DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-2-28-36

УДК 622.279.6

И.В. Владимиров (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация), **Э.М. Велиев** (Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Октябрьском, г. Октябрьский, Республика Башкортостан, Российская Федерация)

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ

Igor V. Vladimirov (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation), **Elshad M. Veliev** (Oktyabrskiy Affiliate of Ufa State Petroleum Technological University, Oktyabrskiy, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

STAGES OF NONSTATIONARY FLOODING TECHNOLOGY DEVELOPMENT

Введение

В статье рассмотрены возможности технологии нестационарного заводнения. Изложены основные физические принципы технологии.

Раскрыты причины низкой популярности технологии нестационарного заводнения у современных нефтепользователей.

Цели и задачи

Обосновать актуальность использования и совершенствования технологий нестационарного воздействия, проведения опытно-промышленных работ по адаптации и созданию новых технологий нестационарного воздействия, а также по определению условий эффективности их применения.

Результаты

Показано:

1. в период 90-х годов прошлого века в нефтедобывающей отрасли решающее влияние имели специалисты, ориентированные на западные технологии. Нестационарное заводнение не входило в перечень этих технологий;

Background

In the article possibilities of nonstationary flooding technology are considered. The basic physical principles of technology are stated.

The reasons for low popularity of nonstationary flooding technology for oil production enterprises are revealed.

Aims and Objectives

To substantiate the urgency of using and improving nonstationary flooding technologies impact, conducting pilot industrial works for adaptation and creation of new nonstationary flooding technologies, and also to determine the conditions for their application effectiveness.

Results

The results are as follows:

1. in the 1990s, the decisive influence in the oil-producing industry was made by experts oriented to Western technologies. Nonstationary flooding was not included in the list of these technologies;

2. несмотря на свою относительную простоту, практическая реализация технологии нестационарного заводнения требует значительной предварительной подготовки. Нестационарное заводнение является одним из наиболее наукоемких методов повышения нефтеотдачи;
 3. технология нестационарного заводнения, реализованная на нефтяной залежи, имеет тенденцию к «старению», т.е. ее эффективность со временем снижается, что требует постоянного изменения технологии, ее комплексирования с другими методами.
2. despite its relative simplicity, practical implementation of nonstationary flooding technology requires considerable preliminary preparation. Nonstationary flooding is one of the most knowledge-intensive methods of increasing oil recovery;
 3. nonstationary flooding technology, implemented on an oil deposit, tends to «aging», i.e. its effectiveness decreases over time. It requires a constant change in technology, its integration with other methods.

Ключевые слова: технология нестационарного заводнения, нефтяная залежь, повышение нефтеотдачи, практическая реализация технологии нестационарного заводнения

Key words: nonstationary flooding technology, oil deposit, increasing oil recovery, practical implementation of nonstationary flooding technology

Общие положения

При разработке высокопродуктивных неоднородных по проницаемости коллекторов за счет опережающего заводнения высокопроницаемых зон (слоев, пропластков) происходит неравномерная выработка запасов нефти. При этом в зависимости от соотношения проницаемостей низкопроницаемых и высокопроницаемых слоев, соотношения вязкостей нефти и воды и других факторов обводненность добываемой продукции может достигать предельных значений при невысоких отборах от начальных извлекаемых запасов нефти. Данная ситуация, когда обводненность достигает и даже превышает предельные значения, а в пластах остаются значительные объемы подвижных запасов нефти, достаточно часто встречается при разработке нефтяных месторождений. Особенно ярко это проявляется на залежах высоковязкой нефти.

Сегодня задача о выработке запасов нефти из неоднородного по разрезу пласта

является хорошо изученной в подземной гидродинамике [1].

Рассмотрим секторную модель неоднородного по разрезу пласта (рисунок 1). На рисунке 1, *а* показаны поля пористости (светло-серая область) и проницаемости (изолинии, в мкм²). На рисунке 1, *б* представлен процесс заводнения модельного пласта (светло-серая область - водонасыщенность, изолинии - давление). Описание модели приведено в работе [1]. Отметим, что рассматривался случай, когда вязкости вытесняемого и вытесняющего агентов были сопоставимы по величине $\mu_o/\mu_w = 1.25$.

На рисунке 2 изображен процесс заводнения модельного пласта. Как и ожидалось, происходит быстрый прорыв воды по высокопроницаемому прослою. При полном заводнении высокопроницаемого пропластка достигается предельная обводненность добываемой продукции. При этом остаточные запасы нефти сосредоточены в низкопроницаемых интервалах пласта.

В результате опережающего заводнения высокопроницаемого слоя формируется техногенный водонефтяной контакт, имеющий значительную площадь простираения. При создании условий обмена флюидами между заводненной и нефтяной областями возможно вовлечь в разработку остаточные запасы частично заводненного пласта. В этом случае высокопроницаемый слой становится транспортным каналом для перетекшей из низкопроницаемых слоев нефти.

Возможностью создания перепадов давления между заводненным и нефтяным интервалами пласта обладает технология нестационарного воздействия (заводнения). В литературе также встречается название «упруго-капиллярный циклический метод разработки» [2 - 6].

Физические основы нестационарного заводнения (НЗ) были разработаны в 60-х годах прошлого века. В 1965 г. рядом ученых из ВНИИ (Сургучев М.Л., Желтов Ю.П., Боксерман А.А., Губанов А.И., Оганджянц В.Г., Кочешков А.А.) был сформулирован основной принцип технологии нестационарного заводнения: «Способ предусматривает увеличение упругого запаса пластовой системы путем периодического повышения и снижения дав-

ления нагнетания воды. Это является предпосылкой для возникновения внутри пласта нестационарных перепадов давления и соответствующих нестационарных перетоков жидкости между слоями (участками) разной проницаемости. При этом в полцикл повышения давления нагнетания вода из слоев с большей проницаемостью внедряется в малопроницаемые слои, а в полцикл снижения давления нефть из малопроницаемых прослоев перемещается в высокопроницаемую часть коллектора» [7, 8] (рисунок 3).

Как отмечается в работе Гавуры В.Е., «упруго-капиллярный циклический метод заводнения основан на периодическом изменении условий воздействия на неоднородные пласты, при котором в продуктивных пластах создается нестационарное распределение пластового давления и возникает неустановившееся движение жидкостей и газа. При этом в нефтяных пластах возникают условия для непрерывного проявления упругих сил пластовой системы. В неоднородных пластах между участками с неодинаковыми свойствами возникают градиенты гидродинамических давлений, за счет которых могут происходить перетоки жидкостей из одних зон в другие» [2].

Рисунок 1. Секторная модель неоднородного по разрезу пласта (по данным работы [1])

Рисунок 2. Изменение водонасыщенности и давления при заводнении неоднородного по разрезу пласта (по данным работы [1])

Рисунок 3. Возникновение межслойных перетоков жидкости в течение полуциклов снижения и повышения давления

В результате заводнения неоднородных по разрезу пластов недренируемые остаточные запасы нефти располагаются в низкопроницаемых слоях, зонах, участках. Первоначально достаточно однородное поле нефтенасыщенного коллектора разрезается зонами обводнения, «пласт в таких условиях представляет собой случайное чередование обводненных и нефтенасыщенных участков» [5]. Переход на нестационарную закачку воды позволит вовлечь в процесс дренирования остаточные запасы нефти.

Исследования физических процессов, происходящих при периодической закачке воды, обобщены в работе Гавуры В.Е. Со-

гласно данным монографии, «эффективность упруго-капиллярного циклического метода заводнения неоднородных пластов определяется двумя неразрывно связанными процессами: внедрением воды в малопроницаемые зоны пласта за счет перепадов давления, возникающих при неравномерном распределении давлений, обусловленном неоднородностью пласта, и капиллярным удержанием в малопроницаемых зонах пласта внедрившейся в него воды» [2].

НЗ часто сочетается с технологиями изменения направления фильтрационных потоков (ИНФП). В этом случае комбинирование технологий позволяет получить эффект,

обусловленный как нестационарными процессами в пласте, так и изменением направления преимущественных потоков пластовых флюидов. Комплексная технология позволяет увеличить охват пласта воздействием по разрезу и латерали [9, 10].

На практике нестационарное поле давления создается в результате периодической остановки (или изменения приемистости) нагнетательных скважин и/или периодической остановки высокообводненных добывающих скважин. Методы создания периодических колебаний поля давления могут комбинироваться, например, при циклической закачке воды и периодической эксплуатации добывающих скважин в противофазе с нагнетательными скважинами. Основное преимущество нестационарного заводнения состоит в его дешевизне, для осуществления технологии не требуется капитальных затрат, нет увеличения эксплуатационных затрат. Применение же нестационарного заводнения позволяет получить существенный эффект. Согласно экспертной оценке, проведенной по ряду нефтяных месторождений, на которых применялось нестационарное заводнение, величина эффекта изменяется от 8 % до 14 % от накопленной добычи нефти за период применения технологии. При этом для залежей высоковязкой нефти прирост добычи нефти составляет 12-20 % [11], для залежей маловязкой нефти - 6-14 % [12].

Величина эффекта от НЗ определяется многими параметрами: проницаемостью неоднородностью коллектора, «стартовой» обводненностью добываемой продукции, соотношением вязкостей нефти и воды, амплитудой воздействия (со стороны нагнетательных скважин), длительностью периодов остановки и работы нагнетательных и добывающих скважин, типом системы заводнения и др.

Как отмечается в работе Владимирова И.В., «использование технологий нестационарного заводнения на ряде месторождений дало значительный эффект. Однако, как показывает практика, технологии нестационарного заводнения имеют особенность снижения эффективности при длительном их применении» [5]. Необходима постоянная адаптация технологии НЗ к меняющимся гео-

лого-технологическим условиям разработки залежи. Поэтому применяемые технологии нестационарного воздействия претерпевают непрерывные изменения.

Согласно [5], технологии нестационарного воздействия кратно увеличивают свою эффективность при перестроении системы поддержания пластового давления (например при переносе очагов нагнетания воды). Однако данный путь повышения эффективности технологии НЗ является затратным, требует значительного времени для реализации. Однако в ряде работ, например [13], было показано, что возможны иные способы повышения эффективности нестационарных технологий, связанные с применением иных режимов периодической работы нагнетательных скважин и при использовании циклической эксплуатации добывающих скважин.

В разработке нефтяных месторождений наиболее часто применяемым методом в решении проблемы снижения обводненности являются технологии ограничения притока воды и потокоотклоняющие технологии [14]. Данные виды технологий предполагают ограничение движения воды по высокопроницаемым интервалам пласта за счет закачки в них специальных тампонирующих составов. Как показывает практика, устойчивого положительного эффекта от применения таких технологий можно добиться при закачке больших объемов тампонирующих составов. В противном случае, область воздействия ограничивается околоскважинной зоной, что зачастую является недостаточным для получения положительного экономического эффекта.

В отличие от затратных технологий ограничения водопитока и потокоотклоняющих технологий, нестационарное заводнение является практически бесплатной технологией. Опыт применения нестационарного заводнения на месторождениях бывшего Советского Союза показал хорошую технологическую и экономическую эффективность. Вместе с тем, необходимо отметить, что теория и практика применения нестационарного заводнения разрабатывались для условий, когда обводненность добываемой продукции была существенно ниже предельных значе-

ний. Однако в настоящее время условия разработки этих месторождений существенно изменились, что требует дальнейшего изучения нестационарных процессов и адаптации технологии НЗ к сложившимся сегодня условиям.

Перспективы развития технологии нестационарного заводнения

Представленные выше сведения демонстрируют привлекательность применения технологий нестационарного заводнения в разработке нефтяных залежей, особенно залежей, находящихся в заключительной стадии разработки. Однако массового применения технологии НЗ в настоящее время не имеет. После бурного развития в 70-80 годы прошлого столетия технология НЗ оказалась за рамками наиболее популярных технологий методов увеличения нефтеотдачи (МУН). Это связано с рядом обстоятельств.

Во-первых, в период 90-х годов прошлого века в нефтедобывающей отрасли решающее влияние имели специалисты, ориентированные на западные технологии. Интересно, что, несмотря на успешный опыт применения нестационарного заводнения на ряде иностранных нефтяных месторождений, технология НЗ осталась «экзотическим» методом повышения нефтеотдачи для западных специалистов. Произошел разрыв между богатым опытом советской школы нефтяной науки и современными на тот момент представлениями о разработке нефтяных месторождений.

Во-вторых, несмотря на свою относительную простоту, практическая реализация технологии НЗ требует значительной предварительной подготовки.

Нестационарное заводнение является одним из наиболее наукоемких методов повышения нефтеотдачи. Поэтому разработка программ НЗ проводится специализированными научно-проектными организациями.

Можно условно выделить три направления в подготовке данной технологии к реализации: выбор участка, выбор технологии НЗ и ее параметров, согласование техноло-

гии с возможностями систем ППД и сбора.

В-третьих, технология НЗ, реализованная на нефтяной залежи, имеет тенденции к «старению», т.е. ее эффективность со временем снижается. Особенно быстро происходит «старение» технологии НЗ на залежах высоковязкой нефти. Это требует постоянного изменения технологии, ее комплексирования с другими методами.

Необходимо отметить, что одним из направлений развития технологии НЗ является ее сочетание с другими методами ПНП. Хорошо известно, что НЗ обычно сочетается с технологией изменения направления фильтрационного потока. Однако, в настоящее время имеются примеры сочетания НЗ с тепловым воздействием [15], с водогазовым воздействием [16].

Современное состояние рассматриваемой проблемы совершенствования технологий нестационарного воздействия показывает, что дальнейшие теоретические исследования нестационарных процессов, опытно-промышленные работы по адаптации и созданию новых технологий нестационарного воздействия, а также определение условий эффективности их применения остаются актуальными.

Выводы

1. В период 90-х годов прошлого века в нефтедобывающей отрасли решающее влияние имели специалисты, ориентированные на западные технологии. Нестационарное заводнение не входило в перечень этих технологий.
2. Несмотря на свою относительную простоту, практическая реализация технологии нестационарного заводнения требует значительной предварительной подготовки. Нестационарное заводнение является одним из наиболее наукоемких методов повышения нефтеотдачи.
3. Технология нестационарного заводнения, реализованная на нефтяной залежи, имеет тенденцию к «старению», т.е. ее эффективность со временем снижается, что требует постоянного изменения технологии, ее комплексирования с другими методами.

Список литературы

1. Владимиров И.В. Проблемы выработки запасов нефти из неоднородных по проницаемости коллекторов при их заводнении // Проблемы разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти: сб. научн. тр. / ОАО «ВНИИ-нефть»; под ред. Д.Ю. Крянева, С.А. Жданова. М.: ОАО «ВНИИнефть», 2011. Вып. 144. 158 с.
2. Гавура В.Е. Геология и разработка нефтяных и газонефтяных месторождений. М.: ВНИИОЭНГ, 1995. 496 с.
3. Муслимов Р.Х. Современные методы управления разработкой нефтяных месторождений с применением заводнения: учеб. пособие. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2002. 596 с.
4. Гафаров Ш.А., Фаизов Р.Г., Кабиров М.М. Повышение эффективности циклического воздействия на неоднородные нефтяные пласты. Уфа: Монография, 2007. 74 с.
5. Владимиров И.В. Нестационарные технологии нефтедобычи (этапы развития, современное состояние и перспективы). М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2004. 216 с.
6. Ибрагимов Н.Г., Хисамутдинов Н.И., Тазиев М.З., Жеребцов Ю.Е., Буторин О.И., Владимиров И.В. Современное состояние технологий нестационарного (циклического) заводнения продуктивных пластов и задачи их совершенствования. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2000. 112 с.
7. Боксерман А.А., Гавура В.Е., Желтов Ю.П., Кочешков А.А., Оганджаниянц В.Г., Петраш И.Н., Сургучев М.Л. Упруго-капиллярный циклический метод разработки месторождений. М.: ВНИИОЭНГ, 1968.
8. А.с. 193402 РФ, МПК Е 21 В 43/18. Способ разработки нефтяных месторождений / А.А. Боксерман, А.И. Губанов, Ю.П. Желтов, А.А. Кочешков, В.Г. Оганджаниянц, М.Л. Сургучев (РФ). 1011799; опубл. 1967.
9. Сургучев М.Л., Бочаров В.А., Гавура В.Е., Атанов Г.А. Изменение направления потоков жидкости - способ регулирования процесса эксплуатации при заводнении // Матер. выездной сессии научного совета по проблемам разработки нефтяных месторождений АН СССР и Центральной комиссии по разработке нефтяных месторождений министерства нефтяной промышленности. М.: Изд-во «Наука», 1976. С. 76-85.
10. Сургучев М.Л., Горбунов А.Т., Горюнов В.А., Николаев В.А., Вашуркин А.И., Гавура В.Е. Эффективность применения циклического заводнения и метода фильтрационных потоков. М.: ВНИИОЭНГ, 1984.
11. Владимиров И.В., Велиев Э.М., Карапетов Р.В., Альмухаметова Э.М. Результаты внедрения энергосберегающей технологии нестационарного заводнения в разработке залежей высоковязкой нефти // Энергоэффективность. Проблемы и решения: матер. XIV Междунар. науч.-практ. конф. 23 октября 2014 г. Уфа, 2014. С. 48-49.
12. Владимиров И.В., Велиев Э.М. Итоги применения технологии нестационарного воздействия на месторождении Кумколь // Энергоэффек-

References

1. Vladimirov I.V. Problemy vyrabotki zapasov nefi iz neodnorodnykh po pronitsaemosti kollektorov pri ikh zavodnenii [Problems of Development of Oil Reserves from Heterogeneous Permeability Reservoirs during their Water Flooding]. *Sbornik nauchnykh trudov «VNIIneft'» «Problemy razrabotki mestorozhdenii s trudnoizvlekaemyi zapasami nefi»* [Collection of Scientific Works of VNIIneft' «Problems of Development of Deposits with Hard-to-Recover Oil Reserves»]. Moscow, OAO «VNIIneft'», 2011, Issue 144, 158 p. [in Russian].
2. Gavura V.E. *Geologiya i razrabotka neftyanykh i gazonefityanykh mestorozhdenii* [Geology and Development of Oil and Gas Oil Fields]. Moscow, VNIIOENG, 1995. 496 p. [in Russian].
3. Muslimov R.Kh. *Sovremennye metody upravleniya razrabotkoi neftyanykh mestorozhdenii s primeneniem zavodneniya: ucheb. posobie* [Modern Methods of Managing the Development of Oil Fields with Water Flooding: Textbook]. Kazan, Izd-vo Kazansk. un-ta, 2002. 596 p. [in Russian].
4. Gafarov Sh.A., Faizov R.G., Kabirov M.M. *Povyshenie effektivnosti tsiklicheskogo vozdeistviya na neodnorodnye neftyanye plasty* [Increasing the Effectiveness of Cyclic Impact on Heterogeneous Oil Layers]. Ufa, Monografiya Publ., 2007. 74 p. [in Russian].
5. Vladimirov I.V. *Nestatsionarnye tekhnologii nefte dobychi (etapy razvitiya, sovremennoe sostoyanie i perspektivy)* [Non-Stationary Technologies of Oil Production (Stages of Development, Current State and Prospects)]. Moscow, OAO «VNIIOENG», 2004. 216 p. [in Russian].
6. Ibragimov N.G., Khisamutdinov N.I., Taziev M.Z., Zherebtsov Yu.E., Butorin O.I., Vladimirov I.V. *Sovremennoe sostoyanie tekhnologii nestatsionarnogo (tsiklicheskogo) zavodneniya produktivnykh plastov i zadachi ikh sovershenstvovaniya* [The Current State of Technologies for Non-Stationary (Cyclic) Flooding of Productive Layers and the Task of Improving them]. Moscow, VNIIOENG Publ., 2000. 112 p. [in Russian].
7. Bokserman A.A., Gavura V.E., Zheltov Yu.P., Kocheshkov A.A., Ogandzhanyants V.G., Petrash I.N., Surguchev M.L. *Uprugo-kapillyarnyi tsiklicheskiy metod razrabotki mestorozhdenii* [Elastic-Capillary Cyclic Method of Field Development]. Moscow, VNIIOENG Publ., 1968. [in Russian].
8. Bokserman A.A., Gubanov A.I., Zheltov Yu.P., Kocheshkov A.A., Ogandzhanyants V.G., Surguchev M.L. *Sposob razrabotki neftyanykh mestorozhdenii* [Method of Oil Fields Development]. Certificate of Authorship, No. 193402, 1967. [in Russian].
9. Surguchev M.L., Bocharov V.A., Gavura V.E., Atanov G.A. *Izmenenie napravleniya potokov zhidkosti - sposob regulirovaniya protsesssa ekspluatatsii pri zavodnenii* [Change in the Direction of Fluid Flow - a Way to Regulate the Process of Operation in the Water Flooding]. *Materialy vyezdnoi sessii nauchnogo soveta po problemam razrabotki nefityanykh mestorozhdenii AN SSSR i Tsentral'noi komissii po razrabotke nefityanykh mestorozhdenii*

тивность. Проблемы и решения: матер. XV Международ. научн.-практ. конф. 27 октября 2015 г. Уфа, 2015. С. 57-58.

13. Владимиров И.В., Пичугин О.Н., Велиев Э.М. Технология нестационарного воздействия, предусматривающая периодическую работу добывающих и нагнетательных скважин в противофазе // Нефтепромысловое дело. М.: ВНИИОЭНГ, 2015. № 11. С. 56-58.

14. Газизов А.А. Увеличение нефтеотдачи неоднородных пластов на поздней стадии разработки. М.: Недра, 2002. 639 с.

15. Владимиров И.В., Велиев Э.М., Альмухаметова Э.М. Комплексная технология теплового нестационарного заводнения, предусматривающая периодическую эксплуатацию добывающих скважин // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2015. Вып. 2 (100). С. 79-90.

16. Вафин Т.Р. Исследование выработки запасов нефти при циклическом и стационарном водогазовом воздействии на пласт // Нефтепромысловое дело. 2015. № 12. С. 17-20.

ministerstva neftyanoi promyshlennosti [Materials of visiting session of the Scientific Council on oil fields development problems of the USSR Academy of Sciences and the Central Commission for the Development of Oil Fields of the Ministry of Petroleum Industry]. Moscow, Nauka Publ., 1976, pp. 76-85. [in Russian].

10. Surguchev M.L., Gorbunov A.T., Goryunov V.A., Nikolaev V.A., Vashurkin A.I., Gavura V.E. *Effektivnost' primeneniya tsiklicheskogo zavodneniya i metoda fil'tratsionnykh potokov* [The Effectiveness of Cyclic Flooding and Filtration Flows Method]. Moscow, VNIIOENG, 1984. [in Russian].

11. Vladimirov I.V., Veliev E.M., Karapetov R.V., Al'mukhametova E.M. Rezul'taty vnedreniya energosberegayushchei tekhnologii nestatsionarnogo zavodneniya v razrabotke zalezhei vysokovязkoi nefti [Results of Introduction of Energy-Saving Technology of Non-Stationary Water Flooding in the Development of High-Viscosity Oil Deposits]. *Materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Energoeffektivnost'. Problemy i resheniya» 23 oktyabrya 2014 g.* [Proceedings of XIV International Scientific and Practical Conference «Power Efficiency. Problems and Solutions» October, 23, 2014]. Ufa, 2014, pp. 48-49. [in Russian].

12. Vladimirov I.V., Veliev E.M. Itogi primeneniya tekhnologii nestatsionarnogo vozdeistviya na mestorozhdenii Kumkol' [Results of Non-Stationary Influence Technology Application on the Kumkol Field]. *Materialy XV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Energoeffektivnost'. Problemy i resheniya» 27 oktyabrya 2015 g.* [Proceedings of XV International Scientific and Practical Conference «Power Efficiency. Problems and Solutions» October, 27, 2015]. Ufa, 2015, pp. 57-58. [in Russian].

13. Vladimirov I.V., Pichugin O.N., Veliev E.M. Tekhnologiya nestatsionarnogo vozdeistviya, predusmatrivayushchaya periodicheskuyu rabotu dobyvayushchikh i nagnetatel'nykh skvazhin v protivofaze [Technology of a Formation Non-Stationary Simulation that Envisages Periodic Operation of Producing and Injection Wells in The Antiphase]. *Neftpromyslovoe delo - Oilfield Engineering*, 2015, No. 11, pp. 56-58. [in Russian].

14. Gazizov A.A. *Uvelichenie nefteotdachi neodnorodnykh plastov na pozdnei stadii razrabotki* [Increase in Oil Recovery of Heterogeneous Reservoirs at the Late Stage of Development]. Moscow, Nedra Publ., 2002. 639 p. [in Russian].

15. Vladimirov I.V., Veliev E.M., Al'mukhametova E.M. Kompleksnaya tekhnologiya teplovogo nestatsionarnogo zavodneniya, predusmatrivayushchaya periodicheskuyu ekspluatatsiyu dobyvayushchikh skvazhin [Complex Hot Water Flooding Technology with Periodic Production]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2015, Issue 2 (100), pp. 79-90. [in Russian].

16. Vafin T.R. Issledovanie vyrabotki zapasov nefti pri tsiklicheskom i statsionarnom vodogazovom

vozdeistvii na plast [The Study of Oil Resources Recovery in Cases of Cyclic and Stationary Gas-Water Impact on a Formation]. *Neftepromyslovoe delo - Oil Engineering*, 2015, No. 12, pp. 17-20. [in Russian].

Авторы

• Владимир Игоревич Вячеславович, доктор технических наук, профессор
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Профессор кафедры «Разработка и эксплуатация газовых и нефтегазоконденсатных месторождений»
Российская Федерация, 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
e-mail: igorv@ufamail.ru

• Велиев Элшад Мубаризович
Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Октябрьском
Преподаватель кафедры «Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений»
Российская Федерация, 452607, Республика Башкортостан, г. Октябрьский, ул. Девонская, 54 а
e-mail: _elshad_@mail.ru

The Authors

• Vladimirov Igor V., Doctor of Engineering Sciences, Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Professor of Gas and Oil-Gas-Condensate Fields Design and Exploitation Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
e-mail: igorv@ufamail.ru

• Veliev Elshad M.
Oktyabrskiy Affiliate of Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Exploration and Exploitation of Oil and Gas Fields Department
54 a, Devonskaya str., Oktyabrskiy, Republic of Bashkortostan, 452607, Russian Federation
e-mail: _elshad_@mail.ru