотдачи происходит путем обеспечения большей площади контакта продуктивного пласта со стволом скважины или большого захвата за счет применения гидродинамических методов. Также можно повысить эффективность разработки путем правильной расстановки скважин на залежи с учетом геологического строения пласта. Но со вступлением месторождений в позднюю стадию разработки удельный вес малодебитных нефтяных скважин в общем фонде, по мере истощения энергетических ресурсов залежей разрабатываемых месторождений и отрицательной динамике воспроизводства запасов, становится преобладающим.

Исследование в области увеличения нефтеотдачи пластов устремлены на уменьшение остаточных запасов нефти и на извлечение экономически рентабельной их части, особенно в сложных геологических условиях (малопроницаемые, неоднородные, расчлененные, заводненные пласты, карбонатные коллекторы, нефтегазовые залежи и т.д.), которые освоенными методами разрабатываются неэффективно [4].

Проблемами разработки залежи БС₁₀ Савуйского газонефтяного месторождения являются большой объем остаточных извлекаемых запасов нефти и большой фонд низкодебитных и бездействующих скважин (около 10% от общего фонда скважин).

Прежде чем обосновать технологию доизвлечения остаточных запасов, необходимо определить местоположение остаточных запасов, зон обводнения и т.д. на основе детального анализа геолого-промысловой информации.

В настоящее время из известных и промышленно испытываемых методов увеличения нефтеотдачи пластов для этой категории запасов пригодны несколько принципиальных методов, которые можно указать в порядке изученности и готовности их для применения:

- циклическое заводнение;
- технические методы (зарезка боковых стволов);
- закачка поверхностно-активных веществ (ПАВ);
- потокоотклоняющие технологии.

Все методы извлечения остаточной нефти после заводнения могут применяться в виде различных модификаций. Они сопровождаются сложнейшими физико-химическими, газодинамическими, микробиологическими, сейсмическими процессами, что требует широких всесторонних исследований методов и их промысловых испытаний, прежде чем их промышленно применять.

Технический метод повышения нефтеотдачи направлен на восстановление низкодебитных и бездействующих скважин и вовлечение в разработку недренируемых запасов. Проблемами разработки нефтяных и газовых месторождений в заключительной стадии разработки месторождения являются снижение энергетического потенциала (давление), вызывающее обводнение скважин, вынос механических примесей, моральный и физический износ промыслового оборудования, увеличение бездействующего и низкодебитного фонда скважин [3].

Такие проблемы являются основной причиной увеличения затрат на КРС, что в итоге ведет к существенному росту себестоимости добычи нефти.

Поддержание уровня добычи нефти на завершающей стадии за счет выработки остаточных запасов считается одной из сложных проблем, стоящих перед разработкой. Для решения таких проблем требуются новые технологии, и значительные дополнительные средства. Одним из таких перспективных технологических решений, позволяющих снижать падение добычи нефти на

месторождениях, существенно увеличить КИН из пластов и возвращать в эксплуатацию нефтяные скважины, является зарезка боковых стволов из существующего низкодебитного и простаивающего фонда скважин.

Зарезка боковых стволов технико-экономически превосходит бурение новых скважин за счёт меньшей стоимости реализации и последующей эксплуатации с использованием существующей системы сбора, транспорта, коммуникаций на месторождении, именно на период падающей стадии, где геолого-технические условия разработки ограничивают применение других технологий интенсификации нефтедобычи.

На Савуйском газонефтяном месторождении из всех методов доизвлечения остаточных запасов нашла широкое применение метод зарезки боковых стволов горизонтальным окончанием.

Зарезка боковых с горизонтальным окончанием или наклонно направленных стволов является наиболее эффективным методом по повышению эффективности разработки пластов во время проведения капитального ремонта бездействующих аварийных, обводненных и первоначально малодебитных скважин, и именно на завершающей стадии разработки он является наиболее эффективной технологией доизвлечения остаточных запасов [1, 2].

Решение о конверсии добывающей скважины в разветвленную с горизонтальным одним или несколькими стволами в интервале продуктивной части залежи нефти принимается обычно на поздней стадии разработки месторождения, когда эксплуатация ее становится нерентабельной, но в разрезе эксплуатируемого пласта имеются пропластки с невыработанным запасом нефти.

При этом ставится главная задача: избавиться от высокой обводненности скважины и повысить нефтеизвлечение за счет более тщательного изучения остаточных запасов, наличия невыработанных участков залежи и других условий.

Кроме перечисленных выше требований к выбору вертикальных скважин для зарезки боковых стволов требуется тщательное изучение самой конструкции скважины и ее состояния для оценки возможного осуществления запланированных мероприятий. Исследуется качество крепления скважины на герметичность заколонного пространства. При наличии заколонных перетоков, источников обводнения и др. неисправностей принимается решение о проведении ремонтных работ или отказе от намеченных мероприятий по зарезке второго ствола.

Выводы

Общая тенденция развития технико-технологического оснащения любого процесса такова, что в определенный момент времени имеющиеся технологии не способны обеспечивать задаваемый уровень технической эффективности любого процесса, и в то же время в общей структуре производственного процесса начинают преобладать тенденции, связанные с постепенным ухудшением качества исходного сырья.

Формирование механизма управления процессом извлечения трудноизвлекаемых запасов нефти в современный период является приоритетным направлением развития, поскольку существующие тенденции функционирования нефтяного комплекса ведут к тому, что в общем количестве добываемой углеводородной продукции увеличивается доля «тяжёлой» нефти. В этой связи можно сказать, что зарезка боковых стволов с горизонтальным окончанием является эффективной технологией для формирования механизма управления процессом извлечения углеводородов, особенно на последних стадиях разработки месторождений, необходимой для достижения проектного КИН и также восстановления фонда низкодебитных и бездействующих скважин (около 10% от общего фонда скважин).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Востриков А. Ю. Дополнения к проекту разработки Савуйского месторождения (протокол ТО ЦКР Роснедра по ХМАО–Югре от 15.07.2008 №1076). Тюмень «СургутНИПИнефть», 2012. 1345 с.
2. Сургучев М.П., Горбунов А.Г., Забрадин Д.П. Методы извлечения остаточной нефти. М.: Недра, 1991. 347 с.
3. Летичевский А.Е., Бадамшин Р.Р., Кукушкина О.А. Оптимизация длины горизонтальной скважины // Научно-технический вестник ОАО НК Роснефть. 2011. Вып. 25. С. 26–30.
4. Мухаметшина Р.Ю. Обоснование длины проектных горизонтальных скважин с учетом опыта эксплуатации существующих скважин на примере Энтельской площади Мамонтовского месторождения / Р.Ю. Мухаметшина, В.А. Еличев, А.А. Гусманов, Т.С. Усманов, Л.Н. Барина, С.И. Спивак, О.В. Буков, А.Г. Пасынков // Нефтегазовое дело. 2005. Т. 3. С. 179–184.
5. Рузин Л.М., Морозюк О. А. Методы повышения нефтеотдачи пластов (теория и практика): учеб.пособие. Ухта: УГТУ, 2014. 127 с.
6. Розанова Е.П. Беляев С.С., Иванов М.В. Микробиологические методы повышения нефтеотдачи пластов // Обзор. инф. сер.: Нефтепромысловое дело. М.: ВНИИОЭНГ, 1987. 42 с.
7. О таможенном тарифе: федер. закон РФ от 21.05.1993 N 5003-1 (с изм. и доп. от 24.11.2014). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант». Источник: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=171318>
8. Хусаинов А.Т. Математическое моделирование процессов нефтедобычи на основе нейронных сетей. Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. 163 с.
9. Шенбергер В. М., Зозуля Г.П., Гейхман М.Г. Техника и технология строительства боковых стволов в нефтяных и газовых скважин: учеб. пособие для вузов. Тюмень: ТюмГНГУ, 2006. 574 с.
10. Шенбергер В. М., Кулябин Г. А. Проектирование профилей наклонно-направленных, пологих и горизонтальных скважин и расчет усилий на буровом крюке: учеб. пособие для вузов. Тюмень: изд-во «Вектор БУК», 2003. 85 с.

Поступила в редакцию 15.09.2018

Сведения об авторах

Полозов Михаил Брониславович

к.б.н., доцент каф. РЭНГМ., Институт нефти и газа им. М.С. Гущериева

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

426000, Ижевск, ул. Университетская 1, к. 7.

8-919-9112460

E-mail: michael999@inbox.ru

Аль-Румаима Дийа Мохаммед Али Абдулла

студент 2 курса магистратуры, Институт нефти и газа им. М.С. Гущериева

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

426000, Ижевск, ул. Университетская 1, к. 7.

7 (982) 816-56-75

E-mail: alrumaima@mail.ru.

M. B. Polozov, D. M. Al-Rumaima

**THE IMPROVING THE EFFICIENCY OF PRODUCTION OF REMAINING RESERVES
AT THE LATER STAGES OF DEVELOPMENT**

Annotation. Identification of productive formations and sites deposits with undeveloped hydrocarbon reserves is one of the main problems for a long time developed and new fields. The definition of areas with residual recoverable reserves of enhances oil recovery and gas. The increase of the latter even for the first few percent in a number of large deposits is equivalent to the discovery of a new deposit. Therefore, the task of studying the distribution of current or residual oil reserves becomes particularly relevant at the later stages of development.

At present, the share of residual oil reserves associated with low-permeable heterogeneous reservoirs is growing. The main problem facing the oil producing companies developing oil fields is to increase the degree of depletion of reserves, increase oil recovery at the final stage of development, and reduce residual oil reserves, especially in complex mining and geological conditions.

Keywords: methods of increasing oil recovery (EOR), filer-and-capacitive properties (FES), sidetracking (WBC).

For citation: Polozov M. B., Al-Rumaima D. M. [The improving the efficiency of production of remaining reserves at the later stages of development], *Upravlenie texnosferoj*, 2018, vol. 1, iss. 3. (in Russ.) Available at: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>

REFERENCES

1. Vostrikov A. Yu. [Supplements to the project for the development of the Savuyskoye field (TS of the TsKR Rosnedra field in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug] *Dopolneniya k proektu razrabotki Savujskogo mestorozhdeniya (protokol TO CzKR Rosnedra po XMAO–Yugre ot 15.07.2008 №1076)*, Tyumen «SurgutNIPIneft», 2012, 1345 p. (in Russ.).
2. Surguchev M.P., Gorbunov A.G., Zabradin D.P. *Metody` izvlecheniya ostatocnoj nefti*, [Methods for the extraction of residual oil], Moscow: Nedra, 1991, 347 p. (in Russ.).
3. Letichevsky A.E., Badamshin R.R., Kukushkina O.A. [Optimization of the length of a horizontal well], *Nauchno-texnicheskij vestnik OAO NK Rosneft*, 2011, iss. 25, pp. 26–30. (in Russ.).
4. Mukhametshina R.Yu., Yelichev V.A., Gusmanov A.A., Usmanov T.S., Barinova L.N., Spivak S.I., Bukov O.V., Pasyнков A.G. [Justification length design of horizontal wells taking into account the experience of operating existing wells in the example Entelechy area of mamontovskoe field], *Neftegazovoe delo*. 2005, vol. 3, pp. 179–184. (in Russ.).
5. Ruzin L.M., Morozyuk O. A. *Metody` povыsheniya nefteotdachi plastov (teoriya i praktika)* [Methods of enhanced oil recovery (theory and practice)], *ucheb. posobie. Uxta: UGTU*, 2014, 127 p. (in Russ.).
6. Rozanova E.P. Belyaev S.S., Ivanov M.V. [Microbiological methods of enhanced oil recovery], *Obzor. inf. ser.: Neftepromy`slovoe delo*. Moscow: VNIIOE`NG, 1987, 42 p. (in Russ.).
7. *O tamozhennom tarife* [On Customs Tariff], *feder. zakon RF ot 21.05.1993 no. 5003-1 (s izm. i dop. ot 24.11.2014)*. Available at: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=171318> (in Russ.).
8. Khusainov A.T. [Mathematical modeling of oil production processes based on neural networks], *Matematicheskoe modelirovanie processov nefte doby`chi na osnove nejronny`x setej*, Tyumen, TyumGNGU, 2013, 163 p. (in Russ.).
9. Schoenberger V.M., Zozulya G.P., Geykhman M.G. [Technique and technology for the construction of side trunks in oil and gas wells], *ucheb. posobie dlya vuzov*, Tyumen: TyumGNGU, 2006, 574 p. (in Russ.).
10. Schoenberger VM, Kulyabin G. A. [Designing profiles of directional, gently sloping and horizontal wells and calculating the effort on the drill hook], *ucheb. posobie dlya vuzov*, Tyumen: izd-vo «Vektor BUK», 2003, 85 p. (in Russ.).

Received 15.09.2018

About the Authors*Polozov Mikhail Bronislavovich*

Ph.D., Associate Professor, Institute of Oil and Gas. M.S. Gutseriev

Udmurt State University

426000, Izhevsk, ul. University 1/7.

8-919-9112460

E-mail: michael999@inbox.ru*Al-Rumaima Diya Mohammed Ali Abdullah*

2nd year master student, Institute of Oil and Gas. M.S. Gutseriev

Udmurt State University

426000, Izhevsk, ul. University 1/7.

7 (982) 816-56-75

E-mail: alrumaima@mail.ru