

Электромагнитные технологии в системе инновационных методов добычи нефти на месторождениях Республики Башкортостан

А. А. Рабцевич

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия
cruiser333@yandex.ru

Аннотация. Увеличение доли трудноизвлекаемой нефти в общем балансе ее запасов, что особенно актуально для Республики Башкортостан, неизбежно делает необходимым поиск и промышленное внедрение новых способов ее извлечения. Среди множества методов увеличения нефтеотдачи и интенсификации притока выделяется метод воздействия на призабойную зону пласта высокочастотным электромагнитным полем, который, несмотря на многолетние исследования, до сих пор считается в России экспериментальным и ограничивается оценкой производственно-технических характеристик использования. При этом упускаются из виду финансово-экономические показатели, выявление которых позволит обосновать относительную малозатратность и высокую рентабельность инновационного метода.

Целью исследования является определение целесообразности внедрения методов разработки нефтяных месторождений, основанных на использовании энергии электромагнитного поля. Основными методами исследования являются анализ научной литературы по теме исследования, систематизация и обобщение специализированных данных государственной статистики. В расчетной части используются методы экономического анализа и бизнес-аналитики.

Рассмотрены существующие технологии разработки нефтяных месторождений в Республике Башкортостан, сделан вывод об их моральном устаревании и необходимости замены на технологии, основанные на новых физических принципах. Обозначены перспективность электромагнитных технологий и степень разработанности данной тематики в научной среде России и Республики Башкортостан. Средствами моделирования установлен экономический эффект внедрения технологии воздействия на призабойную зону пласта высокочастотным электромагнитным полем.

Результаты работы могут применяться в анализе перспектив регионов с преимущественным развитием нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего комплекса, на территории которых имеются большие площади истощенных месторождений, требующих применения инновационных технологий довыработки. Дальнейшие исследования могут быть посвящены оценке экономической и технологической эффективности применения электромагнитных и других инновационных технологий воздействия на пласт непосредственно на месторождениях с разными свойствами остаточной нефти и геолого-геофизическими параметрами вмещающих коллекторов.

Ключевые слова: нефтедобывающая отрасль, методы увеличения нефтеотдачи пластов, методы интенсификации притока нефти, электромагнитные технологии, Республика Башкортостан

Благодарности: Статья подготовлена за счет гранта Российского научного фонда № 22-11-20042.

Для цитирования: Рабцевич, А. А. Электромагнитные технологии в системе инновационных методов добычи нефти на месторождениях Республики Башкортостан / А. А. Рабцевич. – DOI 10.31660/0445-0108-2023-5-92-106 // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2023. – № 5. – С. 92–106.

Electromagnetic technologies in the system of oil production innovative methods at the fields of the Republic of Bashkortostan

Andrey A. Rabtsevich

Abstract. An increase in the share of hard-to-recover oil in the total balance of its reserves, which is particularly important for the Republic of Bashkortostan, inevitably makes it necessary to search for and commercially introduce new ways to extract it. Among the many methods of increasing oil recovery and intensifying the inflow, the method of influencing the bottomhole zone of the formation with a high-frequency electromagnetic field is distinguished, which, despite many years of research, is still considered experimental in Russia and is limited to evaluating the production and technical characteristics of use. At the same time, financial and economic indicators are overlooked, the identification of which will justify the relative low cost and high profitability of the innovative method.

The purpose of the study is to determine the feasibility of introducing methods of oil field development based on the use of electromagnetic field energy. The main research methods are the analysis of scientific literature on the research topic, systematization and generalization of specialized state statistics data. The calculation part uses methods of economic analysis and business analytics.

The existing technologies for oil field development in the Republic of Bashkortostan are considered, a conclusion is made about their obsolescence and the need to replace them with technologies based on new physical principles. The prospects of electromagnetic technologies and the degree of development of this topic in the scientific environment of Russia and the Republic of Bashkortostan are indicated. With the help of modelling, the economic effect of the introduction of technology for influencing the bottomhole zone of the formation with a high-frequency electromagnetic field has been established, the possibilities of covering the deposits of the Republic of Bashkortostan suitable for development have been determined.

The results of the study can be used in the analysis of the prospects of regions with the predominant development of the oil production and oil refining complex, on the territory of which there are large areas of depleted fields that require the use of innovative technologies for additional production. Further research may be devoted to assessing the economic and technological efficiency of using electromagnetic and other innovative technologies for influencing the reservoir directly in fields with different properties of residual oil and geological and geophysical parameters of the host reservoirs.

Keywords: oil industry, enhanced oil recovery methods, oil inflow intensification methods, electromagnetic technologies, the Republic of Bashkortostan

Acknowledgments: The article was prepared with the financial support of the Russian Science Foundation (grant No. 22-11-20042).

For citation: Rabtsevich, A. A. (2023). Electromagnetic technologies in the system of oil production innovative methods at the fields of the Republic of Bashkortostan. *Oil and Gas Studies*, (5), pp. 92-106. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2023-5-92-106

Введение

Республика Башкортостан, как регион, некогда бывший крупнейшим центром нефтедобычи, в настоящее время все более переориентируется на инорегиональное сырье. Несмотря на развитость отраслевой инфраструктуры, серьезные проблемы возникают с разработкой новых (в первую очередь в нефтематеринских породах и коллекторах вязкой нефти) и довыработкой остаточных запасов, поскольку в них большинство скважин не выходят на уровни дебита, близкие к рентабельным. Это

связано в первую очередь с многолетним интенсивным истощением легкоизвлекаемой (активной) нефти на всех разведанных площадях. Цель увеличения объемов добычи нефти в Республике Башкортостан диктует необходимость оценки состояния нефтяных месторождений, находящихся на ее территории, с точки зрения возможностей внедрения инновационных методов, в нашем случае — электромагнитных технологий.

Стоит отметить, что обеспеченность добычи нефти по разведанным запасам обычной нефти в России составляет около 20 лет, с учетом трудноизвлекаемой — 35 лет. Вследствие все большего роста доли трудноизвлекаемой нефти в общем балансе ее запасов (более 50 %, однако доля в добыче около 7 %) [1], а также ввиду отсутствия достаточной рентабельности для освоения такой нефти руководством страны признается неизбежность перехода на новые технологии нефтедобычи, позволяющие значительно увеличить нефтеотдачу уже разрабатываемых пластов, на которых традиционными методами невозможно извлечь значительные остаточные запасы нефти¹. В дальнейшей перспективе, согласно Энергетической стратегии Российской Федерации, проектный коэффициент извлечения нефти (без учета трудноизвлекаемых запасов) должен вырасти с 38,3 % (2018 г.) до 38,5 % в 2024 г. и 38,7 % в 2035 г.²

Согласно официальным данным, извлеченность нефти на месторождениях Республики Башкортостан (КИН) в среднем — 34–36 %, выработанность запасов — 76–78 %³, что, по мировым практикам, является достаточно высоким значением и позволяет относить эти месторождения к «старым», находящимся на завершающей стадии эксплуатации. В регионе на долю тяжелой нефти (плотность — 871–895 кг/м³) приходится 56 % из всего объема разведанных запасов, а битуминозной (> 895 кг/м³) — 26,5 %. Таким образом, более 4/5 запасов в среднесрочной перспективе являются трудноизвлекаемыми.

В ряде случаев трудности разработки месторождений высоковязкой нефти на территории Республики Башкортостан обусловлены малой проницаемостью коллектора и наличием большого количества пропластков, что существенно осложняет разработку таких месторождений и их

¹ Информационно-аналитический материал к парламентским слушаниям на тему «О мерах по повышению нефтеотдачи пластов на период до 2035 года» от 16.12.2020 [Электронный ресурс] // Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации: сайт. — Режим доступа: <http://council.gov.ru/media/files/YIHuUgiuXLuOJ8zkSzdwcSd3ifglgIOD.pdf>.

² Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации: сайт. — Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>.

³ Годовой отчет Публичного акционерного общества «Акционерная нефтяная Компания «Башнефть»» за 2011 год [Электронный ресурс] // ПАО «Акционерная нефтяная Компания «Башнефть»»: сайт. — Режим доступа: https://bashneft.ru/disclosure/annual/annual_archive/.

насыщенность высоковязкими нефтями, так как требует использования термических методов воздействия как наиболее эффективных. В этом отношении одним из самых перспективных методов выступает воздействие электромагнитным полем с помощью сверхвысокочастотного излучателя, помещенного в область забоя. Данная технология при относительно небольших затратах позволяет повысить температуру добываемой жидкости в околоскважинной зоне на величину в пределах 100 градусов, что, в свою очередь, приводит к уменьшению вязкости нефти в десятки раз и, соответственно, увеличивает скорость нефтеотдачи коллектора. При этом небольшой радиус охвата тепловым воздействием обуславливается тем, что тепло уносится из пласта вместе с отбираемой жидкостью. Интегрированная технология, сочетающая электромагнитное воздействие в сочетании, например, с имеющимися техногенными трещинами по результатам гидроразрыва пласта, позволит существенно увеличить коэффициент извлечения нефти и производительность добывающих скважин.

Объект и методы исследования

Объектом представленной работы выступает метод разработки нефтяных месторождений, основанный на использовании энергии электромагнитного поля. Основными методами исследования являются обзор научной литературы по тематике апробаций инновационных подходов к увеличению нефтеотдачи, анализ специализированных источников в сети Интернет, а также систематизация и обобщение открытых данных государственной статистики. Кроме того, в теоретической части применяются сопоставительный и графический анализ. Моделирование применения электромагнитных методов и исследование результирующих параметров в условиях реального месторождения производились в специализированном программном пакете. В расчетной части используются методы экономического анализа и бизнес-аналитики.

Результаты и обсуждение

Общепризнано, что основными технологиями разработки пластов на нефтяных месторождениях Республики Башкортостан выступают вторичные, в частности простое заводнение. Внедрение третичных методов увеличения нефтеотдачи (МУН), в частности, из трудноизвлекаемых коллекторов, не получило развития в промышленных масштабах и в основном представлено лишь экспериментами, которые описаны в рамках ряда соответствующих научно-прикладных исследований:

- опытно-промышленные испытания и внедрение технологий увеличения нефтеотдачи пластов на основе латексов [2];
- разработка, апробация и адаптация новых составов и технологий физико-химического и микробиологического воздействия на остаточные и трудноизвлекаемые запасы [3];
- применение технологий многоцикловых заводнений, кислотных обработок и создания кавернонакопителей, нефтекислотных

эмульсий, виброволнового воздействия на нефтяные пласты, обработки призабойной зоны электрогидровоздействием, а также закачка оторочек сырой нефти в добывающие скважины [4];

- создание «обратного конуса» нефти ниже зеркала водонефтяного контакта и изоляция пластовых вод с применением тампонирующих материалов (закупоривающие реагенты на основе нефелина и каучука в стироле) в целях снижения обводненности, применение волнового воздействия, разрушающего коагуляционную структуру нефти, а также использование растворителей (смеси гексана с товарной нефтью) для борьбы с парафиноотложением в скважинах [5];

- выравнивание фронта вытеснения и проведение селективных водоизоляционных работ с использованием обратных гидрофобных эмульсий [6];

- бурение горизонтальных скважин, использование модульного отсекающего пласта, циклического заводнения минерализованными термальными водами и микробиологических методов увеличения нефтеотдачи [7];

- применение ингибиторов отложений асфальтосмолисто-парафиновых соединений и неорганических солей, биоцидных реагентов для подавления сульфатовосстанавливающих бактерий в зараженных нефтеносных пластах, а также введение являющихся продуктами жизнедеятельности специальных бактерий биополимеров со свойствами отмывающих поверхностно-активных веществ [8];

- применение нестационарного заводнения в сочетании с оптимизацией плотности сетки скважин, физико-химическими, микробиологическими и термическими методами в рамках многоуровневого геолого-технологического анализа методов увеличения нефтеотдачи и геолого-статистического моделирования разработки участков внедрения [9];

- оценка пределов допустимого разрежения (уплотнения) сетки скважин и степени их гидродинамического взаимодействия при построении дифференцированной системы внутриконтурного заводнения с учетом параметров и технологического эффекта соляно-кислотных обработок призабойных зон [10];

- проведение комбинированного полимер-кислотного воздействия, совмещающего гивпано-термокислотные обработки с закачками гелеобразующих полимерных растворов для интенсификации притока нефти из гидрофобизированных карбонатных коллекторов [11];

- использование осадкообразующих и гелевых композиций, химических реагентов в сочетании с виброволновым воздействием на пласт, воздействия на залежи биоцидными и биоактивными материалами, технологии смешивающегося вытеснения нефти оторочками углеводородных растворителей, повышение нефтеотдачи пластов газовым методом и т. д. [12].

Тезис об отсутствии в Республике Башкортостан широкой практики распространения инновационных методов подтверждается статистически

через показатель, который публикуется в Единой межведомственной информационно-статистической системе (ЕМИСС. Государственная статистика) и характеризует объем добычи нефти из пластов с применением методов искусственного воздействия на пласт при его сопоставлении с общим объемом добычи нефти (рис. 1).

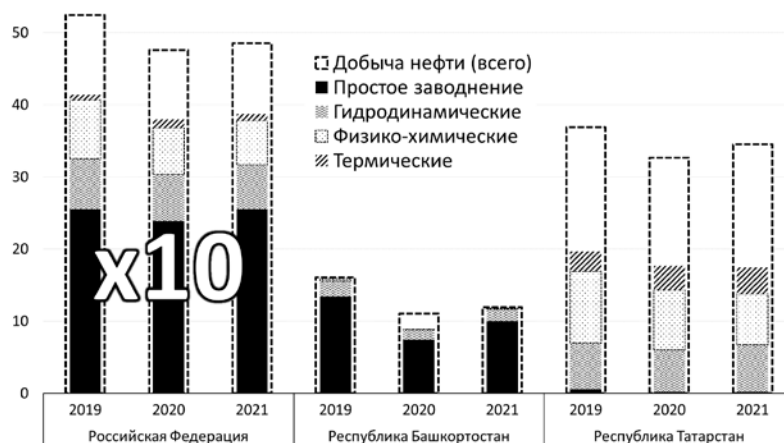


Рис. 1. Добыча нефти из пластов, разрабатываемых с применением методов искусственного воздействия на пласт за 2019–2021 годы, млн т

Как показывает рисунок 1, в Республике Башкортостан почти отсутствуют месторождения, на которых нефть добывается без применения МУН, причем подавляющую часть составляет простое заводнение, оставшаяся часть — гидродинамические методы. Доля добычи из нефтяных месторождений Республики Башкортостан, в настоящее время опробованных третичными методами увеличения нефтеотдачи (физико-химическими и термическими), колеблется в пределах 1–2 %, в России в целом — 14–17 %, а в Татарстане — 30–35 %. Среди третичных способов повышения нефтеотдачи, реализованных на месторождениях Республики Башкортостан в целях восстановления промышленных притоков, стоит отметить закачку углекислого газа (Сергеевское, Туймазинское месторождения) [13] и гелеобразующих композиций с регулируемым временем загеливания (Арланское месторождение) [14], использование комбинированного двухстадийного полимер-кислотного воздействия на призабойную зону пласта для интенсификации притока нефти и ограничения добычи воды на месторождениях запада и юго-запада республики (Арланское, Копей-Кубовское) [15], а также применение широкого спектра технологий активизации пластовой микрофлоры, закачки активного ила и продуктов биосинтеза, обработку силикатно-щелочными и щелочно-полимерными композициями, внедрение латексов в пласт и др. [16].

Результативность применения методов искусственного воздействия на пласт иллюстрируется соответствующим показателем (рис. 2), который определяется геологической службой предприятия, осуществляющего

добычу нефти, расчетным путем по соответствующим методикам и также публикуется ЕМИСС.

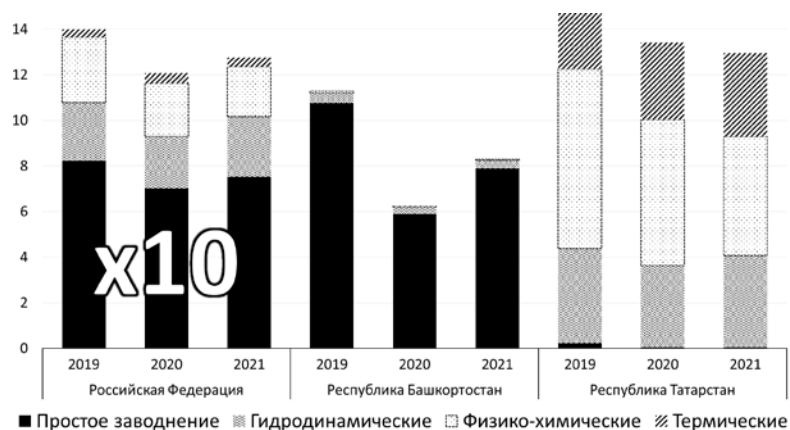


Рис. 2. Фактическое увеличение (прирост) добычи нефти из скважин за счет применения методов искусственного воздействия на пласт за 2019–2021 годы, млн т

Статистические данные результативности применения МУН и общих объемов добычи из охваченных ими месторождений визуально повторяют друг друга, однако нетрудно догадаться, что отношение двух представленных выше показателей позволяет выявить эффективность применения того или иного метода в зависимости от выбранной территории или метода (рис. 3).

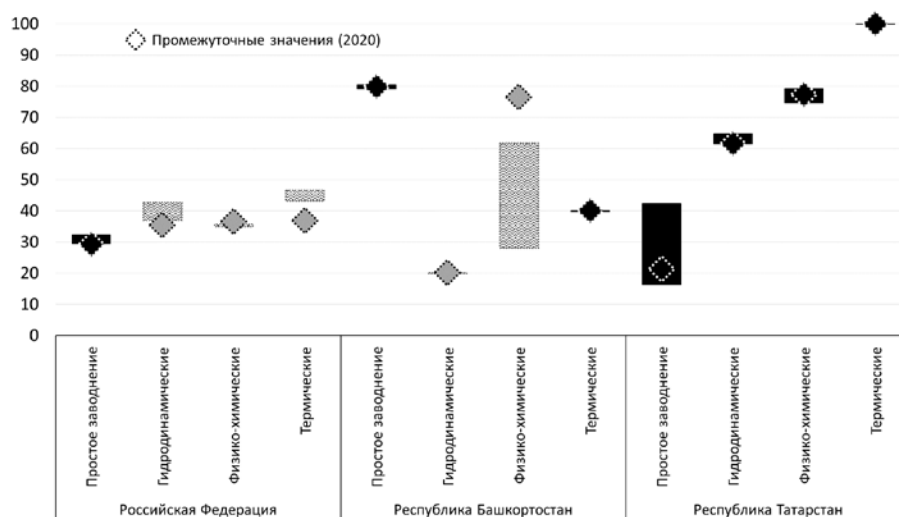


Рис. 3. Динамика доли нефти, добытой за счет применения методов искусственного воздействия на пласты, разрабатываемые с применением таких методов, за период 2019–2021 гг., %

Рисунок 3 (тип диаграммы: биржевая) дает примерное представление об эффективности МУН в зависимости от региона. Так, например, в Республике Татарстан нефть, добываемая термическими методами, на 100 % извлекается только за счет этих методов, а, например, в Республике Башкортостан заводнение обеспечивает 80 % нефтеотдачи из соответствующей совокупности месторождений. В целом колебания представленного показателя за рассматриваемый период не являются значительными, за исключением двух случаев: отдача за счет физико-химических методов в Республике Башкортостан возросла с 28,1 % в 2019 году до 61,8 % в 2021 году, что позволяет сделать вывод о перспективности применения таких методов; кроме того, простое заводнение уменьшило долю извлекаемой нефти в Татарстане с 42,4 до 16,4 % в общем объеме добываемой жидкости, что может свидетельствовать о неэффективности использования данного метода на месторождениях региона.

Истощение коллекторов «активной» нефти в Республике Башкортостан в сочетании с ростом доли трудноизвлекаемой (и в первую очередь высоковязкой) ее части в геологических запасах требует применения инновационных методов добычи, основанных на новых физических принципах. Среди множества передовых методов особой перспективностью, по нашему мнению, обладает метод воздействия на призабойную зону пласта высокочастотным электромагнитным полем. Несмотря на десятилетия исследований, данный метод до сих пор считается экспериментальным.

Научная проблема использования энергии электромагнитного поля в отечественной практике разработки нефтяных месторождений отличается крайне слабой разработанностью, в первую очередь исследования касаются основного физического процесса при использовании этой технологии — влияния излучения на вязкость пластовой нефти. Немногочисленные научные труды посвящены различным аспектам применения данной технологии, в том числе на материалах месторождений Республики Башкортостан:

- зависимость свойств нефти и объемов дополнительного ее извлечения от характеристик электромагнитного воздействия на пласт и вспомогательной магнитной жидкости [17];
- сравнительный анализ применимости электромагнитного воздействия в системе методов электрообработки [18];
- реологические свойства нефти в зависимости от режима и продолжительности электромагнитной обработки [19];
- особенности протекания физических процессов при электромагнитном воздействии на высоковязкие водонефтяные эмульсии [20] и др.

Моделирование применения электромагнитной технологии на виртуальных скважинах в одном из программных пакетов позволило

спрогнозировать уровень повышения нефтеотдачи пласта (рис. 4), что, в свою очередь, даст возможность произвести сравнение эффективности данного метода (по КИН) с существующими традиционными технологиями разработки.

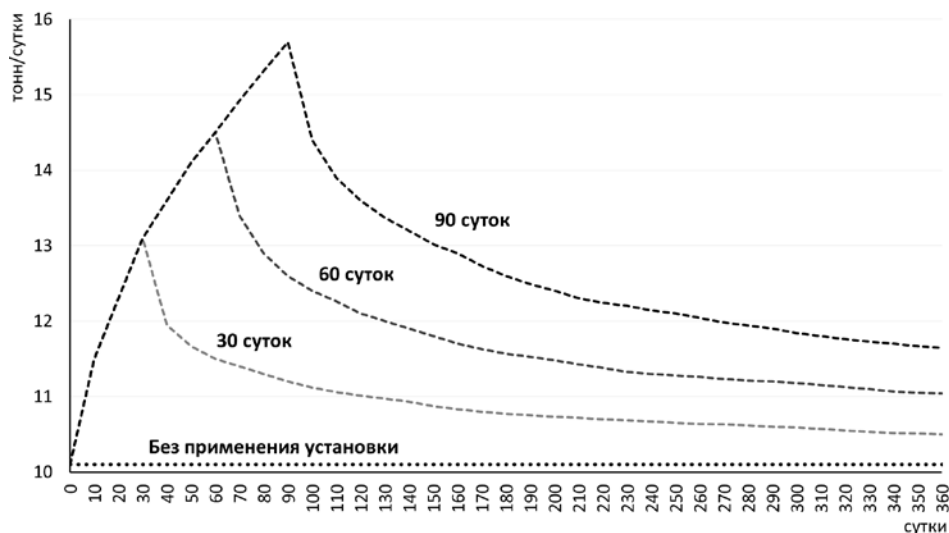


Рис. 4. Динамика текущего дебита эксплуатационной скважины при высокочастотном электромагнитном воздействии с различным временем обработки

Согласно рисунку 4, при установившемся режиме работы скважины (при введении в симулятор свойств нефти и условий добычи для одного из реальных месторождений Республики Башкортостан) с дебитом 10 т в сутки запуск экспериментальной установки приведет к повышению ежесуточного объема добываемой нефти до 13 т на 30-е сутки, 14,4 т — на 60-е и 15,6 т — на 90-е. При отключении установки дебит уменьшается со все меньшей интенсивностью, возвращаясь к первоначальным значениям. При этом, по расчетам, суммарный годовой накопленный объем дополнительной добычи нефти при обработке высокочастотным электромагнитным полем при 30, 60 и 90 сутках работы установки составляет, соответственно, 315, 632, 955 тонн.

Выводы

В процессе применения того или иного МУН себестоимость добываемой нефти характеризуется разным накоплением [21]. Согласно литературным данным и результатам экспериментов, прирост КИН вследствие применения электромагнитных технологий находится в диапазоне от 0,02 до 0,09 д.ед. относительно начальных геологических запасов, охваченных разработкой, что позволит оперативно перевести в разряд

извлекаемых не менее 30 млн т нефти по открытым в Республике Башкортостан месторождениям высоковязкой нефти.

Фокус внедрения новой технологии с целью интенсификации притока должен быть направлен на средние и мелкие месторождения, поскольку, по прогнозным данным, именно они станут основными источниками поступления нефти в ближайшее десятилетие — степень их выработанности составит 75–79 %, что значительно выше, чем у крупных месторождений (92–93 %) [22].

Устойчивое сокращение нефтеотдачи в Республике Башкортостан обусловлено завершающей стадией разработки на большей части месторождений, а также отсутствием крупномасштабных проектов по увеличению нефтеотдачи трудноизвлекаемых запасов посредством внедрения принципиально новых технологий. Вследствие этого научно-теоретическая проработка, оценка экономической эффективности и опробование электромагнитных методов являются чрезвычайно актуальной задачей, решение которой позволит на десятилетия обеспечить высокорентную производственную специализацию и тем самым поддержку социально-экономической стабильности региона.

Список источников

1. Постников, А. Л. Проблема добычи трудноизвлекаемых запасов нефти в России и современные методы ее решения / А. Л. Постников. – Текст : непосредственный // Бурение и нефть. – 2018. – № 12. – С. 48–50.
2. Плотников, И. Г. Разработка технологий извлечения остаточной нефти с применением водоизолирующих составов (на примере месторождений северо-запада Башкортостана) : специальность 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Плотников Иван Георгиевич. – Уфа, 2004. – 28 с. – Место защиты : Научно-производственная фирма «Геофизика». – Уфа. – Текст : непосредственный.
3. Котенев, Ю. А. Научно-методические основы повышения эффективности выработки трудноизвлекаемых запасов нефти с применением методов увеличения нефтеотдачи : специальность 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Котенев Юрий Алексеевич. – Уфа, 2004. – 48 с. – Место защиты : ГУП «Институт проблем транспорта энергоресурсов». – Текст : непосредственный.
4. Лукьянов, Ю. В. Повышение эффективности разработки карбонатных коллекторов нефти на основе комплексного применения физических и химических методов интенсификации процесса нефтеизвлечения (на примере ООО «НГДУ «Краснохолмскнефть» ОАО АНК «БашНефть») : специальность 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лукьянов Юрий Викторович. – Уфа, 2005. – 28 с. – Место защиты : ГУП «Институт проблем транспорта энергоресурсов». – Текст : непосредственный.

5. Габдрахманов, Н. Х. Научные основы и технологии насосной эксплуатации малодебитных скважин в поздние периоды разработки нефтяных месторождений : специальность 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Габдрахманов Нурфаяз Хабибрахманович. – Уфа, 2005. – 60 с. – Место защиты : ГУП «Институт проблем транспорта энергоресурсов». – Текст : непосредственный.
6. Вафин, Р. И. Повышение эффективности технологии водоизоляционных работ с применением гидрофобных эмульсий : специальность 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Вафин Рустам Ильдусович. – Уфа, 2007. – 25 с. – Место защиты : Научно-производственная фирма «Геофизика». – Текст : непосредственный.
7. Попов, А. М. Повышение эффективности разработки трудноизвлекаемых запасов нефти в карбонатных коллекторах юго-запада Южно-Татарского свода : специальность 04.00.17 «Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Попов Альберт Михайлович. – Уфа, 2000. – 24 с. – Место защиты : Башкирский научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности. – Текст : непосредственный.
8. Хатмуллин, А. Ф. Применение химических реагентов на поздней стадии разработки нефтяных месторождений северо-запада Башкортостана: специальность 02.00.13 «Нефтехимия»; 07.00.10 «История науки и техники» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Хатмуллин Айдар Флурович. – Уфа, 2006. – 26 с. – Место защиты : Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Текст : непосредственный.
9. Султанов, Ш. Х. Геотехнологические основы регулирования разработки нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами : специальность 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Султанов Шамиль Ханифович. – Уфа, 2009. – 48 с. – Место защиты : Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Текст : непосредственный.
10. Мухаметшин, В. В. Методические основы повышения эффективности разработки залежей высоковязкой нефти в карбонатных коллекторах : специальность 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Мухаметшин Вячеслав Вячеславович. – Уфа, 2009. – 24 с. – Место защиты : Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Текст : непосредственный.
11. Лысенков, А. В. Повышение эффективности комбинированного солянокислотного воздействия при разработке обводненных карбонатных коллекторов: специальность 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лысенков Алексей Владимирович. – Уфа, 2009. – 24 с. – Место защиты : Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Текст : непосредственный.

12. Бахтиярова, Р. С. Применение химических методов и технологий извлечения остаточной нефти на месторождениях Республики Башкортостан : специальность 02.00.13 «Нефтехимия»; 07.00.10 «История науки и техники» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бахтиярова Роза Сагитовна. – Уфа, 2010. – 24 с. – Место защиты : Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Текст : непосредственный.
13. Калинин, С. А. Разработка месторождений высоковязкой нефти в карбонатных коллекторах с использованием диоксида углерода. Анализ мирового опыта / С. А. Калинин, О. А. Морозюк. – DOI 10.15593/2224-9923/2019.4.6. – Текст : непосредственный // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 373–387.
14. Зюрин, В. Г. Регулирование разработки залежей аномально вязких нефтей на завершающей стадии: специальность 05.15.06 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Зюрин Виктор Григорьевич. – Уфа, 1998. – 23 с. – Место защиты : Нефтегазодобывающее управление «Арланнефть». – Текст : непосредственный.
15. Якубов, Р. Н. Совершенствование технологии полимер-кислотных обработок скважин для интенсификации добычи нефти из обводненных карбонатных пластов : специальность 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Якубов Равиль Наилевич. – Уфа, 2015. – 24 с. – Место защиты : Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Текст : непосредственный.
16. Хронология развития и применения методов увеличения нефтеотдачи пластов на примере месторождений Республики Башкортостан / А. С. Беляева, А. А. Никитина, Р. В. Кунакова, Э. М. Мовсумзаде. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Серия : Химия и химическая технология. – 2016. – Т. 59, № 4. – С. 88–93.
17. Барышников, А. А. Исследование и разработка технологии увеличения нефтеотдачи за счет вытеснения с применением электромагнитного поля: специальность 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Барышников Александр Александрович. – Тюмень, 2014. – 159 с. – Текст : непосредственный.
18. Использование электрообработки для увеличения нефтеотдачи / О. В. Смирнов, А. Е. Козярук, К. В. Кусков [и др.]. – DOI 10.31660/0445-0108-2015-5-67-73. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2015. – № 5. – С. 67–73.
19. Влияние СВЧ-воздействия на изменение вязкости высоковязких тяжелых нефтей / А. Ю. Леонтьев, О. Ю. Полетаева, Э. Р. Бабаев, П. Ш. Мамедова. – DOI 10.24411/2310-8266-2018-10204. – Текст : непосредственный // НефтеГазХимия. – 2018. – № 2. – С. 25–27.
20. Ковалева, Л. А. Электромагнитные технологии в нефтедобыче и нефтяной экологии / Л. А. Ковалева, Р. З. Миннигалимов, Р. Р. Зиннатуллин. – Текст : непосредственный // Недропользование XXI век. – 2009. – № 6. – С. 56–59.

21. Андреев, В. Е. Современное состояние структуры запасов нефти и динамики КИН, направления инновационных работ по обеспечению эффективного извлечения нефти / В. Е. Андреев, Г. С. Дубинский. – Текст : непосредственный // Акселерация инноваций — институты и технологии : сборник статей научного делового форума, 14–24 октября 2020 г. – Уфа : Институт стратегических исследований Республики Башкортостан, 2020. – С. 86–91.

22. Нефтяная промышленность исторически главных центров Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, элементы их истории, ближайшие и отдаленные перспективы / А. Э. Конторович, Л. В. Эдер, И. В. Филимонов [и др.]. – DOI 10.15372/GiG20161201. – Текст : непосредственный // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57, № 12. – С. 2097–2114.

References

1. Postnikov, A. L. (2018). A comprehensive solution for heating oil wells with viscous and paraffinic oils to prevent the formation of asphaltene-resin-paraffin deposits (ARPDs). *Burenie i nef't*, (12), pp. 48-50. (In Russian).

2. Plotnikov, I. G. (2004). *Razrabotka tekhnologiy izvlecheniya ostatnochnoy nef'ti s primeneniem vodoizoliruyushchikh sostavov (na primere mestorozhdeniy severo-zapada Bashkortostana)*. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Ufa, 28 p. (In Russian).

3. Kotenev, Yu. A. (2004). *Nauchno-metodicheskie osnovy povysheniya effektivnosti vyrabotki trudnoizvlekaemykh zaspos nef'ti s primeneniem metodov uvelicheniya nef'teotdachi*. Avtoref. diss. ... dokt. tekhn. nauk. Ufa, 48 p. (In Russian).

4. Luk'yanov, Yu. V. (2005). *Povyshenie effektivnosti razrabotki karbonatnykh kollektorov nef'ti na osnove kompleksnogo primeneniya fizicheskikh i khimicheskikh metodov intensivifikatsii protsessa nef'teizvlecheniya (na primere OOO "NGDU "Krasnokholmskneft" OAO ANK "BashNeft")*. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Ufa, 28 p. (In Russian).

5. Gabdrakhmanov, N. Kh. (2005). *Nauchnye osnovy i tekhnologii nasosnoy ekspluatatsii malodebitnykh skvazhin v pozdnie periody razrabotki nef'tyanykh mestorozhdeniy*. Avtoref. diss. ... dokt. tekhn. nauk. Ufa, 60 p. (In Russian).

6. Vafin, R. I. (2007). *Povyshenie effektivnosti tekhnologii vodoizolyatsionnykh rabot s primeneniem gidrofobnykh emul'siy*. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Ufa, 25 p. (In Russian).

7. Popov, A. M. (2000). *Povyshenie effektivnosti razrabotki trudnoizvlekaemykh zaspos nef'ti v karbonatnykh kollektorakh yugo-zapada Yuzhno-Tatarskogo svoda*. Avtoref. diss. ... kand. geol.-mineral. nauk. Ufa, 24 p. (In Russian).

8. Khatmullin, A. F. (2006). *Primenenie khimicheskikh reagentov na pozdney stadii razrabotki nef'tyanykh mestorozhdeniy severo-zapada Bashkortostana*. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Ufa, 26 p. (In Russian).

9. Sultanov, Sh. Kh. (2009). *Geotekhnologicheskie osnovy regulirovaniya razrabotki nef'tyanykh mestorozhdeniy s trudnoizvlekaemymi zasposami*. Avtoref. diss. ... dokt. tekhn. nauk. Ufa, 48 p. (In Russian).

10. Mukhametshin, V. V. (2009). *Metodicheskie osnovy povysheniya effektivnosti razrabotki zalezhey vysokovyazkoy nef'ti v karbonatnykh kollektorakh*. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Ufa, 24 p. (In Russian).

11. Lysenkov, A. V. (2009). Povyshenie effektivnosti kombinirovannogo solyanokislotochnogo vozdeystviya pri razrabotke obvodnennykh karbonatnykh kollektorov. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Ufa, 24p. (In Russian).
12. Bakhtiyarova, R. S. (2010). Primenenie khimicheskikh metodov i tekhnologiy izvlecheniya ostatochnoy nefti na mestorozhdeniyakh Respubliki Bashkortostan. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Ufa, 24 p. (In Russian).
13. Kalinin, S. A., & Morozuk, O. A. (2019). Development of high viscosity oil fields in carbonate collectors using carbon dioxide. Analysis of world experience. Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering, 19(4), pp. 373-387. (In Russian). DOI: 10.15593/2224-9923/2019.4.6
14. Zyurin, V. G. (1998) Regulirovanie razrabotki zalezhey anomal'no vyazkikh neftey na zavershayushchey stadii. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Ufa, 23 p. (In Russian).
15. Yakubov, R. N. (2015). Sovershenstvovanie tekhnologii polimer-kislotnykh obrabotok skvazhin dlya intensivatsii dobychi nefti iz obvodnennykh karbonatnykh plastov. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Ufa, 24 p. (In Russian).
16. Belyaeva, A. S., Nikitina, A. A., Kunakova, R. V., & Movsumzade, E. M. (2016). Chronology of development and application of enhanced oil recovery methods on example of deposits of Republic of Bashkortostan. ChemChemTech, 59(4), pp. 88-93. (In Russian).
17. Baryshnikov, A. A. (2014). Issledovanie i razrabotka tekhnologii uvelicheniya nefteotdachi za schet vytesneniya s primeneniem elektromagnitnogo polya. Diss. ... kand. tekhn. nauk. Tyumen, 159 p. (In Russian).
18. Smirnov, O. V., Kozyaruk, A. E., Kuskov, K. V., Portnyagin, A. L., & Safonov, A. V. (2015). Use of electrotreatment method for oil recovery enhancement. Oil and Gas Studies, (5), pp. 67-73. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2015-5-67-73
19. Leontyev, A. Yu., Poletaeva, O. Yu., Babayev, E. R., & Mamedova, P. Sh. (2018). Influence of microwave exposure on the change of the viscosity of highly viscous heavy oil. Oil & Gas Chemistry, (2), pp. 25-27. (In Russian). DOI: 10.24411/2310-8266-2018-10204
20. Kovaleva, L. A., Minnigalimov, R. Z., & Zinnatullin, R. R. (2009). Elektromagnitnye tekhnologii v nefteдобыче i neftyanoy ekologii. Nedropol'zovaniye XXI vek, (6), pp. 56-59. (In Russian).
21. Andreev, V. E., & Dubinskiy, G. S. (2020). Sovremennoe sostoyanie struktury zapasov nefti i dinamiki KIN, napravleniya innovatsionnykh rabot po obespecheniyu effektivnogo izvlecheniya nefti. Akseleratsiya innovatsiy - instituty i tekhnologii: sbornik statey nauchnogo delovogo foruma. October, 14-24, 2020. Ufa, Institut strategicheskikh issledovaniy Respubliki Bashkortostan Publ., pp. 86-91. (In Russian).
22. Kontorovich, A. E., Eder, L. V., Filimonova, I. V., Mishenin, M. V., & Nemov, V. Yu. (2016). Oil industry of major historical centers of the Volga-Ural petroleum province: their past, immediate and long-term prospects. Russian Geology and Geophysics, 57(12), pp. 2097-2114. (In Russian). DOI: 10.15372/GiG20161201

Информация об авторе / Information about the author

Рабцевич Андрей Александрович,
кандидат экономических наук, стар-
ший научный сотрудник, доцент ка-
федры экономики и регионального раз-
вития, магистр прикладной физики,
Уфимский университет науки и техно-
логий, г. Уфа, cruiser333@yandex.ru

Andrey A. Rabtsevich, Candidate
of Economics, Senior Researcher, Associ-
ate Professor at the Department of Eco-
nomics and Regional Development,
Master's Degree in Applied Physics and
Mathematics, Ufa University of Science
and Technology, cruiser333@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 15.03.2023; одобрена после рецензирования 04.10.2023; принята к публикации 09.10.2023.

The article was submitted 15.03.2023; approved after reviewing 04.10.2023; accepted for publication 09.10.2023.