

Стратегия моделирования углеводородных систем на разных этапах и стадиях геолого-разведочных работ на нефть и газ

В.Ю. КЕРИМОВ, д.г.-м.н., проф., завкафедрой теоретических основ поисков и разведки нефти и газа

Р.Н. МУСТАЕВ, к.г.-м.н., доцент кафедры теоретических основ поисков и разведки нефти и газа

Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина (национальный исследовательский университет) (Россия, 119991, Москва, Ленинский пр., д. 65).

Российский государственный геолого-разведочный университет им. Серго Орджоникидзе (Россия, 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23).

E-mail: vagif.kerimov@mail.ru, E-mail: r.mustaev@mail.ru

У.С. СЕРИКОВА, к.т.н., доцент кафедры теоретических основ поисков и разведки нефти и газа

Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина (национальный исследовательский университет) (Россия, 119991, Москва, Ленинский пр., д. 65). E-mail: lubava45@gmail.com

В статье рассмотрены вопросы моделирования углеводородных систем на разных этапах и стадиях геолого-разведочных работ на нефть и газ. Показаны задачи моделирования и объекты исследования на региональном, поисково-оценочном и разведочном этапах ГРП. Даны карты прогнозных аккумуляций, очагов генерации и путей миграции на присахалинском шельфе. Представлена геологическая модель северо-восточной части акватории Черного моря, а также показаны прогнозируемые зоны нефтегазоаккумуляции и ловушки в северо-восточной части Черного моря.

Ключевые слова: моделирование, углеводородные системы, гипотезы, геолого-разведочные работы, этапы и стадии.

неотъемлемой частью геолого-разведочного процесса и выполняться на всех его этапах. Бассейновое моделирование должно выполняться на всех этапах ГРП, при этом каждой стадии этих работ соответствует определенный круг решаемых задач.

Задачи моделирования и объекты исследования на региональном этапе показаны на рис. 1. На первой стадии регионального этапа нефтегазоперспективных работ, когда объектами изучения являются осадочные бассейны и их части, выполняется построение моделей регионального уровня. В задачи моделирования входит определение границ осадочных бассейнов, выявление потенциально нефтегазоносных бассейнов, реконструкция их эволюции и расчет тепловой истории. Рекомендации дальнейших ГРП фокусируются на выборе наиболее перспективных объектов на уровне бассейнов и обоснования рационального комплекса исследований. Использование аппарата численного

Моделированием углеводородных систем (УС) называется применение численных методов с целью создания модели УС – рабочей гипотезы, включающей все доступные геологические данные и непротиворечивые гипотезы о развитии этой системы в целом. После распространения методологии изучения прогноза нефтегазоносности, основанной на концепции углеводородных систем, появились программы, позволяющие не только рассчитывать зрелость нефтематеринских пород и миграцию УВ, но и прогнозировать области их аккумуляции.

Построение модели бассейна не является самоцелью, а проводится для решения региональных, поисковых и разведочных задач, возникающих в процессе геолого-разведочных работ (ГРП). В этом контексте становится понятным, что бассейновое моделирование должно быть

Рис. 1

Задачи моделирования и объекты исследования на региональном этапе ГРП

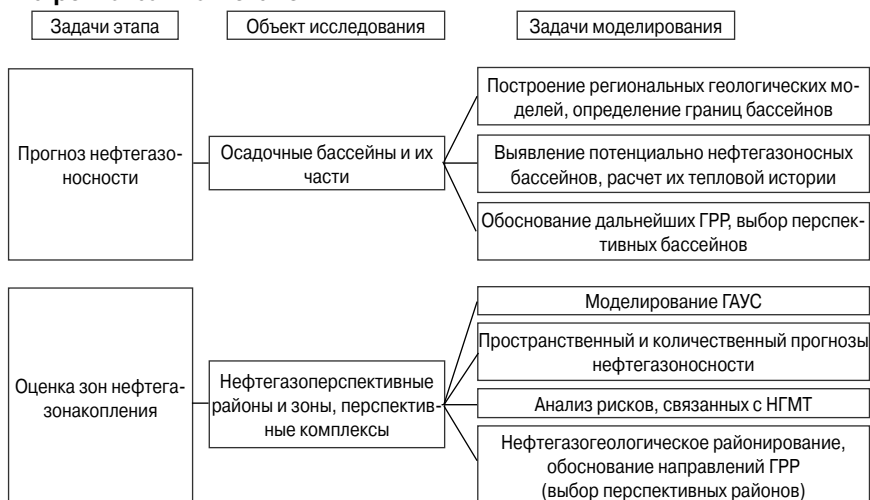


Рис. 2
Геологическая модель северо-восточной части акватории Черного моря

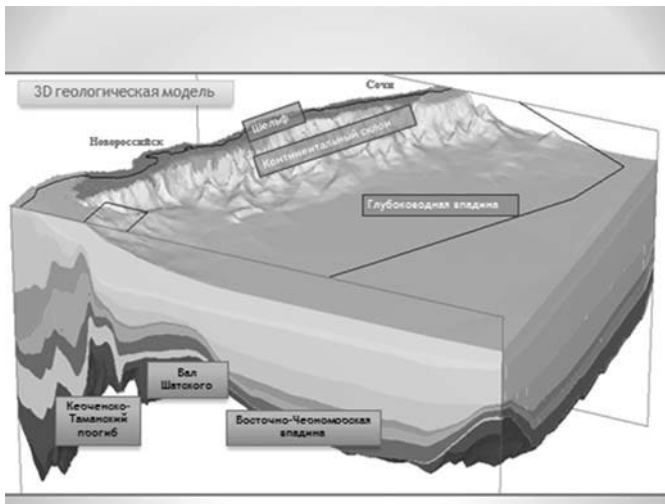


Рис. 3
Прогнозируемые зоны нефтегазонакопления и ловушки в северо-восточной части Черного моря

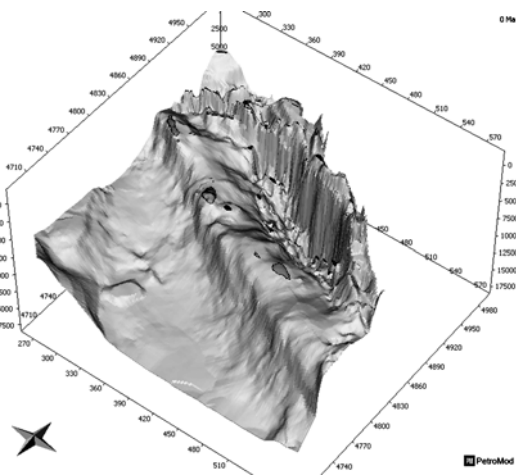
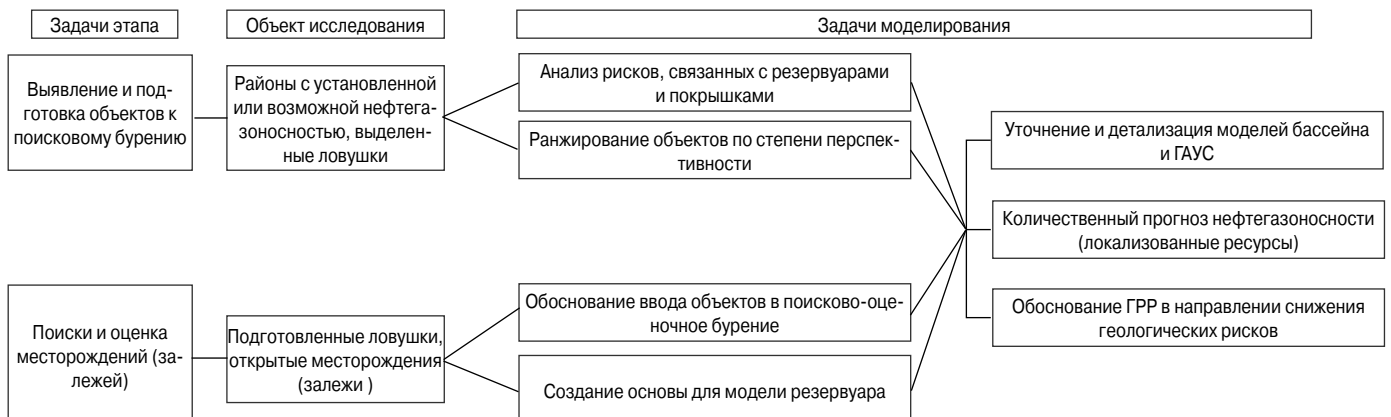


Рис. 4
Задачи моделирования и объекты исследования на поисково-оценочном этапе



бассейнового моделирования на региональном этапе геолого-разведочных работ предусматривает формирование цифровой структурно-тектонической модели осадочного бассейна, в результате чего уточняется структурно-тектоническая позиция изучаемой территории.

В качестве иллюстрации решения задач на этой стадии геолого-разведочных работ можно привести результаты моделирования северо-восточной части акватории Черного моря (рис. 2). Результаты моделирования показали, что первоочередным объектом для постановки детализационных работ является ловушка в зоне нефтегазонакопления (ЗНГН), расположенной в Новороссийско-Лазаревском синклинии (рис. 3). Анализ структуры рисков определяет направления дальнейших ГРП – поиск и локализация крупных ловушек.

На второй стадии регионального этапа изучаются нефтегазоперспективные зоны и зоны нефтегазонакопления. Осадочный разрез бассейна анализируется с позиций наличия в нем необходимых элементов генерационно-аккумуляционных углеводородных систем (ГАУС), выполняется численное пространственно-временное моделирование эволюции этих систем, что позволяет выполнить качественный пространственный (с выделением зон наиболее вероятного нефтегазонакопления) и количественный (с количественной оценкой перспектив нефтегазонакопительности) прогнозы нефтегазонакопительности. На основании результатов моделирования проводится анализ геологических рисков, связанных с нефтегазоматеринскими толщами. Выполненный комплекс исследований позволяет провести нефтегазогеологическое районирование бассейна и его частей. Обоснование дальнейших ГРП направлено на выбор наиболее перспективных зон и районов нефтегазонакопления, установление очередности проведения на них поисковых работ, а также на обоснование необходимого комплекса исследований, направленных на снижение геологических рисков, то есть на изучение геологических факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на качество прогноза углеводородного потенциала областей углеводородонакопления.

Задачи моделирования и объекты исследования на поисково-оценочном этапе показаны на рис. 4. На этом этапе объектами изучения становятся районы с установленной или возможной нефтегазонакопительностью, а также подготовленные ловушки и открытые месторождения (залежи). В части моделирования на данном этапе и в дальнейшем постоянно выполняются актуализация и детализация мо-

делей ГАУС, уточнение прогнозных аккумуляций очагов генерации, количественный прогноз нефтегазоносности на уровне оценки локализованных ресурсов и обоснование направлений ГРП, соответственно, выполняется анализ рисков, ранжирование объектов по степени перспективности, обоснование очередности ввода объектов в поисковое бурение, создание основы для модели резервуара. В качестве примера на рис. 5 показана карта прогнозных аккумуляций, очагов генерации и путей миграции на присахалинском шельфе.

Задачи моделирования и объекты исследования на разведочно-эксплуатационном этапе показаны на рис. 6. На разведочном (разведочно-эксплуатационном) этапе изучаются промышленные месторождения и залежи, уточняются их строение и запасы. В части моделирования выполняется актуализация и уточнение модели с учетом всей накопленной геологической информации, выполняются оценка остаточного потенциала ГАУС путем соответствующих балансовых расчетов и количественный прогноз нефтегазоносности. Обосновываются новые направления поисков скоплений углеводородов в регионе.

Численное пространственно-временное моделирование ГАУС позволяет получать объемные характеристики УВ, генерированных нефтегазоматеринских толщ (НГМТ), эмигрировавших из них и аккумулированных в ловушках, и является, таким образом, современным вариантом объемно-генетического метода оценки ресурсного потенциала.

Рассмотренная стратегия и стадийность отражает принципиальную роль и значение численного бассейнового моделирования при соблюдении последовательной этапности и стадийности изучения бассейнов. На самом деле в настоящее время практически все осадочные бассейны в той или иной степени изучены геологогеофизическими методами, и нередко с нарушением стадийности. Однако с точки зрения численного бассейнового моделирования в 99% случаев в этих бассейнах не завершены региональный этап исследований, то есть зоны нефтегазонакопления не оценены с достаточной степенью объективности и обоснованности, которые обеспечиваются современными технико-технологическими и программными средствами. Это может негативно сказываться на эффективности последующих этапов и стадий работ даже в тех осадочных бассейнах, которые по формальным признакам относятся к категории изученных. В такой ситуации стратегия и задачи, которые могут быть решены с помощью моделирования, уникальны для каждого бассейна и определяются в значительной мере степенью его изученности, а также особенностями его строения и эволюции. В общем случае осадочные бассейны можно разделить на слабоизученные и умеренно или хорошо изученные.

На любом из этапов нефтегазопроисковых работ цифровая бассейновая модель (или модель ГАУС) представляет собой рабочую гипотезу, в рамках которой весь комплекс накопленной геологической информации систематизирован и анализируется с единых методологических позиций. Это позволяет осуществлять наиболее качественный прогноз нефтегазоносности, соответствующий каждому из этапов исследований, и по мере получения новых данных уточнять модель, а вместе с ней и прогноз нефтегазоносности. При этом необ-

ходимо подчеркнуть, что построение цифровой модели бассейна не является целью, а проводится для решения региональных, поисковых и разведочных проблем, возникающих в процессе исследований, и связанных с ними конкретных задач.

Для достоверного прогноза нефтегазоносности и успешной конкуренции с ведущими нефтегазовыми компаниями мира в этой области необходимо существенно повышать технологичность геолого-разведочных работ на нефть и газ. В настоящее время при региональном прогнозе нефтегазоносности наибольшим распространением пользуются программные продукты визуального (графического) моделирования как бассейнов и углеводородных систем, так и отдельных природных резервуаров-ловушек (PetroMod, Petrel, Temis, GenesisRoxar и др.). Базой модельных построений служат цифровые выражения единичных параметров симулируемой геологической среды и насы-

Рис. 5

Карта прогнозных аккумуляций, очагов генерации и путей миграции на присахалинском шельфе

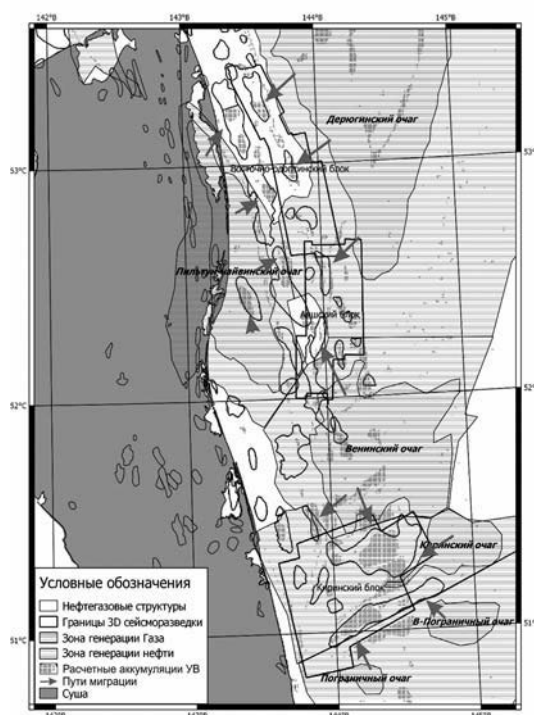
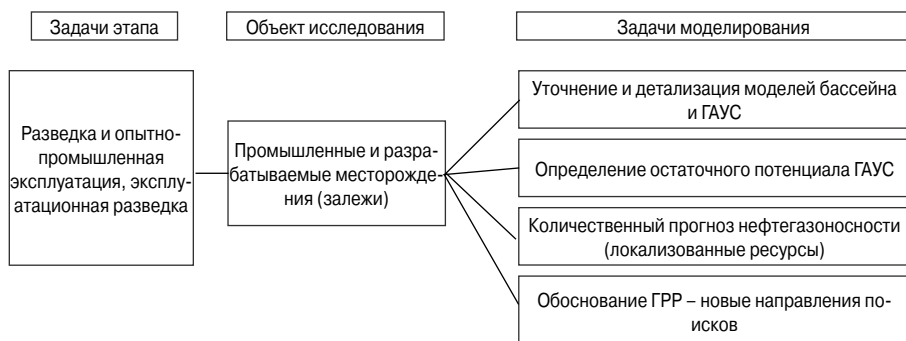


Рис. 6

Задачи моделирования и объекты исследования на разведочно-эксплуатационном этапе



щающих ее флюидов. Для получения максимальной отдачи от применения новых технологий необходимо совершенствовать производственный процесс геолого-разведочных работ на нефть и газ, обеспечивать научное сопровождение инновационных технологий и повышать уровень квалификации сотрудников. Специалисты должны разбираться в том, где и когда следует использовать эти технологии и как оптимальным образом интегрировать их в рабочий процесс.

Заклучение

Моделирование углеводородных систем само по себе не является целью, а проводится для решения региональных, поисковых и разведочных задач, возникающих в процессе ГРП. В этом контексте становится понятным, что моделирование должно стать неотъемлемой частью геолого-разведочного процесса и выполняться на всех этапах геолого-разведочных работ, при этом каждой стадии этих работ должен соответствовать определенный круг решаемых задач.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Allen P.A., Allen J.R. Basin Analysis. –Blackwell Publishing, second edition, 2005.
- Hantschel T., Kauerauf A. Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modelling, London, 2009. –476 p.
- Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. Fluid dynamics of oil and gas reservoirs // Scrivener Publishing Wiley, USA, 2015. 613 p.
- Magoon L.B., Dow, W.G. The Petroleum system – from source to trap. AAPG Memoir 60. –1994. –P. 3–24.
- Tissot B.P., Welte D.H. Petroleum Formation and Occurrence. – Springer-Verlag, Berlin, second edition, 1984.
- Бакиров А.А., Бакиров Э.А., Габриэлянц Г.А. и др. Теоретические основы поисков и разведки нефти и газа: учеб. для вузов. Книга 1. – М.: Недра, 2012. 412 с.
- Бахтин Р.Н., Шемьяков А.О., Керимов В.Ю. и др. Курс «История специальности» как реализация гуманитаризации технического образования // История и педагогика естествознания, 2016. № 4. С. 9–16.
- Мовсумзаде Э.М. Гуманитаризация инженерно-технического образования. М.: Современный университет, 2007. 99 с.
- Мовсумзаде Э.М., Мастобаев Б.Н. и др. Морская нефть. Развитие технических средств и технологий. СПб.: Недра, 2005. 234 с.
- Богоявленский В.И., Керимов В.Ю., Ольховская О.О., Мустаев Р.Н. Повышение эффективности и безопасности поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа на акватории Охотского моря // Территория Нефтегаз, 2016. № 10. С. 24–32.
- Керимов В.Ю. Моделирование нефтегазовых геосистем и осадочных бассейнов // Теоретические основы и технологии поисков и разведки нефти и газа, 2012. № 1. С. 41.
- Керимов В.Ю. Становление и современное состояние фундаментального базиса прогнозирования нефтегазоносности недр // Технологии нефти и газа, 2015. № 5 (100). С. 17–25.
- Керимов В.Ю., Бондарев А.В. Условия формирования и перспективы поисков скоплений углеводородов в меловых и юрских отложениях Большехэтской впадины // Нефтяное хозяйство. 2014. № 6. С. 86–90.
- Керимов В.Ю., Бондарев А.В., Осипов А.В., Серов С.Г. Эволюция генерационно-аккумуляционных углеводородных систем на территории Байкитской антеклизы и Курейской синеклизы (Восточная Сибирь) // Нефтяное хозяйство, 2015. № 5. С. 39–42.
- Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Сенин Б.В., Лавренова Е.А. Задачи бассейнового моделирования на разных этапах геолого-разведочных работ // Нефтяное хозяйство, 2015. № 4. С. 26–29.
- Керимов В.Ю., Мухтарова Х.З., Мустаев Р.Н. Дизъюнктивные нарушения и их роль в формировании и разрушении залежей нефти и газа в Южном Каспии // Нефть, газ и бизнес, 2011. № 6. С. 18–26.
- Керимов В.Ю., Осипов А.В., Монакова А.С., Захарченко М.В. Особенности формирования и нефтегазоносность складчато-надвигового пояса Урала // Теоретические основы и технологии поисков и разведки нефти и газа, 2012. № 2. С. 4–14.
- Керимов В.Ю., Осипов А.В., Мустаев Р.Н. Новые направления подготовки кадров для топливно-энергетического комплекса // История и педагогика естествознания, 2016. № 4. С. 6–8.
- Керимов В.Ю., Серикова У.С., Мустаев Р.Н., Гулиев И.С. Нефтегазоносность глыбокозалегающих отложений Южно-Каспийской впадины // Нефтяное хозяйство, 2014. № 5. С. 50–54.
- Керимов В.Ю., Сизиков Е.А., Синявская О.С., Макарова А.Ю. Условия формирования и поиски залежей УВ в турбидитовых коллекторах Охотского моря // Нефть, газ и бизнес, 2015. № 2. С. 32–37.
- Керимов В.Ю., Томас Хантшел, Соколов К., Сидорова М.С. Применение технологии бассейнового моделирования – программного пакета Petromod в учебном процессе РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина // Нефть, газ и бизнес. 2011. № 4. С. 38–47.
- Керимов В.Ю., Топалова Т., Зайцев О., Пузин А.В., Спачич Д. Моделирование нефтегазовых геосистем и осадочных бассейнов // Теоретические основы и технологии поисков и разведки нефти и газа. 2012. № 1 (1). С. 41–50.

MODELING STRATEGY OF HYDROCARBON SYSTEMS AT DIFFERENT STAGES OF GEOLOGICAL EXPLORATION FOR OIL AND GAS

KERIMOV V.YU., Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof., Head of the Department of Theoretical Basics of Prospecting and Exploration of Oil and Gas
 MUSTAEV R.N., Cand. Sci. (Geol.-Min.), Associate Prof. of the Department of Theoretical Basics of Prospecting and Exploration of Oil and Gas
 Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (65, korp.1, Leninskiy Pr., 119991, Moscow, Russia).
 Russian State Geological prospecting University (23, Miklouho-Maklay's St., 117997, Moscow, Russia). E-mail: vagif.kerimov@mail.ru,
 E-mail: r.mustaev@mail.ru

SERIKOVA U.S., Cand. Sci. (Tech.), Associate Prof. of the Department of Theoretical Basics of Prospecting and Exploration of Oil and Gas
 Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (65, korp.1, Leninskiy Pr., 119991, Moscow, Russia).

ABSTRACT

The article deals with the modeling of hydrocarbon systems at different stages of exploration for oil and gas. It shows the tasks of modeling and research facilities at the regional, prospecting and evaluation stages of exploration work. The maps of the forecast accumulation, sources of generation and migration routes on Sakhalin shelf are given. A geological model of the northeastern part of the Black sea is presented, as well as projected oil and gas accumulation zones and traps in the northeastern part of the Black sea.

Keywords: modeling, hydrocarbon systems, hypotheses, exploration, stages.

REFERENCES

- Allen P.A., Allen J.R. *Basin analysis*. Blackwell Publ., 2005.
- Hantschel T., Kauerauf A. *Fundamentals of basin and petroleum systems modeling*. London, 2009. 476 p.
- Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. *Fluid dynamics of oil and gas reservoirs. USA*, Scrivener Publ. Wiley, 2015. 613 p.
- Magoon L.B., Dow, W.G. *The Petroleum system –from source to trap. AAPG Memoir 60*. 1994. pp. 3–24.
- Tissot B.P., Welte D.H. *Petroleum Formation and Occurrence*. Berlin Springer-Verlag Publ., 1984.
- Bakirov A.A., Bakirov E.A., Gabrielyants G.A., Kerimov V.YU., Mstislavskaya L.P. *Teoreticheskiye osnovy poiskov i razvedki nefiti i gaza. Kniga 1* [Theoretical Foundations of Prospecting and Exploration of Oil and Gas. Book 1]. Moscow, Nedra Publ., 2012. 412 p.
- Bakhtizin R.N., Shemyakov A.O., Kerimov V.YU., Pakhomov S.I., Mastobayev B.N., Movsumzade E.M. Course “History of the specialty” as a realization of the humanitarization of technical education. *Istoriya i pedagogika yestestvoznaniya*, 2016, no. 4, pp. 9–16 (In Russian).
- Movsumzade E.M. *Gumanitarizatsiya inzhenerno–tekhnicheskogo obrazovaniya* [Humanitarization of engineering education]. Moscow, Sovremennyy universitet Publ., 2007. 99 p.
- Movsumzade E.M., Mastobayev B.N. *Morskaya nefit'. Razvitiye tekhnicheskikh sredstv i tekhnologii* [Sea oil. Development of technical facilities and technologies]. St. Petersburg, Nedra Publ., 2005. 234 p.
- Bogoyavlenskiy V.I., Kerimov V.YU., Ol'khovskaya O.O., Mustayev R.N. Increase of efficiency and safety of prospecting, exploration and development of oil and gas fields in the water area of the Sea of Okhotsk. *Territoriya Neftegaz*, 2016, no. 10, pp. 24–32 (In Russian).
- Kerimov V.YU. Modeling of oil and gas geosystems and sedimentary basins. *Teoreticheskiye osnovy i tekhnologii poiskov i razvedki nefiti i gaza*, 2012, no. 1, p. 41 (In Russian).
- Kerimov V.YU. Formation and the current state of the fundamental basis for forecasting the oil and gas potential of the subsoil. *Tekhnologii nefiti i gaza*, 2015, no. 5 (100), pp. 17–25 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Bondarev A.V. Conditions for the formation and prospects for the search for hydrocarbon accumulations in the Cretaceous and Jurassic deposits of the Bolshekhetskaya Depression. *Neftyanoye khozyaystvo*, 2014, no. 6, pp. 86–90 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Bondarev A.V., Osipov A.V., Serov S.G. Evolution of generation–accumulation of hydrocarbon systems on the territory of Baikit anticline and Kureyskaya syncline (Eastern Siberia). *Neftyanoye khozyaystvo*, 2015, no. 5, pp. 39–42 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Mustayev R.N., Senin B.V., Lavrenova Ye.A. Problems of basin modeling at different stages of geological exploration work. *Neftyanoye khozyaystvo*, 2015, no. 4, pp. 26–29 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Mukhtarova KH.Z., Mustayev R.N. Disjunctive disturbances and their role in the formation and destruction of oil and gas deposits in the Southern Caspian. *Neft', gaz i biznes*, 2011, no. 6, pp. 18–26 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Osipov A.V., Monakova A.S., Zakharchenko M.V. Features of the formation and oil and gas content of the folding and thrust belt of the Ural. *Teoreticheskiye osnovy i tekhnologii poiskov i razvedki nefiti i gaza*, 2012, no. 2, pp. 4–14 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Osipov A.V., Mustayev R.N. New directions of training personnel for the fuel and energy complex. *Istoriya i pedagogika yestestvoznaniya*, 2016, no. 4, pp. 6–8 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Serikova U.S., Mustayev R.N., Guliyev I.S. Oil and gas occurrence of deep–lying deposits of the South Caspian Depression. *Neftyanoye khozyaystvo*, 2014, no. 5, pp. 50–54 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Sizikov Ye.A., Sinyavskaya O.S., Makarova A.YU. Conditions for formation and search of hydrocarbon deposits in turbidite reservoirs of the Okhotsk Sea. *Neft', gaz i biznes*, 2015, no. 2, pp. 32–37 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Tomas Khantschel, Sokolov K., Sidorova M.S. Application of the technology of the Retromod software package basin modeling in the educational process of Gubkin RGU of oil and gas. *Neft', gaz i biznes*, 2011, no. 4, pp. 38–47 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Topalova T., Zaytsev O., Puzin A.V., Spakhich D. Modeling of oil and gas geo systems and sedimentary basins. *Teoreticheskiye osnovy i tekhnologii poiskov i razvedki nefiti i gaza*, 2012, no. 1, pp. 41–50 (In Russian).

