

## Нерешенные проблемы и решаемые задачи инновационного проектирования разработки месторождений нефти

Рассматривается современное состояние проектирования разработки месторождений нефти на основе геолого-гидродинамического моделирования. Показаны причины неадекватности моделей реальным геолого-физическим условиям продуктивных пластов и, как следствие, низкого качества прогноза добычи нефти, что обуславливает в итоге короткий «межпроектный» период. Обосновывается необходимость инновационного проектирования с внедрением новейших методов увеличения нефтеотдачи в связи с выработкой трудноизвлекаемых запасов. Подчеркивается целесообразность реформирования образовательного процесса и финансирования отраслевой науки для создания наукоемких инновационных проектов. Обозначены задачи для гармонизации отношений государства и недропользователей, без которых выполнение приоритетных направлений «Энергетической стратегии России на период до 2030 г.» вряд ли окажется реальным.

*Ключевые слова:* трудноизвлекаемые запасы нефти, коэффициент извлечения нефти, инновационное проектирование разработки месторождений, геолого-гидродинамическая модель, методы увеличения нефтеотдачи.

Основным резервом поддержания уровня добычи нефти во многих регионах Российской Федерации в современных условиях развития отрасли являются трудноизвлекаемые запасы нефти (ТИЗН). Если в начале 60-х гг. доля ТИЗН в общем балансе СССР/России составляла примерно 10%, то по данным ВНИИнефть в 90-е гг. она превысила 50%, к началу второго десятилетия XXI века составила уже 60% (Шелепов и др., 2012), а по оценкам ОАО «ИГиРГИ» даже приблизилась к 70% и продолжает увеличиваться.

Проблема трудноизвлекаемых запасов нефти возникла не сразу, с развитием нефтяной промышленности номенклатура их расширялась (особенно с внедрением методов заводнения), менялись и представления о масштабах распространения этой категории запасов. Особое внимание к ним определяется необходимостью вовлечения в активную разработку низкорентабельных залежей и обводненных пластов, запасы которых с применением традиционного подхода вырабатываются крайне низкими темпами, так как технологии разработки нефтяных месторождений, методы увеличения нефтеотдачи (МУН) и интенсификации добычи нефти на объектах с ТИЗН, обусловленными природными условиями, оказываются малоэффективными. Коэффициент нефтеизвлечения не превышает 10-25% при многократном росте удельных капитальных вложений.

В сложившейся в России экономической ситуации проблема повышения эффективности извлечения запасов нефти на основе применения новейших технологий доразведки, разработки и доразработки месторождений приобрела особую актуальность как в старых нефтедобывающих районах, так и при освоении нефтегазоносных территорий. На новых эксплуатационных объектах и месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами с самого начала нужно проектировать инновационные технологии (Муслимов, 2012б, 2013а). Это единственный путь кардинального решения проблемы рациональной разработки нефтяных месторождений с достижением нефтеотдачи (Муслимов, 2013в), которая соответствует современному уровню развития науки и техники. «Существенное отставание России во внедрении более эффективных и дорогостоящих МУН в перспективе можно из недостатка превратить в большое преимущество. Но все зависит в первую очередь от решений государства» (Муслимов, 2013а).

По существу запасы всех залежей нефти на поздней ста-

дии разработки превращаются в трудноизвлекаемые (Гавура, 1995). Стабильность уровня нефтедобычи на месторождениях, вступивших в заключительные стадии разработки, определяется рациональным использованием оставшихся ТИЗН. Это обуславливает необходимость создания и адресного использования новых наукоемких технологий разработки, обеспечивающих поступательное повышение нефтеотдачи пластов и прироста извлекаемых запасов. Разработка трудноизвлекаемых запасов и тем более использование современных технологий повышения нефтеотдачи приводит к дополнительным затратам, к необходимости повышения научного потенциала отрасли (Шелепов и др., 2012). Вместе с тем качество проектирования и состояние разработки месторождений все менее соответствуют установленным требованиям; проектирование разработки, как правило, не сопровождается необходимыми научно-исследовательскими и поисковыми работами (Пономарев, 2007а).

Ведущие ученые и специалисты-нефтяники бьют тревогу о положении проектных технологических документов на разработку нефтяных месторождений в России. Одни из них рассматривают инновационное проектирование как важное звено в промышленном внедрении новых технологий разработки нефтяных месторождений с проблемными запасами нефти (Волков, 2012; Джафаров, 2009; Муслимов, 2009-2013), другие относятся к этому с оглядкой на прошлое, то есть как к возврату к советской действительности времен Миннефтепрома СССР образца 1980-х гг.: «инновационные предложения по организации производства (в данном случае инновационного проектирования) – это в основе своей повторение пройденного, того, что было разрушено и что с таким трудом мы сейчас пытаемся восстановить» (Давыдов, 2013). Но и те, и другие едины во мнении: инновационное проектирование было и будет актуальным и востребованным, и развитие его является общемировой тенденцией, как инструмент повышения эффективности разработки месторождений. В ОАО «Газпром нефть» задачи увеличения добычи и повышения степени извлечения остаточных ТИЗН рассматриваются комплексно (Джафаров, 2009): «В частности, повышение КИН связывают с апробацией и активным использованием всего спектра современных методов добычи нефти и газа, включающих оперативное управление разработкой месторождений, эффективную выработку

запасов, оптимизацию эксплуатации действующих и качественное строительство новых скважин». Имеющаяся ресурсная база и принятая стратегия развития ОАО «Газпром нефть» определили концепцию развития инновационных технологий: 1) оптимизация разработки истощенных высокообводненных месторождений; 2) разработка и внедрение новых методов увеличения нефтеотдачи для низкопроницаемых коллекторов; 3) повышение эффективности разработки и мониторинга эксплуатации многопластовых залежей нефти; 4) внедрение технологий добычи и транспорта высоковязкой нефти; 5) поиск технологических решений для освоения месторождений углеводородов.

Эффективная выработка трудноизвлекаемых запасов нефти предполагает наличие надежной физико-геологической базы знаний, позволяющей оценивать добычные возможности продуктивных пластов, обоснованно подбирать и целенаправленно совершенствовать системы разработки, технологии интенсификации добычи нефти и методы увеличения нефтеотдачи, наиболее соответствующие определенным типам объектов.

Если говорить о нынешнем состоянии проектирования разработки нефтяных месторождений, то обращает внимание недостаточная адекватность создаваемых геолого-гидродинамических моделей (ГГДМ) реальным геолого-физическим условиям объектов эксплуатации, которая приводит к ошибкам прогноза технологических показателей (Дзюба, 2007; Мухаметшин, 2013; Халимов, 2012), и в результате «во многих случаях процедура перерастает в непрерывно продолжающееся *перманентное проектирование*» (Халимов, 2012). Применение ГГДМ при составлении технологических документов согласно «Методическим рекомендациям по проектированию разработки нефтяных и газонефтяных месторождений» 2007 г. (создание цифровых моделей при представлении проектных документов в ЦКР Роснедр де-факто узаконено с 2000 г.), в которых в отличие от прежде действовавших документов специально выделен раздел «Цифровые модели месторождения», казалось, должно былократно увеличить точность прогноза технологических показателей. Обращается внимание на то (Муслимов, 2013в), что «складывается парадоксальная ситуация: техника и технология нефтедобычи неуклонно развиваются (в основном за счет закупок оборудования и средств исследования геологии и разработки месторождений), а нефтеотдача снижается»; причем это происходит не только по объектам с ТИЗН, но и по месторождениям с активными запасами нефти. Многолетний практический опыт проектирования и реализации проектов показал (Халимов, 2012), что не удалось решить главную задачу – путем создания ГГДМ повысить точность получаемых результатов прогноза технологических показате-

телей. Отмечено (Халимов, 2012), что для зрелых месторождений, имеющих длительную историю разработки и находящихся в поздней стадии, точность прогнозов, выполненных с использованием традиционных аналитических методик, не уступает прогнозам, полученным с применением пластового моделирования; тогда как численное пластовое моделирование является более трудоемким, дорогостоящим, требующим привлечения значительных человеческих и технических ресурсов.

Причиной тому, как показали экспертные оценки (Мухаметшин, 2013), являются следующие факторы:

1. Ошибки, допущенные при детальной корреляции пластов при подсчете запасов, геологическая основа которой используется в фильтрационной модели, автоматически переходят в проектный документ.
2. Недооценка макро- и микронеоднородности продуктивных пластов.
3. Недочет вязкоупругих свойств и степени влияния вязкости нефти на коэффициенты остаточной нефтенасыщенности и соответственно вытеснения.
4. Нерегулярность пустотного пространства в карбонатных пластах-коллекторах, динамический характер их трещиноватости.
5. Техногенные изменения в пластовых системах (Абдулмазитов и др., 2008; Мухаметшин, Кринари, 1999; Мухаметшин, 2006; Петрова и др., 1998; Хисамов, Файзуллин, 2011).
6. Взаимодействие пластов в процессе разработки, в том числе из-за неучета вертикальной проницаемости так называемых полуколлекторов или некондиционных коллекторов (Закиров и др., 2010; Муслимов, 2012а, 2012в; Хисамов, Файзуллин, 2011).
7. Человеческий фактор – отсутствие взаимоувязки проектных решений специалистами разного профиля, в

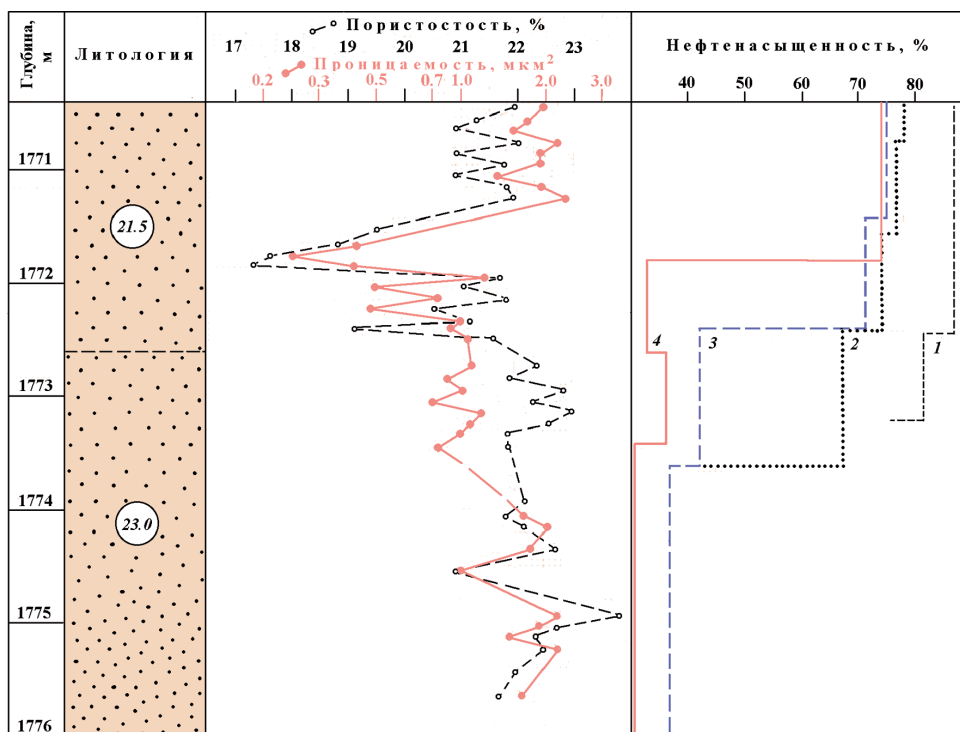


Рис. 1. Динамика нефтенасыщенности по разрезу пласта «в» в контрольной скв. 25328 Миннибаевского ОУ. Нефтенасыщенность: 1 – от 11.1991 г. (после цементирования обсадной колонны), 2 – от 09.1992 г., 3 – от 11.1994 г. (после обычного заводнения, Кохв – 0.64), 4 – от 09.1997 г. (после ОЭЦ). В кружках – пористость по ГИС.

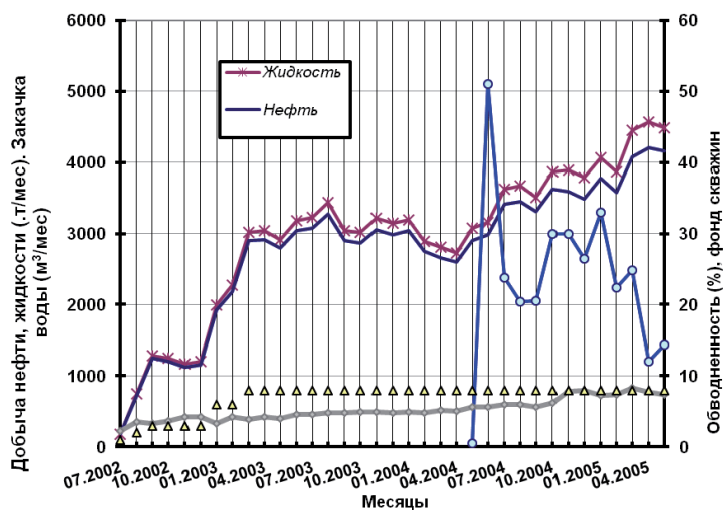


Рис. 2. Черемуховское месторождений, башкирский ярус. Динамика показателей разработки по элементу в районе нагнетательной скважины 5425.

особенности технологом-разработчиком, «модельером» и физиком-экспериментатором.

8. К семи факторам следует добавить еще один: по мнению (Давыдов, 2013), сама «адаптация модели в соответствии с нынешними представлениями о целях адаптации является неудовлетворительной», поскольку «существует целый набор приемов, которым часто пользуются для достижения «хорошей» адаптации, т.е. когда, собственно, адаптация проводится ради самой себя. Эти приемы, не имеющие физического смысла, не позволяют оценить реальное состояние выработки запасов, дать конкретные рекомендации недропользователю, однако они отвечают современным требованиям по приемке моделей».

Перечисленные факторы по особенностям проявления можно свести в четыре группы, каждая из которых в первую очередь характеризуется:

А. Недостаточным объемом исследовательской базы (факторы 2, 3, 4).

Б. Отсутствием разработанных контролирующими органами и обоснованных с использованием математических методов жестких требований к адаптации моделей (Давыдов, 2012б), особенно по истории разработки, утвержденных на уровне министерств и ведомств, ответственных за приемку проектных документов (фактор 8).

В. Сложностью обоснования динамики происходящих в пласте техногенных процессов в количественном плане (фактор 5).

Д. Недостаточным профессионализмом проектировщиков (факторы 1, 2, 6, 7, 8), которые в условиях дефицита исходной информации руководствуются далеко не обоснованным принципом аналогии, либо упрощают модели, не пытаясь использовать наработанные для таких случаев приемы и технологии. В ЦГЭ (Билибин и др., 2006) для повышения адекватности геологической модели объектов разведки и эксплуатации разработана технология оценки геологической неоднородности пласта, разбуренного плотной сеткой скважин, и учета ее в геологических моделях на участках, вскрытых редкой сеткой разведочных скважин. Равномерный учет геологической неоднородности по всей площади пласта позволяет повысить достоверность прогноза строения пластов в межскважинном пространстве без получения дополнительной информации. Это

лишь один из примеров творческого и высокопрофессионального подхода при создании ГГДМ.

В работе (Дзюба, 2007) рассмотрены слабые места моделирования фильтрационных процессов; отмечается, что «во многих случаях качество заложенной в симуляторы математики соответствует устаревшим численным методикам, что дополнительно суживает возможности моделирования». И далее там же «в результате особенностей (ограничений) симуляторов игнорируются основы теории моделирования, и от моделей разработки требуют достижения 1-2% точности расчета годовой добычи нефти, несмотря на то что исходные данные имеют погрешность 20%». К важным выводам следует отнести следующее:

- в распространенных программных продуктах не освещено моделирование в условиях неудовлетворительного качества и количества исходной информации; западное программное обеспечение этому не уделяет внимания;

- при переходе от геологической модели к гидродинамической штатное ремасштабирование в большинстве геологических пакетов приводит к потере макро- и микрооднородности (в соответствии с законом Мейера «Усложнять – просто, упрощать – сложно»), к «сглаживанию» объектов, к заведомому улучшению показателей;

- широкий спектр технологий ОПЗ, реально применяемых на скважинах, в симуляторах не отражен;

- огромные массивы информации современных геофизических, гидродинамических, индикаторных исследований скважин, получаемые при контроле за разработкой месторождений, не задействуются при моделировании;

- невозможно оценить эффективность реализации на практике технологий МУН, из-за чего расчеты эффективности не корректны;

- модели не пригодны для принятия решений по локальным задачам и отдельным скважинам, то есть для конкретных целей (Халимов, 2012).

Из этого следует: «Ключевым моментом, определяющим качество построенных моделей, является качество методического и программного обеспечения – симуляторов, полнота описания геологического строения пластов, процессов массообмена пласт-скважина, технологий работы со скважинами» (Дзюба, 2007).

По мнению (Закиров и др., 2010) «наступившая эра компьютерного моделирования выявила негативные стороны традиционной концепции абсолютного порового пространства», в которой пористая среда характеризуется абстрактными параметрами абсолютной проницаемости и открытой пористости. В предложенной упомянутыми авторами альтернативной новой концепции эффективного порового пространства (ЭПП) базисными параметрами являются реалистичные коэффициенты эффективной пористости (доля пор в объеме элемента пласта, не занятых остаточной водой) и эффективной проницаемости (фазовая проницаемость для нефти (газа) при остаточной водонасыщенности). Отмечается (Закиров и др., 2010), что принятие и реализация подходов концепции ЭПП в одной дисциплине мало эффективны – требуется «восстановление взаимосвязей, системности в нефтегазовой науке». Для достижения поставленной цели необходимо наличие специалистов широкого профиля, способных охватить взглядом несколько дисциплин и увидеть возможные несоответствия.

На передний план (кроме создания адекватных, реаль-



но работающих с конкретными объектами симуляторов) выходит и проблема кадров. На это 7 лет тому назад обратили внимание в ЦКР: «До сих пор не создана новая система подготовки специалистов по проектированию разработки месторождений» (Пономарев, 2007а); «при составлении проекта работа ведется комплексная: нужны геологи-разведчики, промысловые геологи, геофизики-разведчики, промысловые геофизики, буровики, добычники, гидродинамики, специалисты по обустройству – вся гамма специалистов ... Все эти специалисты должны работать как единая команда» (Лисовский, 2007). Поэтому России, чтобы не оказаться на задворках развития, необходимо в первую очередь позаботиться об образовании нации (Пешин, 2011), ситуация с которой только ухудшается. Это неизбежно, поскольку такое развитие событий запрограммировано введенной в стране системой образования. В плане вузовского образования пора инженерные специальности снова сделать привлекательными. Здесь никак нельзя ограничиваться только бакалавриатом и магистратурой, выпускники которых не нацелены на выполнение значимых практических задач: одни в силу отсутствия прочного базового образования, другие (даже лучшие из них) окажутся оторванными от системного внедрения инноваций. Необходимо вернуться к подготовке специалистов с пятилетним или шестилетним сроком обучения, то есть к иерархии бакалавр – специалист – магистр. Эту проблему следует решать при подготовке кадров не только для нефтяной и газовой промышленности.

Для получения адекватных представлений об объектах с трудноизвлекаемыми запасами, подготавливаемых к разработке и разрабатываемых, необходимо не только обобщение всей накопленной в ходе поисково-разведочных работ геологической информации (Белонин, 1997), но и проведение специальных исследований, в том числе на физических моделях и в промысловых условиях (Мухаметшин, 2006). Комплексный характер изучения объектов обуславливает привлечение широкого спектра научных дисциплин. Методологией же качественного и всестороннего изучения и моделирования объектов различной природы служит системный подход.

Формализацию процедур системного подхода должно предварять выделение классов запасов (Мухаметшин, 2006). Каждый из выделенных классов ТИЗН отражает приоритетность определяющих признаков (одного, двух или даже трех) трудной извлекаемости запасов, на изучение которых должен быть нацелен комплекс методов исследования.

Проектирование и внедрение инновационных технологий, несомненно, потребуют проведения ОНР: во-первых, каждый объект или группа их уникальны по своим геолого-физическим характеристикам, здесь как нигде необходимо учитывать закон Миллера («Ничего нельзя сказать о глубине лужи, пока в нее не попадешь»); во-вторых, успешность той или иной технологии зависит от: а) уже сформированной системы разработки, б) применявшихся методов ОПЗ (методов интенсификации добычи), в) степени системности их проведения, г) комплексирования методов (технологий). В любом случае для инновационного проектирования должны быть предусмотрены в значительном объеме подготовительные (опережающие, предпроектные) научно-исследовательские и опытно-промышленные работы (НИОПР) (Волков, 2009), начиная с

уточнения геологической модели объекта (Муслимов, 2012г; Мухаметшин, 2013; Халимов, 2012). Во-первых, это проведение расширенного комплекса полевых геофизических методов; во-вторых, выполнение широкого спектра лабораторных, экспериментальных и промысловых исследований. Разведочная геофизика, включая мобильные методы, может оказать существенную помощь в изучении неоднородностей геологической среды (в первую очередь тех из них, которые могут повлиять на выбор систем разработки), прогнозировании зон повышенной и интенсивной тектонической трещиноватости и их трассировании (Мухаметшин и др., 2002), что чрезвычайно важно при проектировании систем разработки для залежей нефти в карбонатных коллекторах.

Для эффективного освоения месторождений с ТИЗН необходимо при государственной поддержке вернуться к практике широкомасштабных экспериментов на опытных участках (ОУ), имеющих важное значение для отрасли. В рамках одного из таких масштабных и, пожалуй, последних экспериментов в советский период, проведенных по инициативе главного геолога ПО «Татнефть» Р.Х. Муслимова, было создано три ОУ по «Программе экспериментальных исследований по оценке эффективности применения нефтewытесняющих композиций и реагентов на опытных участках, оборудованных стеклопластиковыми хвостовиками», утвержденной в 1990 г. генеральным директором «Татнефти» Р.Г. Галеевым (Мухаметшин, 2006, 2007; Мухаметшин и др., 2002, 2007). На Миннибаевской площади Ромашкинского месторождения для изучения динамики изменения нефтewодонасыщенности в условиях высокочемких коллекторов пластов «в» и «г<sub>2+3</sub>» (нижняя пачка пород горизонта Д<sub>1</sub>) пробурено девять скважин со стеклопластиковыми обсадными трубами (СПОТ) в интервалах продуктивных пластов горизонта Д<sub>1</sub>. Разбуривание участка завершено к началу 1992 г. Как показали скважинные исследования индукционным методом (ИМ) по технологии ВНИИнефтепромгеофизики (Мухаметшин, 2006, 2007), при использовании загустителей в виде оторочек ОЭЦ (потокоотклоняющих технологий), наряду с увеличением охвата заводнением происходит снижение нефтенасыщенности в ранее заводненном объеме. Эффект от закачки ОЭЦ подтвержден промысловыми данными; в скважинах со СПОТ он проявился через прирост коэффициента охвата и снижение нефтенасыщенности в ранее заводненных интервалах (Рис. 1). В интенсивно промытой части пласта «в» в нагнетательной скв. 20403 толщиной 5.0м после ОЭЦ коэффициент остаточной нефтенасыщенности снизился с 28.4% до 23.2%, что соответствует коэффициенту вытеснения, равному 0.754, то есть существенно выше, нежели это при моделировании процесса вытеснения нефти необработанной водой. Близкие значения остаточной нефтенасыщенности зафиксированы и по отдельным интервалам контрольных скважин. При заводнении ОЭЦ происходит вытеснение части капиллярно-защемленной в поровом объеме нефти из высокочемких заводненных слоев. Это позволяет рекомендовать и эффективно использовать данный третичный метод увеличения нефтеотдачи и на поздней стадии разработки даже квазиоднородных высокопроницаемых пластов.

Другой эксперимент связан с освоением залежей высоковязкой нефти в карбонатных коллекторах и чрезвычайно важен для условий месторождений Татарстана и

Самарской области. Специфика физико-геологических характеристик залежей в карбонатных коллекторах Мелекесской впадины указывает на то, что их запасы являются вдвойне и даже втрое трудноизвлекаемыми.

Опыт освоения участка Черемуховского месторождения с применением технологии вскрытия карбонатных пластов на депрессии, разработанной в ПермНИПИнефти под руководством Н.И. Крысина, и его двухлетней эксплуатации в НГДУ «ТатРИТЭК» (Якимов и др., 2005) показал: даже в условиях высокой вязкости нефти и чрезвычайно неоднородных карбонатных пластов башкирского яруса, представляется возможным и эффективным создание очагов заводнения (Рис. 2). Дебиты нефти по 13 эксплуатирующим пласты башкирского яруса скважинам, вскрытие которых производилось на депрессии, колебались от 6,1 до 23,2 т/сут и составили в среднем 14,4 т/сут, что в 2,9 раза выше таковых по скважинам, где пласты вскрыты по традиционной технологии. Ранее организация очага заводнения в 1986 г. в аналогичных пластах Нурлатского месторождения не привела к изменению дебитов в окружающих добывающих скважинах, которые характеризовались низкими пластовыми и забойными давлениями (соответственно 4,4-6,7 МПа и 0,8-1,9 МПа) и, несмотря на резкое превышение закачки воды над отбором жидкости, обводнялись нижними водами (Гилязов и др., 1999).

Повышение степени извлечения нефти из недр – одно из приоритетных направлений развития нефтяной промышленности (Крянев, Жданов, 2011; Муслимов, 2010, 2012а, 2013а и др.; Шелепов и др., 2012). Методы увеличения нефтеотдачи (МУН) являются гораздо более сложными, чем заводнение, процессами, основанными на механизмах дополнительного извлечения нефти из пористой среды. Технологии МУН требуют как предварительного тщательного научного обоснования применительно к конкретным условиям, так и последующего научного сопровождения при их применении с использованием новых и принципиально новых средств контроля и регулирования. На текущем этапе, как считают во ВНИИнефти (Крянев, Жданов, 2011), необходимо создание и освоение технологий, обеспечивающих многофакторное воздействие на пласт-коллектор и насыщающие его флюиды.

С переходом нефтяной промышленности на новую систему хозяйствования перестали действовать механизмы стимулирования изучения проблемы увеличения нефтеотдачи, существенно уменьшилась активность научных исследований, объемы применения методов стали снижаться (Крянев, Жданов, 2011); проектирование разработки не сопровождается необходимыми научно-исследовательскими и поисковыми работами, отсутствуют предложения по созданию опытно-промышленных полигонов для отработки новых технологических решений (Пономарев, 2007б).

По данным (Крянев, Жданов, 2011) при благоприятных условиях к 2030 г. извлекаемые запасы страны за счет промышленного применения МУН могут быть приращены на 2-4 млрд. т с годовой дополнительной добычей 30-60 млн. т, дополнительные затраты в конечном счете компенсируются повышенной эффективностью. По Татарстану это позволит удвоить извлекаемые запасы малых нефтяных компаний, в целом по республике прирастить более 400 млн. т извлекаемых запасов нефти, что равносильно созданию нового нефтедобывающего района России

(Волков, Сахибуллин, 2009). Как показывает мировой и российский опыт, без государственного участия инновационные проблемы решать не удается. Отдельные эксперименты проводятся в небольшом числе компаний, условия проведения и полученные результаты далеко не всегда становятся доступными широкому кругу специалистов из-за «коммерческой тайны».

В деле продвижения инновационных технологий необходимо решать и решить на государственном уровне три проблемы:

1. Софинансирование государственными структурами научно-исследовательских и опытно-промышленных работ, включая масштабные эксперименты в пластовых условиях по оценке эффективности МУН для различных классов проблемных запасов нефти. Проблемы, связанные с гармонизацией экономических интересов в первую очередь государства и недропользователей, рассматривались в работах (Давыдов, 2013; Крянев, Жданов, 2011; Муслимов, 2011, 2012г, 2013а, 2013в). Финансируя или предоставляя налоговые льготы, государство вместе с тем становится правообладателем, то есть получает в свое распоряжение апробированные в условиях реальных пластов технологии, которые через контролирующие органы вправе требовать от недропользователей их внедрения.

2. Создание нормативно-правовой базы, в том числе регламентирующей применение программных комплексов для прогноза добычи нефти и обоснования геолого-технических мероприятий.

3. Преобразования в сфере высшего образования, переход к трехзвенной («бакалавр – специалист – магистр») иерархии выпускников.

Активное внедрение МУН всегда происходит на фоне существенного развития сопутствующих фундаментальных и прикладных научных исследований (Крянев, Жданов, 2011). О каком же прорыве в деле повышения нефтеотдачи на месторождения страны можно говорить, когда государство, как резонно отмечается учеными (Давыдов, 2014; Муслимов, 2012б), практически не финансирует нефтегазовую прикладную науку, хотя именно эта отрасль приносит ему основной доход?

Для успешного моделирования сложных месторождений и разработки нужны принципиально более совершенные симуляторы (Дзюба, 2007; Пергамент, Некрасов, 2007), которые бы позволяли на основе использования современных достижений численных методов решения уравнений фильтрации создавать модели, отвечающие физико-геологическим условиям реальных объектов. Российским нефтяным компаниям и научным организациям и центрам в свое время был анонсирован отечественный программный комплекс «Траст», затем переименованный в TimeZYX. Однако и те, и другие этих разработок не дождались. Без совершенных симуляторов требование ЦКР к недропользователям «обеспечить разработку месторождения, мониторинг разработки на базе постоянно действующих геолого-технологических моделей», многократно озвученное на заседаниях и нашедшее отражение в публикациях «Вестника ЦКР Роснедра» и других изданий, просто повисает в воздухе.

По мнению (Пергамент, Некрасов, 2007) только совместные исследования и разработки ученых и практиков в области создания качественных симуляторов, более точно

описывающих процессы фильтрации в сложных реальных случаях, повышение квалификации специалистов-гидродинамиков и разработчиков обеспечат более эффективное использование постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений нефти и газа России.

Что даст государству и недропользователям решение давно назревших проблем?

Государству:

1. Реальное выполнение утвержденной Правительством РФ «Энергетической стратегии России на период до 2030 г.» и соответствующее высокому уровню добычи УВС наполнение бюджета.

2. Развитие высоких технологий в нефтяной отрасли.

3. Создание интегрированной системы управления разработкой месторождений на основе постоянно действующих геолого-технологических моделей.

4. Повышение уровня профессионализма и квалификации широкого круга специалистов.

Недропользователям:

1. Создание действительно адекватных, приближенных к реальным физико-геологическим условиям объектов эксплуатации геолого-гидродинамических моделей дает возможность с высокой эффективностью использовать их на различных уровнях организации производства по всей технологической цепочке добычи УВС. В последние годы активно рекламируется новый отечественный симулятор tNavigator – флагманский продукт компании Rock Flow Dynamics (Эйдинов, 2011). Пользовательский интерфейс программного пакета tNavigator, позволяет осуществлять принципиально новый подход к построению и использованию гидродинамических моделей и предоставляет возможности по управлению расчетом и анализу данных. Принципиальным нововведением является набор инструментов для моделирования геолого-технических мероприятий и оптимизации системы поддержания пластового давления.

2. Повышение эффективности планируемых геолого-технических мероприятий на основе актуализации адекватных действующих моделей и созданной на их основе интегрированной аналитической среды. Стоимость же построения адекватных моделей несопоставима с теми затратами, которые несет недропользователь в процессе освоения месторождения или внедрения новой технологии добычи нефти (Давыдов, 2012б).

3. Участие в создании новейших технологий разработки месторождений и повышения нефтеотдачи на месторождениях с ТИЗН поднимет квалификацию специалистов нефтедобывающих и сервисных компаний на новый уровень.

Реализации инновационных технологий при разработке трудноизвлекаемых запасов, которые в настоящий период служат основным резервом развития нефтяной отрасли России – это, во-первых, «маяки» для создания прорывов в деле существенного повышения нефтеотдачи и ресурсной базы страны в целом; во-вторых, своего рода локомотив, который позволит подняться на более высокий уровень развития знаний в области фундаментальных и прикладных наук и технологий.

## Литература

Абдулмазитов Р.Г., Саттаров Р.З., Насыбуллин А.В. Оценка влияния техногенного воздействия на коллекторские свойства пласта. *Нефтяное хозяйство*. 2008. №1. С.62-64.

Белонин М.Д. Количественные методы регионального и ло-

кального прогноза нефтегазоносности: Дисс. ... д.геол.-мин.н. СПб: ВНИГРИ.1997. 103 с.

Билибин С.И., Дьяконова Т.Ф., Гаврилова Е.В. и др. Особенности современного подхода к подсчету геологических запасов многопластовых месторождений нефти и газа на основе трехмерных моделей. *Нефтяное хозяйство*. 2006. №10. С.32-36.

Волков Ю.А. Суть инновационного проектирования в организации опережающих научно-исследовательских работ. *Нефть. Газ. Новации*. 2012. №3. С.17-23.

Волков Ю.А., Сахибуллин Н.А. О реализации инновационного потенциала научно-внедренческого нефтяного кластера Республики Татарстан. *Георесурсы*. 2009. №4. С.3-6.

Гавура В.Е. Геология и разработка нефтяных и газонефтяных месторождений. М.: ВНИИОЭНГ. 1995. 496 с.

Гилязов Ш.Я., Мухаметшин Р.З. и др. Опыт разработки залежей высоковязкой нефти Мелекесской впадины. *Высоковязкие нефти, природные битумы и остаточные нефти разрабатываемых месторождений: Тр. науч.-практ. конф.* Т.1. Казань: Экоцентр. 1999. С.320-328.

Давыдов А.В. Инновационное проектирование – необходимость или дань моде? *Нефть. Газ. Новации*. 2013. №1. С.21-27.

Давыдов А.В. Повышение качества проектирования разработок месторождений углеводородного сырья – основная задача в современных условиях. *Нефть. Газ. Новации*. 2012а. №3. С.6-7.

Давыдов А.В. Современное состояние моделирования и проектирования разработки месторождений углеводородов. Реальность и перспективы. *Нефть. Газ. Новации*. 2012б. №10. С.19-23.

Джафаров И.С. Инновационные технологии как инструмент повышения эффективности разработки месторождений ОАО «Газпром нефть». *Нефтяное хозяйство*. 2009. №12. С.25-28.

Дзюба В.И. Гидродинамическое моделирование разработки нефтяных месторождений. Проблемы и перспективы. *Вестник ЦКР Роснедра*. 2007. №1. С.35-39.

Лисовский Н.Н. О работе ЦКР. Интервью. *Нефтяное хозяйство*. 2007. №5. С.10-12.

Закиров С.Н., Закиров Э.С., Индрупский И.М., Анисеев Д.П. Новая концепция эффективного порового пространства и ее приложения к повышению эффективности разработки газоконденсатных залежей, залежей высоковязкой нефти и нефтяных оторочек. *Георесурсы, геоэнергетика, геополитика*. 2012. Вып. 2(6). URL: [http://www.oilgasjournal.ru/vol\\_6/zakirov.pdf](http://www.oilgasjournal.ru/vol_6/zakirov.pdf).

Крянев Д.Ю., Жданов С.А. Состояние и проблемы научного обеспечения методов увеличения нефтеотдачи пластов. *Нефтяное хозяйство*. 2011. №11. С.72-74.

Муслимов Р.Х. Еще раз о нефтеотдаче (в порядке обсуждения). *Нефтяное хозяйство*. 2013а. №3. С.40-44.

Муслимов Р.Х. Нефтеотдача: прошлое, настоящее, будущее: Учебное пособие. Казань: «Фэн». 2012а. 664 с.

Муслимов Р.Х. О стандарте инновационного проектирования разработки месторождений углеводородов с целью увеличения извлекаемых запасов. *Нефтяное хозяйство*. 2010. №1. С.12-16.

Муслимов Р.Х. Опыт и проблемы совершенствования проектирования разработки нефтяных месторождений в Республике Татарстан. *Нефтяное хозяйство*. 2009. №5. С.46-51.

Муслимов Р.Х. Проблемы модернизации и развития инновационных технологий разработки нефтяных месторождений в связи с существенным изменением ресурсной базы. *Нефтяное хозяйство*. 2011. № 5. С.72-76.

Муслимов Р.Х. Пути повышения эффективности использования углеводородного потенциала в условиях прогнозируемого для РФ ухудшения конъюнктуры мирового рынка. *Георесурсы*. 2013б. № 4. С.6-11.

Муслимов Р.Х. Проблемы инновационного проектирования особенно сложных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти. *Нефтяное хозяйство*. 2012б. №10. С.92-97.

Муслимов Р.Х. Проблемы создания научных основ инновационного проектирования разработки нефтяных месторождений РТ. *Нефть. Газ. Новации*. 2013в. №1. С.14-20.

Муслимов Р.Х. Развитие инновационных технологий разработки нефтяных месторождений в современных условиях. *Нефть. Газ. Новации*. 2012в. №2. С.30-38.

Муслимов Р.Х. Совершенствование геологического изучения недр – основа инноваций и модернизации нефтяной отрасли в энергостратегии Республики Татарстан на период до 2030 г. *Нефтяное хозяйство*. 2012г. №1. С.14-18.

Муслимов Р.Х., Волков Ю.А. Актуальные задачи организации и стандартизации инновационного проектирования разработки нефтя-



ных месторождений. *Вестник ЦКР Роснедра*. 2010. №3. С. 5-12.

Мухаметшин Р.З. Геологические основы эффективного освоения и извлечения трудноизвлекаемых запасов нефти: Автореф. дисс. ... д.геол.-мин.н. М.: ИГиРГИ. 2006. 52 с.

Мухаметшин Р.З. Нужен ли регламент на инновационное проектирование разработки нефтяных месторождений. *Нефть. Газ. Новации*. 2013. №2. С.70-86.

Мухаметшин Р.З. Опытные участки Миннибаевской площади: результаты серии экспериментов по оценке нефтесодержащих свойств обычной и загущенной воды. «Повышение нефтеотдачи пластов на поздней стадии разработки нефтяных месторождений и комплексное освоение высоковязких нефтей и природных битумов». *Мат. между. науч.-практ. конф.* Казань: «ФЭН». 2007. С.439-445.

Мухаметшин Р.З., Богатов В.И., Боровский М.Я. Первый опыт экспериментальных гравиметрических измерений при подготовке нефтяных месторождений к эксплуатации (на примере Чегодайского месторождения Республики Татарстан). «Проблемы и перспективы применения современных геофизических технологий для повышения эффективности решения задач геологоразведки и разработки месторождений полезных ископаемых». *Мат. между. науч.-практ. конф.* Уфа: ТАУ. 2002. С.564-573.

Мухаметшин Р.З., Ибатуллин Р.Р., Хусаинов В.М. Основные результаты экспериментов по оценке МУН на Зеленогорском участке со стеклопластиковыми обсадными трубами. «Повышение нефтеотдачи пластов на поздней стадии разработки нефтяных месторождений и комплексное освоение высоковязких нефтей и природных битумов». *Мат. между. науч.-практ. конф.* Казань: «ФЭН». 2007. С.702-706.

Мухаметшин Р.З., Крибари Г.А. Палеовулканизм и процессы нефтедобычи (на примере Ромашкинского месторождения). *Труды БелНИПИнефть*. Гомель. Вып. 3. 1999. С.13-26.

Мухаметшин Р.З., Панарин А.Т., Халиуллин Ф.Ф. и др. Оценка эффективности вторичных и третичных МУН на залежах вязкой нефти по результатам опытных работ. «Новейшие методы увеличения нефтеотдачи пластов – теория и практика их применения». *Тр. науч.-практ. конф.* Т.1. Казань: Арт-дизайн. 2002. С.300-306.

Пергамент А.Х., Некрасов А.А. Об оценке качества гидродинамических симуляторов. *Вестник ЦКР Роснедра*. 2007. №1. С.40-45.

Петрова Л.М., Мухаметшин Р.З., Юсупова Т.Н. и др. Состояние остаточных нефтей длительно разрабатываемых месторождений. *Приоритетные методы увеличения нефтеотдачи пластов и роль супертехнологий*. Казань: Новое Знание. 1998. С.336-338.

Пешин С.В. Системный подход к пониманию механизма развития технологий. *Георесурсы, геознергетика, геополитика*. 2011. Вып.1(3). URL: [http://www.oilgasjournal.ru/vol\\_3/pashin.pdf](http://www.oilgasjournal.ru/vol_3/pashin.pdf).

Пономарев Н.С. Главная задача – повышение качества проектирования и разработки месторождений УВС. *Недропользование – XXI век*. 2007а. № 1. С.11-12.

Пономарев Н.С. О работе секций углеводородного сырья ЦКР Роснедра в 2006 году. *Вестник ЦКР Роснедра*. 2007б. № 1. С.4-8.

Халимов Э.М. Детальные геологические модели и трехмерное моделирование (по опыту работы Центральной комиссии по разработке месторождений). *Геология нефти и газа*. 2012. №6. С.79-83.

Хисамов Р.С., Файзуллин И.Н. Геолого-геофизическое доизучение нефтяных месторождений на поздней стадии разработки. Казань: «ФЭН». 2011. 228 с.

Шелепов В.В., Крянев Д.Ю., Жданов С.А. О среднем проекционном коэффициенте нефтеотдачи пластов. *Нефтяное хозяйство*. 2012. №11. С.112-115.

Эйдинов Д. Современные технологии гидродинамического моделирования месторождений для решения промысловых задач. *ТЭК России*. №3. 2011.

Якимов А.С., Ахметзянов Р.Х., Мухаметшин Р.З. К освоению залежей высоковязкой нефти в карбонатных коллекторах. Нетрадиционные коллекторы нефти, газа и природных битумов. «Проблемы освоения». *Мат. научн. конф.* Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 2005. С.336-337.

## Сведения об авторах

*Рустам Закиевич Мухаметшин* – доктор геол.-мин. наук по специальностям «Геология, поиски и разведка горючих ископаемых» и «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», доцент кафедры геологии нефти и газа, эксперт Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых РФ.

Казанский (Приволжский) федеральный университет. 420008, Казань, ул. Кремлевская, 18. Тел.: (843) 233-79-82.

## Unresolved Problems and Solved Tasks of Innovative Reservoir Engineering

*R.Z. Mukhametshin*

*Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia, geoeng111@yandex.ru*

**Abstract.** The current state of oil fields development engineering on the basis of geological and hydrodynamic modeling is considered in this paper. Article features reasons of models inadequacy to real geological and physical conditions of productive formations and, as a consequence, low quality of oil production forecast, which determines a short «inter-project» period. Necessity of innovative engineering with introduction of new EOR in connection with the development of reserves difficult to recover is justified. The advisability of reforming the educational process and sectoral science financing to create high-tech innovation projects is emphasized. Tasks are designated to harmonize relations between the state and subsoil users, without which priorities of «Energy Strategy of Russia for the period up to 2030» are unlikely to be implemented.

**Keywords:** reserves difficult to recover, oil recovery factor, innovative reservoir engineering, geological and hydrodynamic model, methods of enhanced oil recovery.

### References

Abdulmazitov R.G., Sattarov R.Z., Nasybullin A.V. Impact assessment of anthropogenic influence on reservoir properties. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil industry]. 2008. №1. Pp.62-64. (In russian)

Belonin M.D. *Kolichestvennyye metody regional'nogo i lokal'nogo prognoza neftegazonosnosti. Diss. dokt. geol.-min. nauk* [Quantitative methods of regional and local oil and gas recovery forecast. Dr. geol. and min. sci. diss.]. Saint Petersburg: «VNIGRI» Publ. 1997. 103p.

Bilibin S.I., D'yakonova T.F., Gavrillova E.V. et al. Features of the

modern approach to the calculation of multilayer geological oil and gas reserves on the basis of three-dimensional models. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil industry]. 2006. №10. Pp.32-36. (In russian)

Volkov Yu.A. The essence of innovative design is in the organization of advance research activity. *Neft'. Gaz. Novatsii* [Oil. Gas. Novation]. 2012. №3. Pp.17-23. (In russian)

Volkov Yu.A., Sakhibullin N.A. Innovation potential realization of the scientific oil cluster of Tatarstan Republic. *Georesursy* [Georesources]. 2009. №4(32). Pp.3-6. (In russian)

Gavura V.E. *Geologiya i razrabotka neftyanykh i gazoneftnykh mestorozhdeniy* [Geology and development of oil and gas-oil fields]. Moscow: «VNIIOENG» Publ. 1995. 496p.

Gilyazov Sh.Ya., Mukhametshin R.Z., Abdulmazitov R.G. et al. Viscous oil deposits development practice (Melekess depression). *Vysokovязкие нефти, природные битумы и остаточноые нефти разрабатываемых месторождений: Труды науч.-практ. конф.* [High viscosity oil, natural bitumen and residual oil of producing fields: Proc. Sci. and pract. Conf.] Kazan: «Ekotsentr» Publ. 1999. Т.1. Pp.320-328. (In russian)

Davydov A.V. Innovative Designing – Necessity or a Fashion Trend? *Neft'. Gaz. Novatsii* [Oil. Gas. Novation]. 2013. №1. Pp.21-27. (In russian)

Davydov A.V. Improving the quality of the hydrocarbon deposits development design is the main task at present. *Neft'. Gaz. Novatsii* [Oil. Gas. Novation]. 2012a. №3. Pp.6-7. (In russian)

Davydov A.V. Current state of hydrocarbon deposits development simulation and design. Reality and Prospects. *Neft'. Gaz. Novatsii* [Oil. Gas. Novation]. 2012b. №10. Pp.19-23. (In russian)

Dzhafarov I.S. Innovative technologies as the tool of the efficiency increase of field development at OAO «Gazprom neft». *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil industry]. 2009. №12. Pp.25-28. (In russian)

Dzyuba V.I. Hydrodynamic modeling of oilfield development. Problems and prospects. *Vestnik TsKR Rosnedra* [Bulletin of Central Oil and Gas Field Development Commission]. 2007. №1. Pp.35-39. (In russian)

Lisovskiy N.N. On the work of the Central Commission for Development of Deposits of the Federal Agency for Recovery of Natural Resources. Interview. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil industry]. 2007. №5. Pp.10-12.

Zakirov S.N., Zakirov E.S., Indrupskiy I.M., Anikeev D.P. Novel concept of effective pore space and its applications for enhanced recovery of gas-condensate, high-viscosity oil reservoirs and oil rims. *Georesursy, geoenergetika, geopolitika*. 2012. Is. 2(6). Available at: [http://www.oilgasjournal.ru/vol\\_6/zakirov.pdf](http://www.oilgasjournal.ru/vol_6/zakirov.pdf). (In russian)

Kryanev D.Yu., Zhdanov S.A. State and problems of scientific support for enhanced reservoir recovery methods. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil industry]. 2011. №11. Pp.72-74. (In russian)

Muslimov R.Kh. Once again on the oil recovery. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil industry]. 2013. №3. Pp.40-44. (In russian)

Muslimov R.Kh. Nefteotdacha: proshloe, nastoyashee, budushee [Oil recovery: Past, Present, Future]. Kazan: «Fen» Publ. 2012. 664p.

Muslimov R.Kh. On the standard of an oil fields development innovative design with the purpose of increase recoverable reserves. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil industry]. 2010. №1. Pp.12-16. (In russian)

Muslimov R.Kh. Experience and problems of perfection of oil fields development designing in the Republic of Tatarstan. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil industry]. 2009. №5. Pp.46-51. (In russian)

Muslimov R.Kh. Problems of modernization and elaboration of innovative technologies of fields development in connection with a significant change of the oil industry resource base. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil industry]. 2011. № 5. Pp.72-76. (In russian)

Muslimov R.Kh. Ways to improve the efficiency of hydrocarbon potential in terms of projected deterioration of world market environment for the Russian Federation. *Georesursy* [Georesources]. 2013. № 4(54). Pp.6-11. (In russian)

Muslimov R.Kh. Problems of innovative design of development of especially complex fields with hard-to-recover oil reserves. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil industry]. 2012. №10. Pp.92-97. (In russian)

Muslimov R.Kh. Challenges with Arranging the Innovative Designing Scientific Basis in the Area of Oil Field Development in Republic of Tatarstan. *Neft'. Gaz. Novatsii* [Oil. Gas. Novation]. 2013. №1. Pp.14-20. (In russian)

Muslimov R.Kh. Progress of innovative technologies for the development of oil fields in modern conditions. *Neft'. Gaz. Novatsii* [Oil. Gas. Novation]. 2012. №2. Pp.30-38. (In russian)

Muslimov R.Kh. Improving geological study of subsoils - the basis of innovation and modernization of the oil industry in the Energy Strategy of the Republic of Tatarstan up to 2030. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil industry]. 2012. №1. Pp.14-18. (In russian)

Muslimov R.Kh., Volkov Yu.A. Aktual'nye zadachi organizatsii i standartizatsii innovatsionnogo proektirovaniya razrabotki neftnykh mestorozhdeniy [Actual problems of the organization and standardization of innovative oil fields development design]. *Vestnik TsKR Rosnedra* [Bulletin of Central Oil and Gas Field Development Commission]. 2010. №3. Pp.5-12. (In russian)

Mukhametshin R.Z. *Geologicheskie osnovy effektivnogo osvoeniya i izvlecheniya trudnoizvlekaemykh zasposov nefti. Avtoref. Diss. dokt. geol.-min. nauk* [Geological basic principles for efficient development and extraction of difficult oil. Abstract Dr. geol. and min. sci. diss.]. Moscow: "IGIRGI" Publ. 2006. 52p.

Mukhametshin R.Z. Do We Need Any Regulations for the Innovative Oil Field Development? *Neft'. Gaz. Novatsii* [Oil. Gas. Novation]. 2013. №2. Pp.70-86. (In russian)

Mukhametshin R.Z. Experimental area at Minnibaevskaya oilfield: results of a series of experiments to assess the oil-saturated properties of ordinary water and thickened water. *Povyshenie nefteotdachi plastov na pozdney stadii razrabotki neftnykh mestorozhdeniy i kompleksnoe osvoenie vysokovyazkikh neftey i prirodnykh bitumov: Materialy Mezhd. nauchno-prakt. konf.* [Enhanced oil recovery in the late stage of oilfield development and integrated development of heavy oil and natural bitumen: Proc. Int. Sci. and Pract. Conf.] Kazan: «Fen» Publ. 2007. Pp.439-445. (In russian)

Mukhametshin R.Z., Bogatov V.I., Borovskiy M.Ya. The first experience of the experimental gravimetric measurements in preparation for oil fields exploitation (for example, Chegodaykoye

oilfield, Tatarstan Republic). *Problemy i perspektivy primeneniya sovremennykh geofizicheskikh tekhnologiy dlya povysheniya effektivnosti resheniya zadach geologorazvedki i razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh: Mater. Mezhd. nauchno-prakt. Konf.* [Problems and prospects of application of modern geophysical technologies to improve the efficiency of solving the exploration and development of mineral deposits: Proc. Int. Sci. and Pract. Conf.]. Ufa: "TAU" Publ. 2002. Pp.564-573. (In russian)

Mukhametshin R.Z., Ibatullin R.R., Khusainov V.M. The main results of experiments to evaluate enhanced oil recovery methods (Zelenogorsk area with fiberglass casing). *Povyshenie nefteotdachi plastov na pozdney stadii razrabotki neftnykh mestorozhdeniy i kompleksnoe osvoenie vysokovyazkikh neftey i prirodnykh bitumov: Materialy Mezhd. nauchno-prakt. konf.* [Enhanced oil recovery in the late stage of oilfield development and integrated development of heavy oil and natural bitumen: Proc. Int. Sci. and Pract. Conf.] Kazan: «Fen» Publ. 2007. Pp.702-706. (In russian)

Mukhametshin R.Z., Krinari G.A. Paleovulkanizm i protsessy nefteodobychi (na primere Romashkinskogo mestorozhdeniya) [Paleovulkanizm and oil recovery processes (Romashkinskoye oilfield)]. *Trudy BelNIPIneft'* [Proc. BelNIPIneft]. Gomel. Is.3. 1999. Pp.13-26. (In russian)

Mukhametshin R.Z., Panarin A.T., Khaliullin F.F. et al. Evaluation of the effectiveness of secondary and tertiary enhanced oil recovery methods at viscous oil deposits based on the results of experimental work. *Noveyshe metody uvelicheniya nefteotdachi plastov – teoriya i praktika ikh primeneniya: Trudy nauchno-prakt. konf.* [The latest methods of enhanced oil recovery – theory and practice of their application: Proc. Sci. and Pract. Conf.] V.1. Kazan: "Art-dizayn" Publ. 2002. Pp.300-306. (In russian)

Pergament A.X., Nekrasov A.A. Quality assessment of hydrodynamic simulations. *Vestnik TsKR Rosnedra* [Bulletin of Central Oil and Gas Field Development Commission]. 2007. № 1. Pp.40-45. (In russian)

Petrova L.M., Mukhametshin R.Z., Yusupova T.N. et al. Sostoyanie ostatochnykh neftey dlitel'no razrabatyvaemykh mestorozhdeniy. Prioritetnye metody uvelicheniya nefteotdachi plastov i rol' supertekhnologiy [The state of residual oils of long-developed fields. Priority enhanced oil recovery methods and role of supertechnologies]. Kazan: "Novoe Znanie" Publ. 1998. Pp.336-338.

Peshin S.V. Sistemnyy podkhod k ponimaniyu mekhanizma razvitiya tekhnologiy [Systematic approach to understanding the mechanism of development technologies]. *Georesursy, geoenergetika, geopolitika*. 2011. Is.1(3). Available at: [http://www.oilgasjournal.ru/vol\\_3/pashin.pdf](http://www.oilgasjournal.ru/vol_3/pashin.pdf).

Ponomarev N.S. Glavnaya zadacha – povyshenie kachestva proektirovaniya i razrabotki mestorozhdeniy UVS [The main task is to improve the quality of design and development]. *Nedropol'zovanie – XXI vek* [Subsoil – XXI century]. 2007. № 1. Pp.11-12.

Ponomarev N.S. On the work of the hydrocarbons section of Central Oil and Gas Field Development Commission in 2006. *Vestnik TsKR Rosnedra* [Bulletin of the Central Oil and Gas Field Development Commission]. 2007. № 1. Pp.4-8. (In russian)

Khalimov E.M. Detailed geological models and three-dimensional modeling (experience of the Central Oil and Gas Field Development Commission). *Geologiya nefi i gaza* [Oil and gas geology]. 2012. №6. Pp.79-83. (In russian)

Khisamov R.S., Fayzullin I.N. Geologo-geofizicheskoe doizuchenie neftnykh mestorozhdeniy na pozdney stadii razrabotki [Geological and geophysical additional exploration of oil deposits in the late stage]. Kazan: «FEN» Publ. 2011. 228p.

Shelepov V.V., Kryanev D.Yu., Zhdanov S.A. On average designed producible oil index. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil industry]. 2012. №11. Pp.112-115. (In russian)

Yakimov A.S., Akhmetzyanov R.Kh., Mukhametshin R.Z. By the development of viscous oil deposits in carbonate reservoirs *Netraditsionnye kollektory nefi, gaza i prirodnykh bitumov. Problemy osvoeniya. Mat. nauch. konf.* [Unconventional reservoirs of oil, gas and natural bitumen. Problems of development. Proc. Sci. Conf.]. Kazan: "Kazansk. universitet" Publ. 2005. Pp.336-337. (In russian)

### Information about authors

*Rustam Z. Mukhametshin* – Dr. Sci. (Geol.-Min.), Associate Professor of Department of oil and gas geology, Expert of the State Committee for Mineral Reserves of Russia.

Kazan (Volga region) Federal university. 420008, Kazan, Russia, Kremlevskaya str., 18. Tel: +7(843) 233-79-82.