

## Восполнение нефтяных залежей в свете новой концепции нефтегазообразования

Р.Х. Муслимов<sup>1</sup>, И.Н. Плотникова<sup>2\*</sup>

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия  
Академия наук Республики Татарстан, Казань, Россия

Статья посвящена проблеме восполнения запасов нефтяных месторождений и рассматривает ее (проблему) в аспекте глубинной дегазации Земли. На основе анализа результатов многолетнего изучения докембрийского кристаллического фундамента на территории Татарстана и прилегающих областей сформулирован ряд новых критериев, позволяющих идентифицировать процессы глубинной дегазации Земли в пределах изучаемого региона.

В статье приведен краткий обзор современных взглядов на проблему восполнения запасов нефти, рассмотрены варианты возможных источников и механизма восполнения углеводородов в разрабатываемых залежах. Рассмотрены аргументы в пользу современного процесса глубинной дегазации в пределах Южно-Татарского свода и прилегающих территорий, которые однозначно подтверждаются: динамикой геохимических показателей глубинных вод кристаллического фундамента, полученных в режиме мониторинга на пяти глубоких скважинах; неравномерностью теплового потока и его аномалиями, зафиксированными по данным многолетних исследований под руководством Н.Н. Христофоровой. Процессы дегазации также подтверждаются динамикой газонасыщенности разуплотненных зон кристаллического фундамента, зафиксированной в скважине 20009-Новоелховской, динамикой газонасыщенности нефти осадочного чехла и состава растворенного в ней газа, выявленной по данным исследований нефти в пьезометрических скважинах, расположенных на различных площадях Ромашкинского месторождения; сейсмичностью территории Татарстана, а также ее неотектонической активностью. В качестве критериев, доказывающих существование процесса восполнения запасов разрабатываемых нефтяных месторождений Южно-Татарского свода, рассмотрены особенности глубинного строения земной коры по данным сейсморазведки, а также результаты геохимических исследований нефтей.

**Ключевые слова:** восполнение запасов, глубинная дегазация Земли, критерии подтока нефти в залежи, происхождение нефти, геохимические исследования, тектоническая активизация, Ромашкинское месторождение, новая концепция нефтеобразования

**Для цитирования:** Муслимов Р.Х., Плотникова И.Н. (2019). Восполнение нефтяных залежей в свете новой концепции нефтегазообразования. *Георесурсы*, 21(4), с. 40-48. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.4.40-48>

Абсолютная зависимость существования человечества от потребления энергии и ключевая роль энергетической сферы в развитии других составляющих экономики вынуждают экспертов уже не одно десятилетие постоянно задаваться вопросом «сколько нефти и газа осталось в недрах Земли, и когда они закончатся?». Парадокс заключается в том, что, несмотря на неоднократные попытки спрогнозировать сроки падения мировой нефтедобычи и предсказания о том, что она закончится через двадцать-тридцать лет, нефть вовсе не заканчивается. И даже наоборот – объем ежегодно добываемой нефти не просто стабилен, он постепенно растет, что, согласно общераспространенному мнению, происходит благодаря доминирующему влиянию новых технологий добычи и освоению нетрадиционных ресурсов, разработка которых ранее была нерентабельной. На фоне, казалось бы, вполне ясной картины развития отрасли, по-прежнему, и все отчетливее продолжают оставаться нерешенными основополагающие базовые проблемы – генезис нефти и газа, механизм и стадийность формирования и восполнения их месторождений. Видимость того, что в решении

этих проблем давно достигнута ясность, с одной стороны отражена в классических учебниках и многочисленных научных трудах и статьях. С другой стороны, факты, полученные благодаря многолетнему опыту разведки и разработки месторождений нефти и газа и развитию фундаментальных наук о Земле, дают основание полагать, что процессы образования полей нефтегазоносности уже давно не отвечают устаревшим понятиям об осадочных бассейнах, как о закрытых системах, где формирование углеводородных скоплений растягивается на десятки и сотни миллионов лет, а запасы нефтяных и газовых месторождений традиционно относятся к невозобновляемым природным ресурсам.

Установленный в последние два десятилетия факт современного восполнения добываемых запасов углеводородов – подпитки месторождений – вносит значительные дополнения в существующие представления и предполагает рассмотрение и обсуждение тех новых концептуальных основ нефтегенеза, с позиции которых данный процесс, зафиксированный геолого-геофизическими и геохимическими методами, может быть полностью объяснен и учтен при моделировании и разработке.

В частности, восполнение запасов нефти уже неоднократно рассматривалось на примере Ромашкинского месторождения как с позиции глубинной дегазации Земли

\* Ответственный автор: Ирина Николаевна Плотникова  
E-mail: [irena-2005@rambler.ru](mailto:irena-2005@rambler.ru)

© 2019 Коллектив авторов

(Муслимов и др., 2019), так и с позиции продолжающейся генерации легких углеводородов из высокоглиноземистых гнейсов большечеремшанской серии (содержащей до 15 % графита) под воздействием высоких температур и глубинного водорода (Гаврилов, 2008).

Практически полное восстановление пластового давления и дебитов нефти, зафиксированное на месторождениях Кинзебулатовской группы Республики Башкортостан после 20-летнего перерыва, в работах И.А. Дьячука объясняется гравитационным перераспределением нефти в залежах (Дьячук, 2015).

В работах Е.Ю. Горюнова, проводившего анализ динамики запасов залежей, свойств углеводородов и пластовых температур для Урало-Поволжского региона, предполагается стадийное поступление углеводородов в осадочный чехол и современная миграция углеводородных флюидов в залежи региона (Халиков и др., 2014, Горюнов и др., 2014).

А.В. Бочкаревым и С.Б. Остроуховым на ряде месторождений Волгоградского Поволжья и Прикаспийской впадины описаны факты поступления газоконденсата в нефтяные залежи на последних стадиях разработки и восстановление в них пластового давления (Бочкарев и др., 2010, 2011, 2012, Дорофеев и др., 2014).

Восстановление добычи безводной и мало обводненной нефти на месторождениях Терско-Сунженского района после продолжительных перерывов в разработке описано в работах В.П. Гаврилова (Гаврилов, 2008).

Н.А. Касьяновой доказано насыщение разрабатываемых залежей миграционными углеводородными флюидами в пределах участков развития современных геофлюидодинамических процессов (Касьянова, 2009, 2010).

Наиболее сложным, дискуссионным и неизученным является вопрос об источнике и механизме современного восполнения залежей, поскольку взгляды специалистов расходятся как на природу самого процесса и наличие вещества, поступающего в залежь (рис. 1), так и на источники этого вещества (рис. 2).

На наш взгляд, основополагающим фактором в процессах формирования и восполнения месторождений нефти и газа является глубинная дегазация Земли. Объяснение продолжающегося современного развития открытых гидродинамических систем, какими являются нефтегазовые залежи, месторождения или их отдельные участки, требует использования новых геологических парадигм и постулатов так называемой «нелинейной нефтегазовой

геологии» (определение, предложенное А.Е. Лукиным в 2004 г.). Создание и утверждение теоретических основ процесса возобновления запасов углеводородов в разрабатываемых пластах возможно только на базе изучения глубинной дегазации Земли (ГДЗ) – глобального процесса саморазвития планеты, определяющего формирование и развитие высокоэнтальпийных, высоконапорных флюидных систем, порождающих многообразие геологических событий (Кропоткин, 1985, 1991, Лукин и др., 2018, Шестопалов и др., 2018).

Анализ новых концепций и моделей нефтидогенеза, возникших за последние 50-60 лет и активно развивающихся сегодня, показывает, что в основе каждой из них лежат различные виды проявления ГДЗ: теория дегазации Земли П.Н. Кропоткина (Кропоткин, 1985, 1991), теория абиогенного синтеза углеводородов, разработанная В.Б. Порфирьевым, Н.А. Кудрявцевым, В.А. Краюшкиным и др. (Краюшкин, 1984, Кудрявцев, 1973, Порфирьев, 1959), «флюидодинамические» концепции А.Н. Дмитриевского, Б.М. Валяева, Б.А. Соколова, Э.А. Абли (Дмитриевский, 1991, Дмитриевский и др., 2002, Павленкова, 2002), конденсационная модель О.Ю. Баталина и Н.Г. Вафиной (Баталин и др., 2008), которая, по сути, развивает идею Б.М. Юсупова о роли глубинного метана в образовании нефтидов, модель развития восстановленных флюидных систем фундамента и осадочного чехла, созданная Р.П. Готтих и Б.И. Писоцким (Готтих и др., 2007), теория нефтидогенеза А.Е.Лукина, базирующаяся на нелинейном характере основных закономерностей нефтегазонакопления (Лукин и др., 2018).

Все эти теории, концепции и модели отводят мантийному источнику – глубинному эндогенному фактору – либо абсолютную, либо доминирующую роль в формировании месторождений углеводородов.



Рис. 1. Варианты возможного механизма восполнения залежей углеводородов



Рис. 2. Источники восполнения запасов углеводородов в свете различных взглядов на происхождение нефти и газа

Получение новых знаний и формирование новых представлений о геодинамике, тектонической расчлененности земной коры, о закономерностях формирования и развития трещиноватости в осадочном чехле и фундаменте нефтегазоносных бассейнов позволили взглянуть на макро скопления нефти и газа в аспекте флюидодинамических процессов и с позиции глубинного строения коры и мантии под нефтегазоносными регионами. Аномальное строение и энергетическая неустойчивость верхней мантии и земной коры под крупными углеводородными скоплениями выявлено различными геофизическими методами и отражено в работах Н.К. Булина, А.В. Егоркина, В.А. Трофимова, В.И. Шарова с соавторами (Булин и др., 2000, Трофимов и др., 2002).

Согласно (Касьянова, 2000; Каюкова и др., 2012; Лукин и др., 2018; Муслимов и др., 2004; Плотникова, 2004), ошибочно рассматривать осадочный чехол в основном как изолированную, самодостаточную, закрытую (кроме кондуктивного внешнего прогрева) систему, в которой преобразование органического вещества приводит к нефте- и газонакоплению. В настоящее время получен большой объем геолого-геофизической информации, указывающей на осадочную оболочку Земли как на открытую, термодинамически неравновесную, неустойчивую систему с нелинейным характером развития. Обязательным ее атрибутом является обмен веществом и энергией с окружающей средой, обеспечивающей функционирование системы в активном режиме.

Поскольку формирование и переформирование месторождений углеводородов является следствием развития сквозьформационных флюидных систем в трубах дегазации первого порядка (Лукин и др., 2018), то и концепция подпитки нефтегазовых залежей и восполнения их запасов определяется основными аспектами плюмтектоники и «холодной» дегазации в понимании П.Н. Кропоткина. Следовательно, подпитка месторождений углеводородов возможна в первую очередь на тех месторождениях, которые приурочены к активным в настоящее время трубам глубинной дегазации.

Согласно (Лукин и др., 2018) обосновано 20 критериев, указывающих на современную активизацию ГДЗ. Результаты изучения кристаллического фундамента (КФ) на территории Татарстана за последние 40-50 лет позволили сформулировать дополнительные критерии, указывающие на флюидо- и геодинамическую активность как отражение проявления современной дегазации нашей планеты.

Современные процессы дегазации в пределах Южно-Татарского свода (ЮТС) и прилегающих территорий однозначно подтверждаются следующими факторами.

**Результаты мониторинга состава вод разуплотненных зон кристаллического фундамента.** Изучение гидрохимических показателей глубинных вод кристаллического фундамента в режиме мониторинга показал, что на протяжении всего периода наблюдения общесолевой и микрокомпонентный состав вод менялся (Ибрагимов и др., 2009; Плотникова, 2004). Кислотность вод, к примеру, являясь слабокислой, в отдельные периоды изменялась до кислой и до слабощелочной. Кроме кислотности менялась минерализация вод (рис. 3): содержание в них хлора, железа, бора, меди и молибдена. В отдельных скважинах это сопровождалось понижением плотности воды, а в других плотность сохранялась за счет увеличения содержания железа. В определенные периоды во всех рассмотренных скважинах по газовым показателям отмечался всплеск содержания водорода, метана, а в отдельных случаях – гелия. Аналогичные изменения выявлены и в составе водоразтворенного органического вещества, во всех скважинах отмечались всплески содержания общего азота, которые иногда сопровождалось увеличением содержания битумного углерода. Анализ результатов временных вариаций газогидрохимических компонентов подземных вод КФ показал их тесную взаимосвязь с сейсмической активностью территории. В качестве индикаторов этой взаимосвязи были выделены общий азот, водород, метан, в меньшей степени – углекислый газ и гелий.

**Неравномерный тепловой поток.** Аномалии теплового потока интенсивностью 10 мВт/м<sup>2</sup> и более по данным (Лукин и др., 2018) являются критерием современной активизации процессов ГДЗ. Территория Татарстана по данным Христофоровой Н.Н. (Христофорова и др., 2000, 2008) характеризуется неравномерным тепловым потоком, который меняется в пределах Приволжского региона от 29 до 74 мВт/м<sup>2</sup>. Ярко выраженной неоднородностью характеризуется и тепловое поле. По кровле КФ на территории Татарстана перепады температур достигают 90 °С (рис. 4), а на срезе 12 км – 60 °С. Колоссальная разница в температурах глубинного теплового поля на таком ограниченном пространстве как территория Татарстана однозначно свидетельствует в пользу активного теплопереноса на неотектоническом и современном этапах развития Южно-Татарского свода и прилегающих территорий. На активность флюидодинамических процессов ЮТС

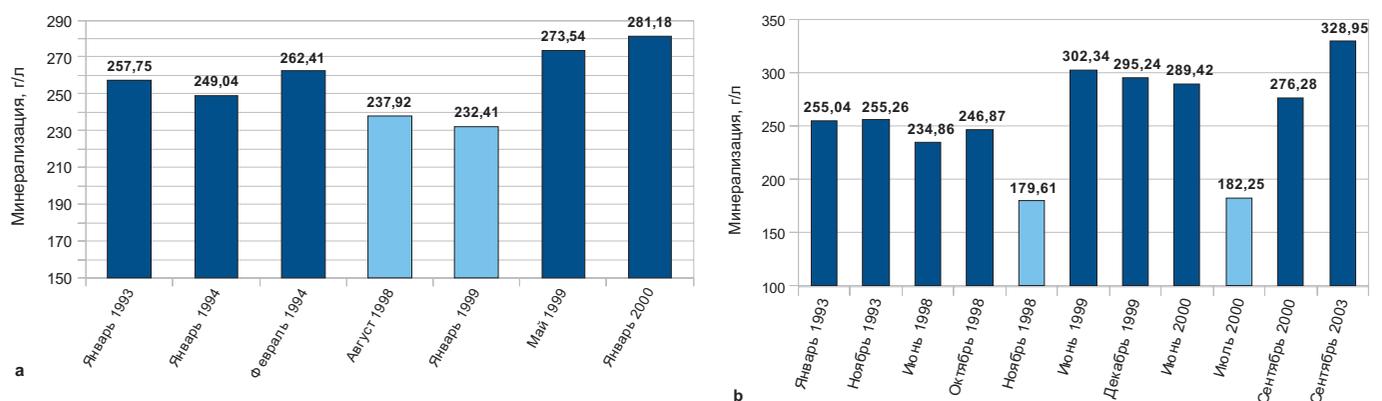


Рис. 3. Изменение во времени минерализации пластовых вод кристаллического фундамента: а – скв. 29419, б – скв. 966

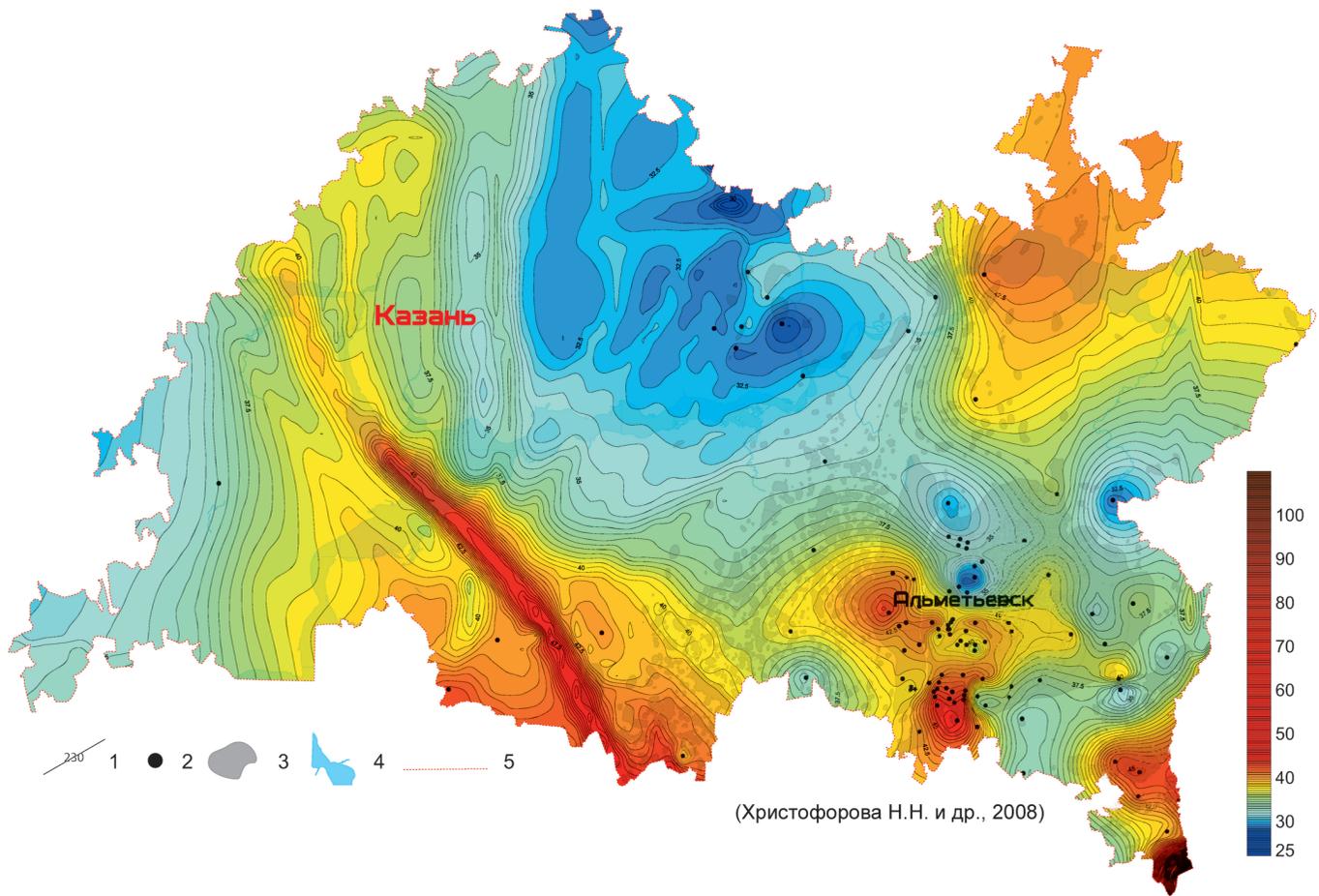


Рис. 4. Карта изотерм по кровле кристаллического фундамента (Христофорова и др., 2008). Масштаб 1:500 000. 1 – изолинии равных температур (°С); 2 – местоположение скважин, в которых проводились измерения температуры в глубинных горизонтах осадочно-чехла и фундамента; 3 – контуры нефтяных месторождений; 4 – гидросеть; 5 – административная граница Республики Татарстан.

указывает наибольшая прогретость КФ, в сравнении с менее разогретым фундаментом Мелекесской впадины и холодным КФ Северо-Татарского свода, практически не содержащего залежи нефти.

**Современные флуктуации температурных аномалий.** Еще одним фактором, указывающим на активный современный теплоперенос, являются флуктуации и смена температурных аномалий в разрезе кристаллического фундамента (Христофорова и др., 2000, 2008), зафиксированные в скв. 20009-Новоелховской после сейсмических событий.

**Динамика общей газонасыщенности разуплотненных зон кристаллических пород и состава газов.** Мониторинг состава газов в стволе скв. 20009-Новоелховской позволил установить, что газонасыщенность разуплотненных зон КФ меняется во времени (рис. 5), в частности отмечаются периоды роста газопоказаний отдельных интервалов, несмотря на произведенные цементные заливки ствола скважины (Плотникова, 2004). Изменение газонасыщенности интервалов разреза скважины во времени, в том числе периодический рост газопоказаний уже после окончания бурения и цементной

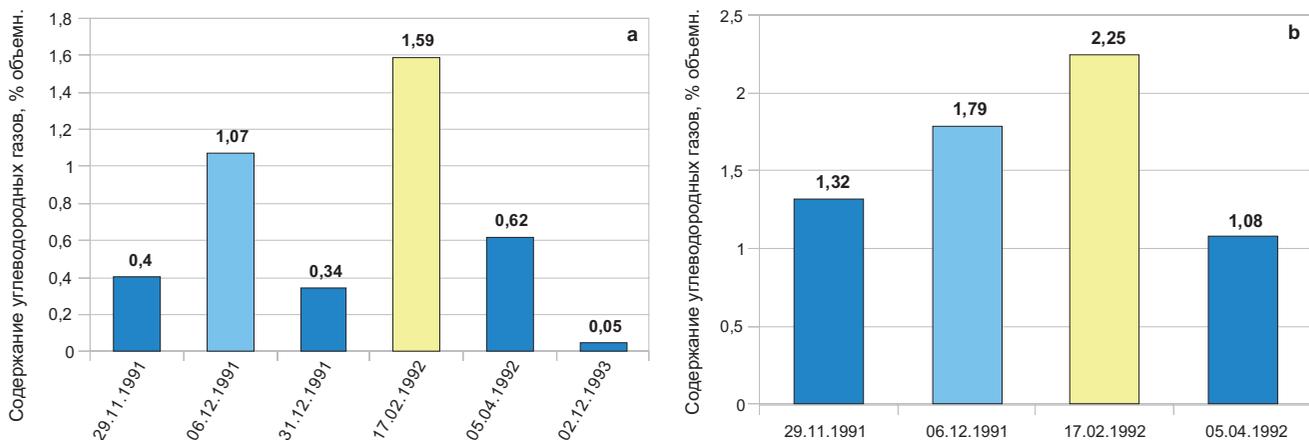


Рис. 5. Вариации содержания углеводородных газов в глубинных пробах (ОИП) бурового раствора в скв. 20009-Новоелховской: а – на глубине 5280 м, б – на глубине 5300 м

заливки свидетельствуют о наличии в разуплотненных зонах КФ и насыщающих их пластовых водах свободно циркулирующих газов, в том числе углеводородных. Динамика газонасыщенности и газогидрохимических показателей разуплотненных зон кристаллического фундамента свидетельствуют о современной геодинамической и флюидной активности последних.

**Динамика газонасыщенности нефти осадочного чехла и состава растворенного в ней газа.** Анализ состава газа растворенного в нефти позволил проследить динамику изменения концентраций метана, азота, водорода и углекислого газа в нефтях из пьезометрических скважин (Плотникова, 2004) за временной период более 10-ти лет. Наблюдаемые при современной разработке значительные изменения, как состава газа, так и содержания его компонентов (рис. 6, 7) свидетельствует о периодичности активизации процесса поступления легких УВ и других газов (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub> и др.) в осадочную толщу и продуктивный пласт, однако это не исключает тот факт, что глубинная дегазация происходит на протяжении всего периода, но менее активно. Не исключено, что внедрение газов носит локальный характер и определяется временными периодами раскрытия трещин и формирования открытых транзитных зон в толще кристаллического фундамента и осадочного чехла.

**Сейсмичность территории Татарстана.** Еще одним фактором, свидетельствующим в пользу активности современных процессов ГДЗ, является сейсмичность территории Татарстана, а также установление устойчивой корреляцией между датами сейсмических событий

и периодами уменьшения плотности нефтей пьезометрических скважин и минерализации пластовых вод КФ (Мирзоев и др., 2004).

**Неотектоническая активность земной коры.** Еще одним критерием, указывающим на современную активность процессов ГДЗ (Лукин и др., 2008) является поднятие поверхности Земли на 25 и более метров за последние 3 млн лет. Согласно (Мингазов и др., 2012, 2014) неотектоническая активизация земной коры территории Республики Татарстан за последние 1,5-2,0 млн лет привела к гораздо более амплитудным поднятиям (рис. 8). Скорость воздымания Южно-Татарского свода в течение неотектонического этапа согласно (Мингазов и др., 2014) достигала 1-10 мм/год. О неотектонической активности Южно-Татарского свода свидетельствует резкая дифференцированность рельефа, где отдельные вершины достигают отметок 360-370 м, а речные долины, врезаюсь в толщу массива, опускаются до отметок 150-160 м.

Кроме этого установлена прямая зависимость между активностью неотектогенеза и нефтеносностью Южно-Татарского свода (Мингазов и др., 2014).

**Геохимические особенности нефтей и битумов.** Представление о Ромашкинском и о ряде других нефтяных месторождений, как об открытой гидродинамической системе, характеризующейся многоэтапностью поступления в его пласты-коллекторы нефтегазовых флюидов, подтверждается и результатами геохимических исследований нефтей (Остроухов и др., 2014, 2015, Плотникова и др., 2013, 2014, 2017).

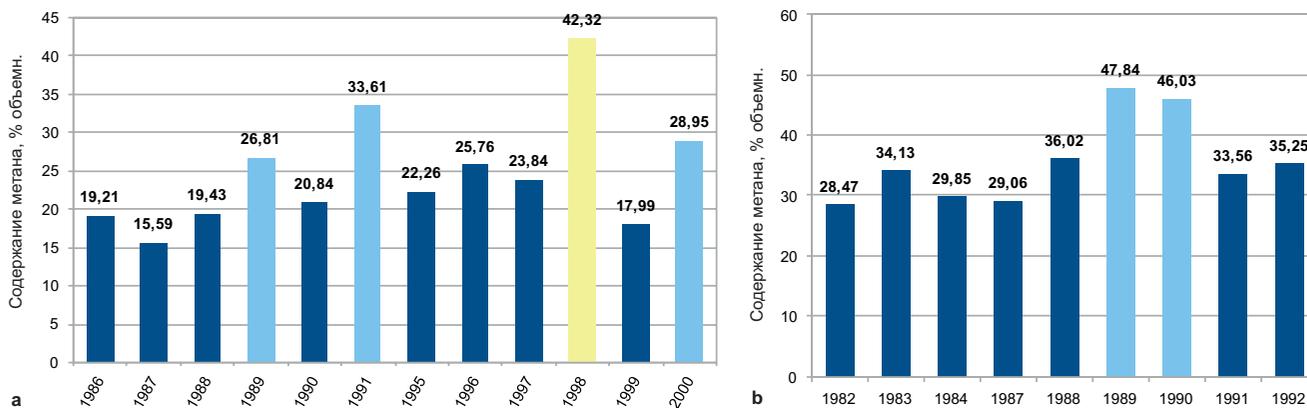


Рис. 6. Пример вариаций содержания метана в растворенном газе нефти Ромашкинского месторождения: а – бобриковский горизонт, б – наишский горизонт

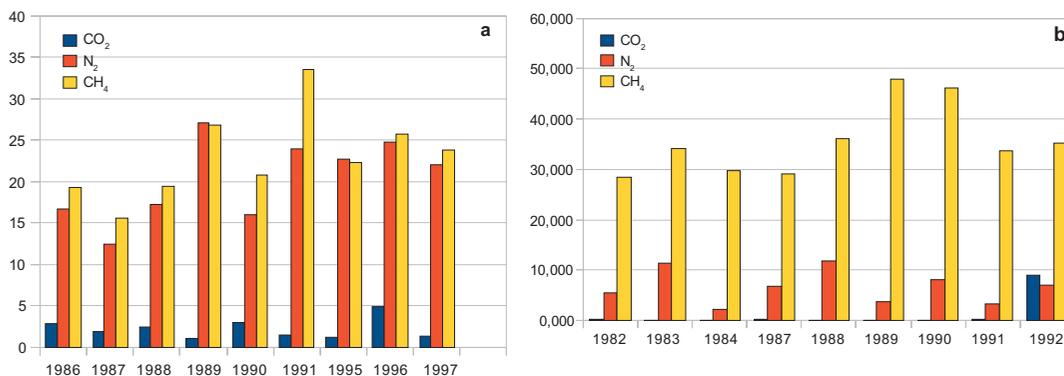


Рис. 7. Динамика содержания в растворенном газе метана, азота и двуокиси углерода: а – газ из нефти бобриковского горизонта Зеленогорской площади Ромашкинского месторождения; б – газ из нефти наишского горизонта Холмовской площади Ромашкинского месторождения.

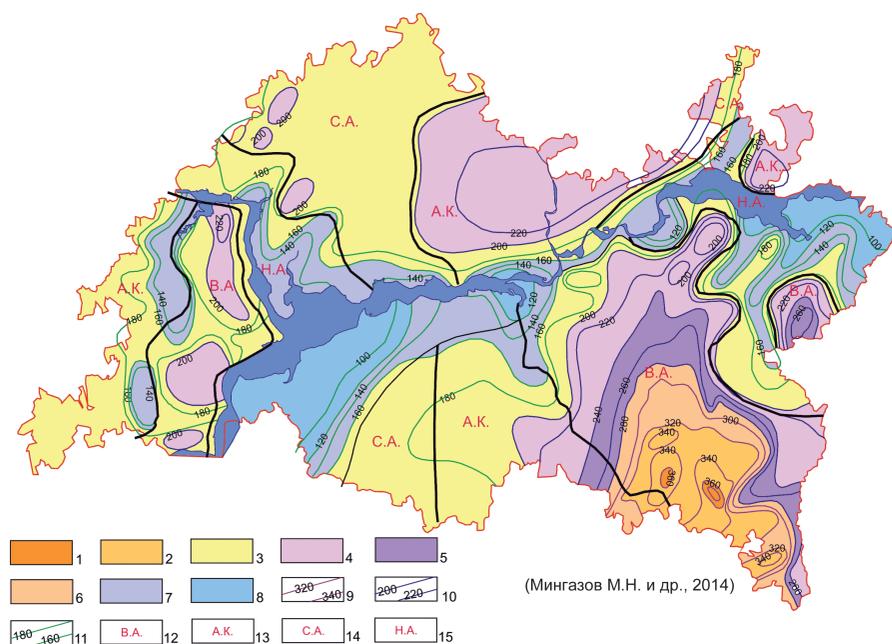


Рис. 8. Карта новейшей тектоники Республики Татарстан (Мингазов и др., 2014). Средние суммарные амплитуды новейших тектонических движений (м): 1 – 400-360; 2 – 360-320; 3 – 320-280; 4 – 280-240; 5 – 240-200; 6 – 200-160; 7 – 160-120; 8 – 120-80. Изолинии тектонических движений (м): 9 – за период  $Pg_3-Q$ ; 10 –  $N_1-Q$ ; 11 –  $N_2-Q$ . Режимы неотектонических движений: 12 – весьма активный; 13 – активный; 14 – слабоактивный; 15 – неактивный.

**Наличие подводящих каналов.** Совокупность выявленных вертикальных и наклонных структурно-тектонических образований, секущих осадочный чехол, земную кору и верхнюю мантию (Трофимов и др., 2002), отражает роль труб дегазации в развитии открытой трещиноватости и являются одним из главных критериев, указывающих на возможность активизации процессов ГДЗ и восполнения запасов УВ разрабатываемых месторождений.

Таким образом, результаты выполненных исследований позволили расширить число ранее разработанных критериев (Лукин и др., 2018), указывающих на активизацию ГДЗ. Использование данных критериев позволит дифференцировать разрабатываемые месторождения углеводородов по принципу – «восполняемое» или «невосполняемое», что позволит уже на основе новой парадигмы нефтидогенеза проводить локализацию зон подтока углеводородов, оценку интенсивности восполнения запасов и абсолютно на другом уровне оценивать длительность периода разработки данного месторождения.

Процессы дегазации, зафиксированные в разуплотненных зонах фундамента и их периодическая активизация, связь блоково-разломной структуры фундамента Южно-Татарского свода с явлением современной миграции углеводородов на Ромашкинском и других месторождениях (Муслимов и др., 2012; Плотникова, 2004), геохимические исследования нефтей и битумоидов осадочного чехла, доказавшие, что карбонатные породы семилукско-мендымских отложений не являются источником подтока УВ в залежи терригенного девона ЮТС (Остроухов и др., 2014; Плотникова и др., 2013, 2014) – все эти факты являются мощной научно-практической основой для создания иной концепции формирования нефтегазовых месторождений Волго-Уральской антеклизы, предполагающей многоэтапное импульсное поступление углеводородсодержащих флюидных систем в осадочный чехол под давлением по транзитным зонам полей трещиноватости.

Согласно этой концепции, процесс восполнения запасов нефтяных месторождений является одной из форм

проявления «холодной» дегазации и может быть выявлен и локализован как с помощью промыслово-геологических и геохимических критериев, рассмотренных в предшествующих работах (Муслимов и др. 2004, 2019, Плотникова и др., 2014, 2017), так и на основе использования критериев проявления и активизации ГДЗ.

Сегодня, когда актуальность проблемы восполнения запасов нефти и газа все активнее обсуждается на страницах научных изданий, вызывая заслуженный интерес и у специалистов нефтяных компаний, необходимы комплексные исследования в области мониторинга подтока и разработки критериев его регистрации и количественно-временной (периодичность, длительность) оценки (Муслимов и др., 2019). Критерии, разработанные ранее для месторождений Татарстана, являются базовой основой для этих исследований в других регионах.

## Заключение

Несмотря на то, что существование восполнения запасов нефти в разрабатываемых залежах обосновано и доказано на многих примерах, изучение этого процесса и его учет при планировании разработки, оценке остаточных запасов, построении моделей месторождений и оценке сроков «жизни» месторождений до сих пор не начаты, поскольку сам процесс восполнения требует комплексных детальных исследований. В первую очередь необходимы определения пространственно-временных закономерностей изменения свойств нефти и растворенного газа, флюидного режима залежи, дебитов, давлений. Необходимы локализация зон подтока, определение их размеров, режимов флюидной активности и ее связи с современными геодинамическими процессами и развитием полей трещиноватости, оценка объемов поступающих флюидов и определение их состава.

На стадии региональных работ, поиска и разведки месторождений нефти и газа комплекс геологоразведочных работ, наряду с традиционными исследованиями, должен включать изучение глубинного строения осадочного бассейна, оценку современной геодинамической активности, а также получение информации о сложной совокупности

процессов тепломассопереноса, имеющие многофазный импульсный характер и контролируемые геодинамическим режимом (Лукин и др., 2018).

Эти же работы могут проводиться и на разрабатываемых месторождениях. Кроме этого, на них необходимы специальные комплексные геолого-промысловые и геохимические исследования в режиме мониторинга в течение длительного времени для получения количественных параметров подтока УВ.

На месторождениях, которые только вступают в разработку, целесообразно с первых лет их освоения организовывать мониторинг геолого-промысловых показателей и геохимических характеристик нефти и растворенного газа, чтобы уже на ранних стадиях иметь возможность локализации зон подтока и выбора грамотной системы воздействия на пласт.

Несомненно, эти исследования являются очень сложными и выходят за рамки рутинных работ, предусмотренных лицензионными соглашениями и проектами разработки. Однако, уникальная информация, которая будет получена в ходе таких работ, позволит выявить аномальные участки залежей, где дебиты нефти и низкий уровень обводненности продукции будут стабильны в течение долгого времени, обеспечивая высокую добычу на месторождении.

Система мониторинга должна быть двухуровневой. Первый уровень – анализ геолого-промысловых данных и выявление потенциальных участков поступления миграционных углеводородов в залежи на основе использования геолого-промысловых критериев аномальности. Второй уровень – геохимические исследования нефтей и растворенных в них газов как в пределах скважин с признаками аномальности, так и на прилегающих участках залежи (Плотникова и др., 2017; Муслимов и др., 2019).

## Литература

- Баталин О.Ю., Вафина Н.Г. (2008). Конденсационная модель образования залежей нефти и газа. М.: Наука, 248 с.
- Бочкарев А.В., Остроухов С.Б., Сианисян С.Э. (2010). Концепция двухэтапного формирования залежей углеводородов западного борта Прикаспийской впадины. *Мат. Всеросс. науч. конф.: Успехи органической геохимии*, Новосибирск: ИНГТ СО РАН, с. 64-69.
- Бочкарев А.В., Остроухов С.Б., Бочкарев В.А., Крашакова А.В. (2011). Условия формирования углеводородных скоплений месторождения Укатное Северного Каспия. *Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений*, 11, с. 4-13.
- Бочкарев В.А., Остроухов С.Б. (2012). Восполняемые и невосполняемые запасы как следствие многоэтапного формирования. *Нефтепромысловое дело*, 7, с. 4-10.
- Булин Н.К., Егоркин А.В., Солодилов Л.Н. (2000). Прогнозирование нефтегазоносности недр по глубинным сейсмическим критериям. *Региональная геология и металлогения*, 10, с. 195-204.
- Гаврилов, В.П. (2008). Возможные механизмы естественного восполнения запасов на нефтяных и газовых месторождениях. *Геология нефти и газа*, 1, с. 56-64.
- Горюнов Е.Ю., П.А. Игнатов, Е.И. Чесалова, Д.Н. Климентьева (2014). Закономерности пространственного распределения типов нефтей и их характеристик в нефтегазоносных комплексах на территории Волго-Урала. *Геология нефти и газа*, 2, с. 27-37.
- Готтих Р.П., Писоцкий Б.И. (2007). Глубинные восстановленные флюидные системы в процессах нефтеобразования и нефтенакпления. В сборнике: *Фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа и развития нефтегазового комплекса России*, Москва: ИПНГ РАН, с. 55-65.
- Готтих Р.П., Писоцкий Б.И., Журавлев Д.И. (2007). Роль эндогенных флюидов в формировании углеродсодержащих пород в геологическом разрезе нефтегазоносных провинций. *Доклады Академии наук*, 412(4), с. 524-529.
- Дегазация Земли и геотектоника. (1985). *Тез. докл. II Всесоюз. совещ.* Ред. Кропоткин П.Н. Москва: Наука, 199 с.
- Дегазация Земли и геотектоника. (1991). *Тез. докл. III Всесоюз. совещ.* Ред. Кропоткин П.Н. Москва: Наука, 261 с.
- Дорофеев Н.В., Бочкарев А.В., Остроухов С.Б. (2014). Формирование, переформирование и деградация нефтяных залежей Среднего Каспия. *Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений*, 12, с. 4-10.
- Дмитриевский А.Н. (1991). Теоретические проблемы прогнозирования нефтегазоносности недр. В сб. *Теоретические и региональные проблемы геологии нефти и газа*. Новосибирск: Наука, с. 66-71.
- Дмитриевский А.Н., Валяев Б.В. (2002). Основные результаты и перспективы исследований по проблеме «Дегазация Земли». В сб.: *Дегазация земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ*, Москва: ГЕОС, с. 3-6.
- Дьячук И.А. (2015). К вопросу переформирования нефтяных месторождений и пластов. *Георесурсы*, 1(60), с. 39-46.
- Ибрагимов Р.Л., Плотникова И.Н. (2009). Результаты режимных наблюдений состава подземных вод кристаллического фундамента Южно-Татарского свода. *Георесурсы*, 3(31), с. 9-13.
- Касьянова Н.А. (2000). Влияние современной геодинамики недр на флюидный режим нефтегазовых залежей месторождений складчатых и платформенных областей. Москва: Геоинформмарк, 50 с.
- Касьянова Н.А. (2009). История развития взглядов на влияние новейших и современных геодинамических процессов на нефтегазоносность недр. *Геология, география и глобальная энергия*, 2(33), с. 27-32.
- Касьянова Н.А. (2010). Геофлюидодинамические доказательства современного восполнения запасов нефтегазовых залежей. *Геология, география и глобальная энергия*, 3(38), с. 14-17.
- Каюкова Г.П., Романов Г.В., Плотникова И.Н. (2012). Геохимические аспекты исследования процесса восполнения нефтяных залежей. *Георесурсы*, 47(5), с. 37-40.
- Краюшкин В.А. (1984). Абиогенно-мантийный генезис нефти. Киев: Наукова Думка, 267 с.
- Кудрявцев Н.А. (1973). Генезис нефти и газа. Ленинград: Недра, 176 с.
- Лукин А.Е., Шестопалов В.М. (2018). От новой геологической парадигмы к задачам региональных геолого-геофизических исследований. *Геофизический журнал*, 4(40), с. 3-72.
- Мингазов М.Н., Стриженко А.А., Камышников А.Г., Киямова А.Г. (2014). Региональные аспекты новейшей тектоники Республики Татарстан. *Георесурсы*, 2 (57), с. 44-50.
- Мирзоев К.М., Гатиятуллин Н.С., Тарасов Е.А., Степанов В.П., Гатиятуллин Р.Н., Рахматуллин М.Х., Кожевников В.А. (2004). Сейсмическая опасность территории Татарстана. *Георесурсы*, 1(15), с. 44-48.
- Муслимов Р.Х., Глумов И.Ф., Плотникова И.Н., Трофимов В.А., Нургалеев Д.К. (2004). Нефтяные и газовые месторождения – саморазвивающиеся и постоянно возобновляемые объекты. *Геология нефти и газа (специальный выпуск)*, с. 43-49.
- Муслимов Р.Х., Плотникова И.Н. (2012). Возобновляются ли запасы нефти? *ЭКО*, 1(145), с. 29-34.
- Муслимов Р.Х., Трофимов В.А., Плотникова И.Н., Ибатуллин Р.Р., Горюнов Е.Ю. (2019). Роль глубинной дегазации Земли и кристаллического фундамента в формировании и естественном восполнении запасов нефтяных и газовых месторождений. Казань: ФЕН, 290 с.
- Остроухов С.Б., Плотникова И.Н., Носова Ф.Ф., Салахидинова Г.Т., Пронин Н.В. (2014). Особенности состава и строения нефтей Первомайского и Ромашкинского месторождения нефти. *Химия и технология топлив и масел*, 6, с. 70-75.
- Остроухов С.Б. Плотникова И.Н., Носова Ф.Ф., Пронин Н.В. (2015). К вопросу о геохимических критериях изучения фациальных условий формирования сланцевых отложений. *Георесурсы*, 3(62), с. 10-16.
- Павленкова Н.И. (2002). Флюидная концепция глобальной тектоники. В сб. *Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ*, Москва: ГЕОС, с. 58-60.
- Плотникова, И.Н. (2004). Современный процесс возобновления запасов углеводородного сырья: гипотезы и факты. *Георесурсы*, 1, с. 40-41.
- Плотникова, И.Н. Салахидинова Г.Т. (2017). Геохимические критерии идентификации невыработанных участков нефтяных залежей на поздней стадии их разработки. *Нефть и газ*, 5(101), с. 83-102.
- Плотникова И.Н., Пронин Н.В., Носова Ф.Ф. (2013). Об источнике генерации нефти пашийского горизонта Ромашкинского месторождения. *Георесурсы*, 1, с. 33-35.
- Плотникова И.Н., Пронин Н.В., Салахидинова Г.Т., Носова Ф.Ф., Мишуллин Р.М. (2014). Геохимические критерии локализации участков восполнения нефтяных залежей. *Нефтяное хозяйство*, 3, с. 84-87.
- Плотникова И.Н. (2004). Геолого-геофизические и геохимические предпосылки перспектив нефтегазоносности кристаллического фундамента Татарстана. С.-Петербург: Недра, 172 с.

Порфирьев, В. Б. (1959). К вопросу о времени формирования нефтяных месторождений. В кн.: *Проблема миграции нефти и формирования нефти и газ. скоплений*. Москва: Изд-во АН СССР, с. 165-193.

Трофимов В.А., Корчагин В.И. (2002). Нефтеподводящие каналы: пространственное положение, методы обнаружения и способы их активизации. *Георесурсы*, 1(9), с. 18-23.

Халиков, А.Н., Горюнов Е.Ю., Моторин И.В. (2014). О восполнении запасов нефти на группе месторождений Кинзебулатовского типа (Башкортостан). *Геология нефти и газа*, 6, с. 30-34.

Христофорова, Н.Н., Христофоров А.В., Муслимов Р.Х. (2000). Температура и тепловой поток в гранито-гнейсовом слое Земной коры (по результатам экспериментальных измерений в скважинах Татарского свода). *Георесурсы*, 1(2), с. 2-11.

Христофорова Н.Н., Христофоров А.В., Бергеманн М.А. (2008). Анализ геотермических карт и перспективы нефтегазоносности глубинных отложений (на примере Республики Татарстан). *Георесурсы*, 3(26), с. 10-12.

## Сведения об авторах

*Ренат Халиуллович Муслимов* – доктор геол.-мин. наук, профессор кафедры геологии нефти и газа Казанский (Приволжский) федеральный университет Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 4/5

*Ирина Николаевна Плотникова* – доктор геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник Академия наук Республики Татарстан Россия, 420111, Казань, ул. Баумана, д. 20 E-mail: irena-2005@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 03.09.2019;  
Принята к публикации 08.10.2019; Опубликована 30.10.2019

IN ENGLISH

Discussion article

## Replenishment of oil deposits from the position of a new concept of oil and gas formation

R.Kh. Muslimov<sup>1</sup>, I.N. Plotnikova<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russian Federation

<sup>2</sup>Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russian Federation

\*Corresponding author: Irina N. Plotnikova, e-mail: irena-2005@rambler.ru

**Abstract.** The article is devoted to the problem of replenishing of oil reserves and considers it (the problem) in the aspect of deep degassing of the Earth. Based on an analysis of the results of a long-term study of the Precambrian crystalline basement in the territory of Tatarstan and adjacent areas, a number of new criteria are formulated that allow us to identify the processes of deep degassing of the Earth within the studied region.

The article provides a brief overview of current views on the problem of replenishing oil reserves, considers options for possible sources and the mechanism of replenishment of hydrocarbons in the developed deposits. The arguments in favor of the modern process of deep degassing within the South Tatar arch and adjacent territories are examined, which are unequivocally confirmed by: the dynamics of the hydrochemical parameters of the deep waters of the crystalline basement obtained in the monitoring mode at five deep wells; uneven heat flux and its anomalies, recorded according to many years of research under the guidance of N.N. Khristoforova. The degassing processes are also confirmed by the dynamics of gas saturation of decompressed zones of the crystalline basement recorded in well 20009-Novoelekhnovskaya, the dynamics of gas saturation of oil of the sedimentary cover and the composition of the gas dissolved in it, identified by oil studies in piezometric wells located in different areas of the Romashkinskoye field; the seismicity of the territory of Tatarstan, as well as its neotectonic activity. As criteria proving the existence of a process of replenishing the reserves of the developed oil fields of the South Tatar Arch, the features of the deep structure of the earth's crust according to seismic data, as well as the results of geochemical studies of oils are considered.

**Key words:** replenishment of reserves, deep degassing of the Earth, criteria for oil inflow into deposits, origin of oil and gas, geochemical studies, tectonic activation, Romashkinskoye oil field, a new concept of oil and gas formation

**Recommended citation:** Muslimov R.Kh., Plotnikova I.N. (2019). Replenishment of oil deposits from the position of a new concept of oil and gas formation. *Georesursy = Georesources*, 21(4), pp. 40-48. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.4.40-48>

## References

- Batalin O.Yu., Vafina N.G. (2008). Condensation model of oil and gas field formation. Moscow: Nauka, 248 p. (In Russ.)
- Bochkarev A.V., Ostroukhov S.B., Sianisyan S.E. (2010). The concept of a two-stage formation of hydrocarbon deposits on the western side of the Caspian depression. *Proc. All Russ. Conf.: Advances in organic geochemistry*, Novosibirsk: INGG SO RAN, pp. 64-69. (In Russ.)
- Bochkarev V.A., Ostroukhov S.B. (2012). Inexhaustible and exhaustible resources as a result of multistage field formation. *Neftepromyslovoe delo*, 7, pp. 4-10. (In Russ.)
- Bochkarev V.A., Ostroukhov S.B., Bochkarev A.V., Krashakova A.V. (2011). Conditions of hydrocarbon accumulations formation of the Ukatnoe field, Northern Caspian. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy = Geology, geophysics and development of oil and gas deposits*, 11, pp. 4-13. (In Russ.)
- Bulin N.K., Egorin A.V., Solodilov L.N. (2000). Prediction of oil and gas content by deep seismic criteria. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 10, pp. 195-204. (In Russ.)
- Dmitrievskii A.N. (1991). Theoretical problems of predicting oil and gas subsurface resources. *Coll. papers: Theoretical and regional problems of the geology of oil and gas*, Novosibirsk: Nauka, pp. 66-71. (In Russ.)
- Dmitrievskii A.N., Valyaev B.V. (2002). The main results and prospects of research on the problem of "Degassing the Earth". *Coll. papers: Earth degassing: geodynamics, geofluids, oil and gas*, Moscow: GEOS, pp. 3-6. (In Russ.)
- Dorofeev N.V., Bochkarev A.V., Ostroukhov S.B. (2014). Formation, reformation and degradation of oil deposits in the Middle Caspian. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh mestorozhdeniy = Geology, geophysics and oil field development*, 12, pp. 4-10. (In Russ.)
- Dyachuk I.A. (2015). Reformation of oil fields and reservoirs. *Georesursy = Georesources*, 1(60), pp. 39-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.18599/grs.60.1.8>. (In Russ.)
- Gavrilov V.P. (2008). Possible mechanisms of natural resources renewability in oil and gas fields. *Geologiya nefiti i gaza = Oil and Gas Geology*, 1, pp. 56-64. (In Russ.)
- Goryunov E.Yu., Ignatov P.A., Chesalova E.I., Klimentyeva D.N. (2014). The regularities of spatial distribution of oil types and its properties in oil and gas-bearing complexes of Volga-Ural territory. *Geologiya nefiti i gaza = Oil and gas geology*, 2, pp. 27-37. (In Russ.)

- Gottikh R.P., Pisotskii B.I. (2007). Deep reconstructed fluid systems in the processes of oil formation and oil accumulation. *Coll. papers: Fundamental problems of the geology and geochemistry of oil and gas and the development of petroleum complex in Russia*, Moscow: IPNG RAN, pp. 55-65. (In Russ.)
- Gottikh R.P., Pisotskii B.I., Zhuravlev D.I. (2007). The role of endogenous fluids in the formation of carbonaceous rocks in the geological section of oil and gas bearing provinces. *Doklady Akademii nauk*, 412(4), pp. 524-529. (In Russ.)
- Ibragimov R.L., Plotnikova I.N. (2009). Monitoring of water from crystalline basement of South-Tatar arch. *Georesursy = Georesources*, 3(31), pp. 9-13. (In Russ.)
- Kas'yanova N.A. (2000). The influence of modern subsoil geodynamics on the fluid regime of oil and gas deposits of folded and platform areas. Moscow: Geoinformmark, 50 p. (In Russ.)
- Kas'yanova N.A. (2009). The history of the development of views on the influence of the latest and modern geodynamic processes on the oil and gas potential of the subsoil. *Geology, Geography, and Global Energy*, 2(33), pp. 27-32. (In Russ.)
- Kasy'anova N.A. (2010). Geofluidodynamic evidence of modern replenishment of oil and gas reserves. *Geology, Geography, and Global Energy*, 3(38), pp. 14-17. (In Russ.)
- Kayukova G.P., Romanov G.V., Plotnikova I.N. (2012). Geochemical aspects of the study of the process of replenishment of oil deposits. *Georesursy = Georesources*, 47(5), pp. 37-40. (In Russ.)
- Khalikov A.N., Goryunov E.Yu., Motorin I.V. (2014). Oil reserves replacement in Kinzebulatov type group of deposits (Bashkortostan). *Geologiya nefiti i gaza = Oil and gas geology*, 6, pp. 30-34. (In Russ.)
- Khristoforova N.N., Khristoforov A.V., Bergemann M.A. (2008). Analysis of geothermal maps and prospects of oil and gas potential of deep sediments (on the example of the Republic of Tatarstan). *Georesursy = Georesources*, 3(26), pp. 10-12. (In Russ.)
- Khristoforova, N.N., Khristoforov A.V., Muslimov R.Kh. (2000). Temperature and heat flow in the granite-gneiss layer of the Earth's crust (according to the results of experimental measurements in the wells of the Tatar arch). *Georesursy = Georesources*, 1(2), pp. 2-11. (In Russ.)
- Krayushkin V.A. (1984). Abiogenic-mantle oil genesis. Kiev: Naukova Dumka, 267 p. (In Russ.)
- Kropotkin P.N. [Red.] (1985). Proc. II All Union Conf.: Earth Degassing and Geotectonics. Moscow: Nauka, 199 p. (In Russ.)
- Kropotkin P.N. [Red.] (1991). Proc. III All Union Conf.: Earth Degassing and Geotectonics. Moscow: Nauka, 261 p. (In Russ.)
- Kudryavtsev N.A. (1973). The genesis of oil and gas. Leningrad: Nedra, 176 p. (In Russ.)
- Lukin A.E., Shestopalov V.M. (2018). From new geological paradigm to the problems of regional geological-geophysical survey. *Geofizicheskii zhurnal*, 4(40), pp. 3-72. (In Russ.)
- Mingazov M.N., Strizhenok A.A., Kamyshnikov A.G., Kiyamova A.G. (2014). Regional Aspects of Recent Tectonics of Tatarstan Republic (Russia). *Georesursy = Georesources*, 2(57), pp. 44-50. (In Russ.)
- Mirzoev K.M., Gatiyatullin N.S., Tarasov E.A., Stepanov V.P., Gatiyatullin R.N., Rakhmatullin M.Kh., Kozhevnikov V.A. (2004). Seismic hazard of the territory of Tatarstan. *Georesursy = Georesources*, 1(15), pp. 44-48. (In Russ.)
- Muslimov R.Kh., Glumov I.F., Plotnikova I.N. et. al. (2004). Oil and gas fields – a self-developed and permanently renewable objects. *Geologiya nefiti i gaza = Oil and Gas Geology*, 10, pp. 43-49. (In Russ.)
- Muslimov R.Kh., Plotnikova I.N. (2012). Are the oil reserved renewed? *EKO*, 1, pp. 29-34. (In Russ.)
- Muslimov R.Kh., Trofimov V.A., Plotnikova I.N., Ibatullin R.R., Goryunov E.Yu. (2019). The role of deep degassing of the Earth and the crystalline basement in the formation and natural replenishment of oil and gas deposits. Kazan: FEN, 290 p. (In Russ.)
- Ostroukhov S.B., Plotnikova I.N., Nosova F.F., Pronin N.V. (2015). Geochemical Criteria for Facies Conditions in the Formation of Shale Deposits. *Georesursy = Georesources*, 3(62), pp. 42-47. (In Russ.)
- Ostroukhov S.B., Plotnikova I.N., Nosova F.F., Salakhidinova G.T., Pronin N.V. (2014). Peculiarities of the composition and structure of the oils of Pervomaisky and Romashkinskoye oil fields. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel*, 6, pp. 70-75. (In Russ.)
- Pavlenkova N.I. (2002). The fluid concept of global tectonics. *Coll. papers: Earth degassing: geodynamics, geofluids, oil and gas*, Moscow: GEOS, pp. 58-60. (In Russ.)
- Plotnikova I.N. (2004). Geological, geophysical and geochemical preconditions for oil and gas potential of the crystalline basement of Tatarstan. St.Petersburg: Nedra, 171 p. (In Russ.)
- Plotnikova I.N., Pronin N.V., Nosova F.F. (2013). On the source of oil generation in Pashiysky horizon of Romashkinskoye oil field. *Neftyanoe Khozyaystvo = Oil industry*, 1, pp. 33-35. (In Russ.)
- Plotnikova I.N., Salakhidinova G.T. (2017). Geochemical criteria for identification of unprocessed sections of oil deposits at a late stage of their development. *Neft' i gaz*, 5, pp. 83-102. (In Russ.)
- Plotnikova I.N., Salakhidinova G.T., Nosova F.F., Pronin N.V., Minnullin R.M. (2014). Geochemical criteria for detecting of the areas of the oil deposits replenishment. *Neftyanoe Khozyaystvo = Oil industry*, 3, pp. 84-87. (In Russ.)
- Plotnikova, I.N. (2004). The modern process of renewing hydrocarbon reserves: hypotheses and facts. *Georesursy = Georesources*, 1, pp. 40-41. (In Russ.)
- Porfir'ev, V. B. (1959). To the question of the time of formation of oil fields. Book: *The Problem of Oil Migration and Oil Formation and gas clusters*. Moscow: Academy of Sciences of the USSR, pp. 165-193. (In Russ.)
- Trofimov V.A., Korchagin V.I. (2002). Oil-bearing channels: spatial location, detection methods and methods for their activation. *Georesursy = Georesources*, 1(9), pp. 18-23. (In Russ.)

#### About the Authors

*Renat Kh. Muslimov* – DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Department of Oil and Gas Geology, Institute of Geology and Petroleum Technologies

Kazan (Volga region) Federal University  
4/5 Kremlevskaya st., Kazan, 420008, Russian Federation

*Irina N. Plotnikova* – DSc (Geology and Mineralogy), Leading Researcher Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan

20 Baumana st., Kazan, 420012, Russian Federation  
E-mail: irena-2005@rambler.ru

*Manuscript received 03 September 2019;  
Accepted 08 October 2019; Published 30 October 2019*