

Численное бассейновое моделирование – эффективная технология прогноза нефтегазоносности

В.Ю. КЕРИМОВ, д.г.-м.н., проф., проректор по научной работе
Р.Н. МУСТАЕВ, к.г.-м.н., начальник управления фундаментальных и прикладных научных исследований

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

А.С. МОНАКОВА, ст. преподаватель кафедры теоретических основ поисков и разведки нефти и газа

К.И. ДАНЦОВА, ассистент 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: a.monakova@mail.ru

Численное бассейновое моделирование – это реконструкция геологических процессов, протекающих в осадочных бассейнах, с использованием физико-математического аппарата. При бассейновом моделировании рассчитываются все геологические процессы, протекающие в осадочных бассейнах в течение их эволюции и так или иначе оказывающие влияние на образование скоплений углеводородов (УВ) и их сохранность (осадконакопление, эрозия, тектонические движения, тепловой режим и т. д.). В статье рассматриваются вопросы эффективности применения численного бассейнового моделирования.

Ключевые слова: бассейновое моделирование, эффективность, программный продукт, геологические процессы, критерии прогноза нефтегазоносности.

Цель бассейнового моделирования (БМ) – прогноз нефтегазоносности осадочных бассейнов. При БМ есть возможность проследить изменение нефтегазоносности бассейна во времени, то есть получить несколько прогнозов. Численное БМ позволяет учитывать фактор геологического времени и, таким образом, обеспечивает переход от статического анализа к динамическому бассейновому анализу.

Бассейновое моделирование – это динамический анализ, в основе которого лежит численное моделирование (simulation) геологических процессов (в том числе накопления осадков, их уплотнения, теплового режима, генерации углеводородов их эмиграции, миграции и аккумуляции), протекающих в осадочных бассейнах. Реконструкция этих процессов охватывает период с момента отложения самого древнего слоя осадочных пород и продолжается вплоть до настоящего времени (рис. 1).

Реконструкция этих процессов охватывает период с момента отложения самого древнего слоя осадочных пород и продолжается вплоть до настоящего времени.

Ниже показаны результаты численного бассейнового моделирования для нефтегазоносных комплексов бассейна зоны сочленения Русской платформы и Урала (рис. 2). Осадочный разрез в представляемой трехмерной модели включает 12 основных комплексов (см. рис. 2). В пределах изучаемой территории моделировались четыре генерационно-аккумуляционные углеводородные системы (ГАУС), соответствующие четырем нефтегазоносным комплексам (НГК) – нижнедевонско-франскому, франско-турнейскому, визейско-башкирскому и нижнепермскому. В результате проведенных геохимических исследований

установлено, что отложения верхнего карбона – нижней перми, распространенные в пределах Предуральского прогиба и северной бортовой зоны Прикаспийской синеклизы, обладают высоким нефтегазоматеринским потенциалом и рассматриваются в качестве нефтегазоматеринских. Коллекторами ГАУС Нижнепермского НГК являются органогенные известняки и доломиты, а в западной прибортовой зоне Предуральского краевого прогиба широким распространением пользуются нижнепермские биогермные образования, артинского возраста. Покрышками ГАУС являются соленосные отложения кунгурского яруса перми.

В процессе моделирования оценивается зрелость органического вещества нефтегазоматеринских толщ (НГМТ) на каждом этапе развития бассейна. Видно, что на современном этапе развития ГАУС зрелость ОБ ма-

Рис. 1

Основные геологические процессы, реконструируемые при моделировании

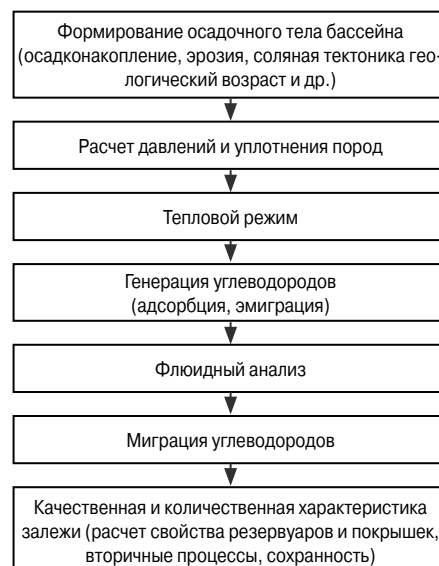


Рис. 2

Трехмерная цифровая модель генерационно-аккумуляционных углеводородных систем зоны сочленения Русской платформы и Урала

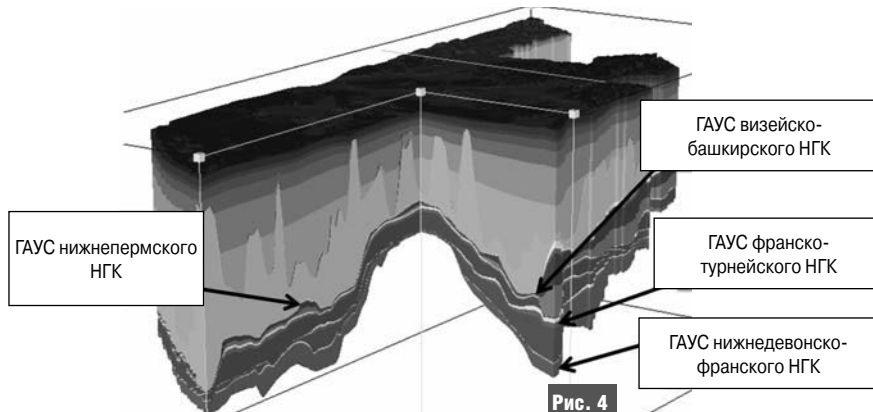


Рис. 3

Особенности развития НГМТ

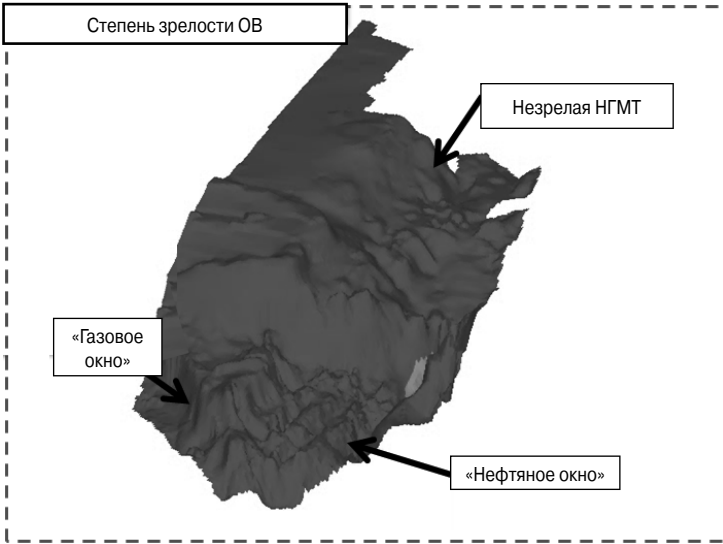


Рис. 4

Анализ развития НГМТ

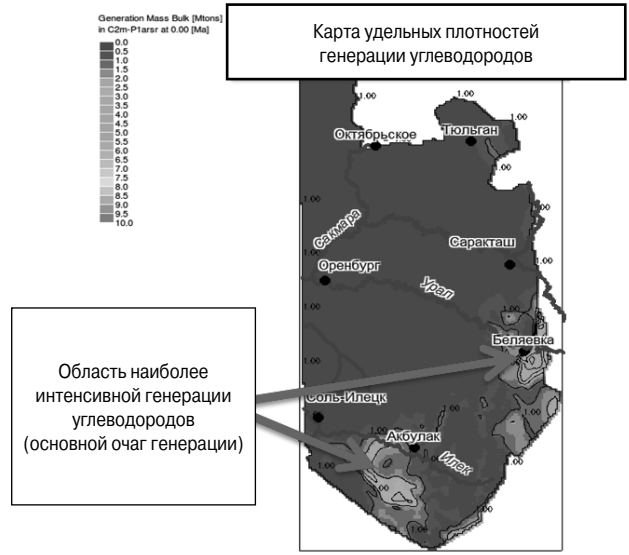


Рис. 5

Генерационно-аккумуляционная углеводородная система нижнепермского НГК (слева – карта ГАУС на современном этапе развития; справа – трехмерная модель миграции и аккумуляции УВ)

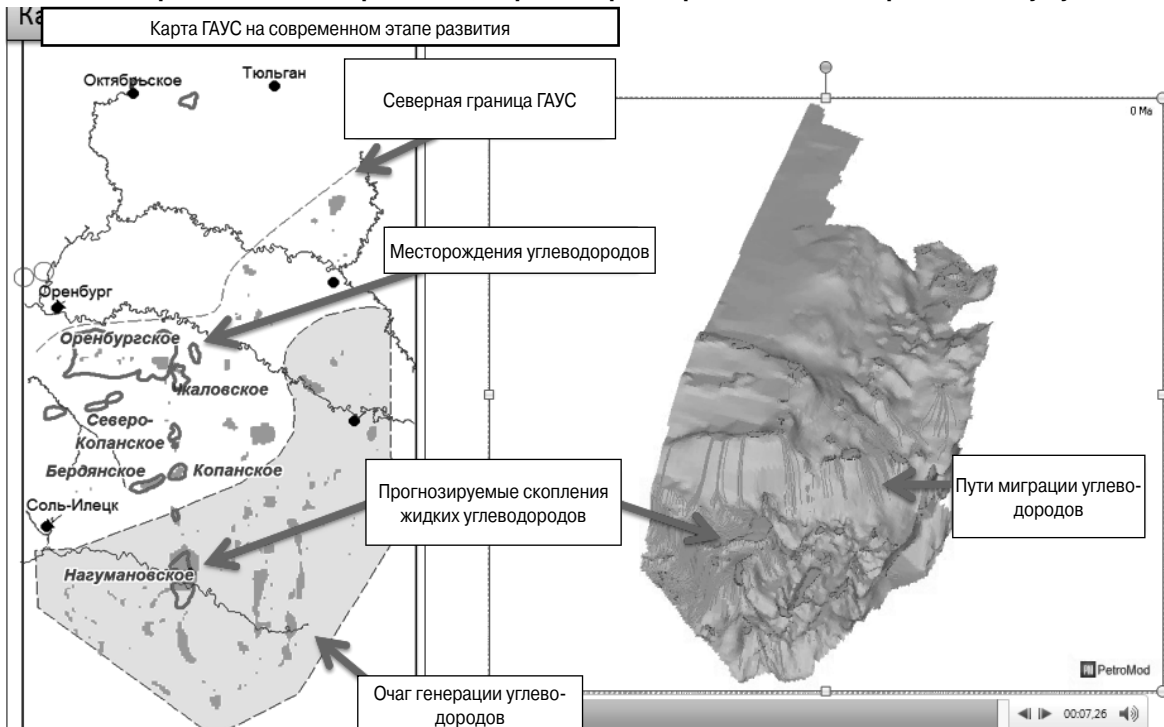


Рис. 6

Генерационно-аккумуляционная углеводородная система нижнедевонско-франского НГК (слева – карта ГАУС на современном этапе развития; справа – трехмерные модели миграции и аккумуляции УВ)

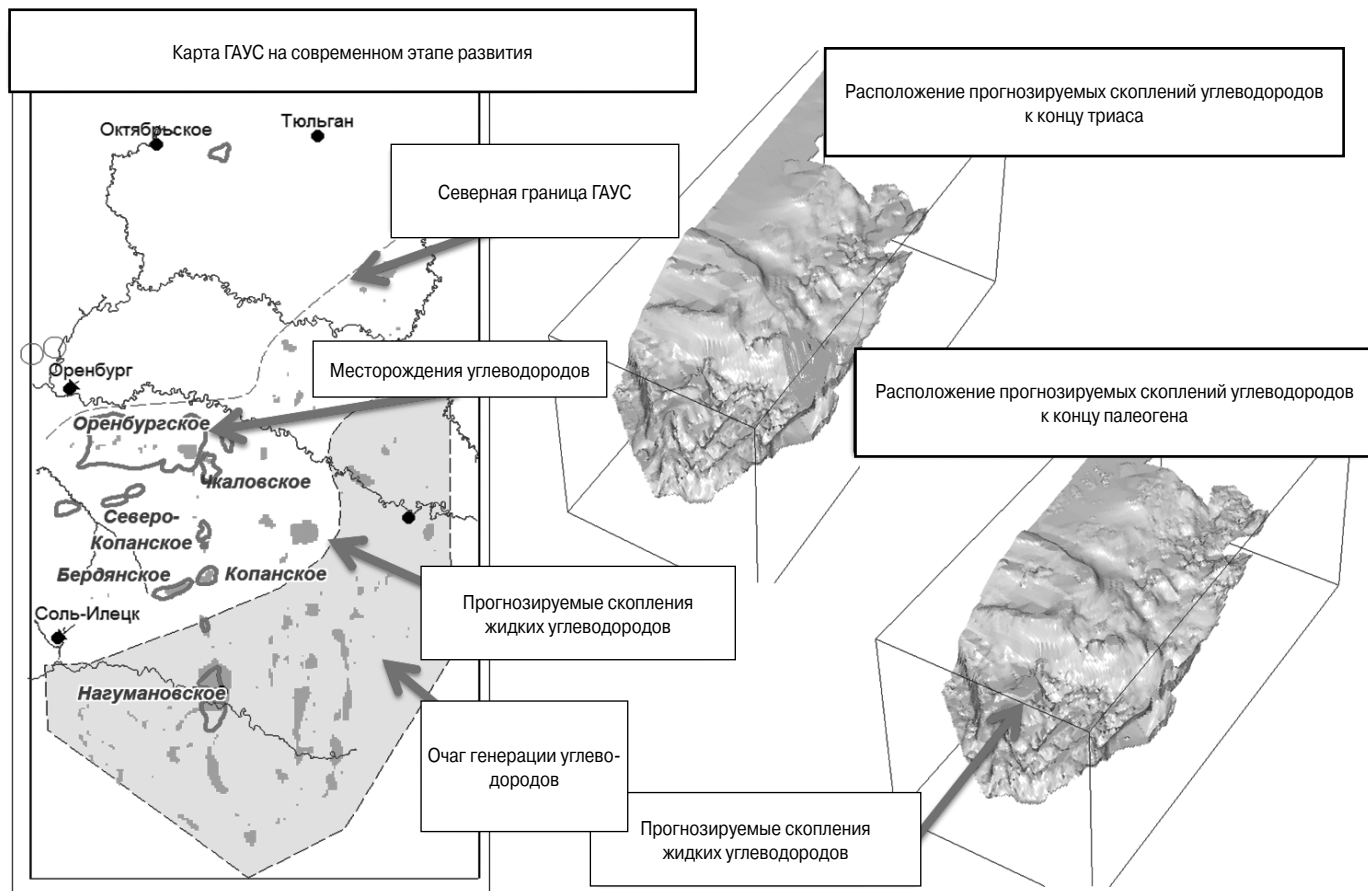


Рис. 7

Генерационно-аккумуляционная углеводородная система франско-турнейского НГК (слева – карта ГАУС на современном этапе развития; справа – трехмерные модели миграции и аккумуляции УВ)

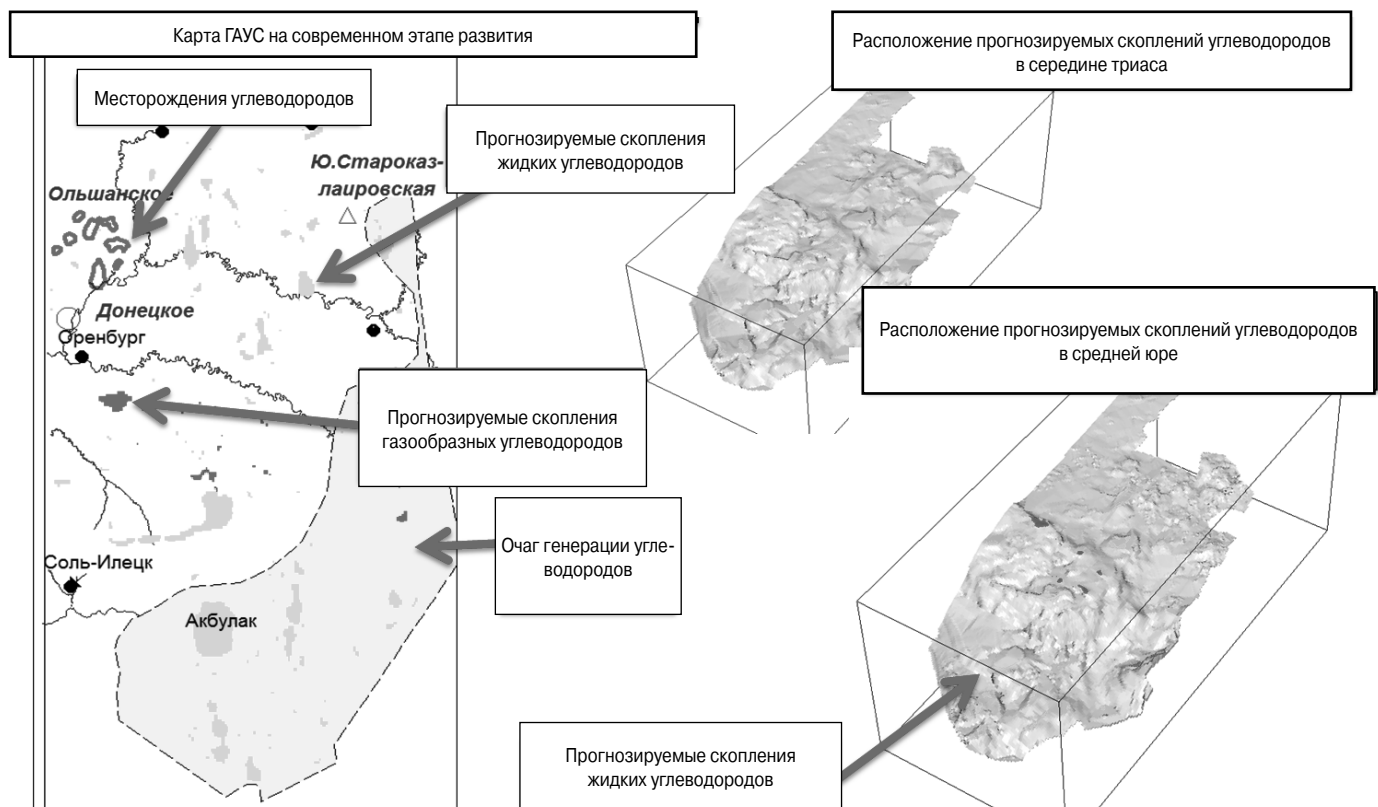
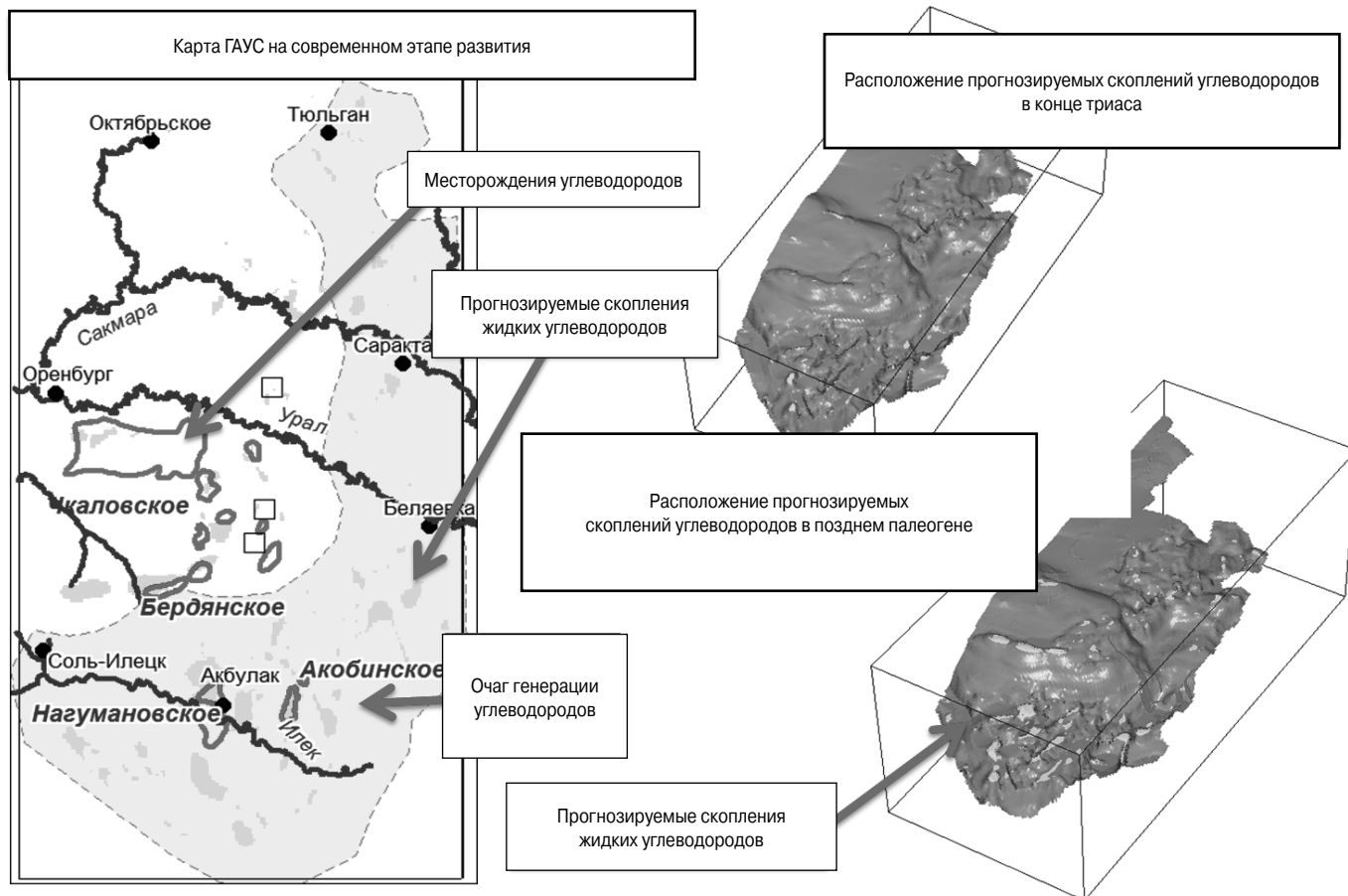


Рис. 8

Генерационно-аккумуляционная углеводородная система визейско-башкирского НГК (слева – карта ГАУС на современном этапе развития; справа – трехмерные модели миграции и аккумуляции УВ)



теринской толщи соответствует уровню «нефтяного окна» (рис. 3). Пространственно-временное моделирование позволяет оценивать объемы генерации УВ для каждой ячейки модели (рис. 4). Области с максимальными объемами генерации рассматриваются как очаги генерации.

Трехмерное моделирование позволяет устанавливать области наиболее вероятной аккумуляции УВ в системе с учетом эволюции нефтегазоматеринских (НГМТ) и структурных перестроек в осадочном бассейне. В результате моделирования формируется карта, на которой изображается очаг генерации ГАУС, прогнозируемые аккумуляции, их тип (жидкие, газообразные УВ), а также граница ГАУС, ограничивающая латеральную миграцию УВ в системе.

На представленных картах (рис. 5–8) изображены также открытые месторождения УВ. Совпадение расчетных

аккумуляций и фактических месторождений указывает на достоверность модели и повышает доверие к качеству прогноза на неразведанных площадях.

Заключение

Численное бассейновое моделирование – эффективная технология прогноза нефтегазоносности. В пределах зоны сочленения Русской платформы и Урала моделировались четыре генерационно-аккумуляционные углеводородные системы, соответствующие четырем НГК: нижнедевонско-франскому, франско-турнейскому, визейско-башкирскому и нижнепермскому, что позволило осуществить надежный прогноз нефтегазоносности.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Allen P.A., Allen J.R. Basin Analysis. Blackwell Publishing, second edition, 2005.
- Hantshel 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. Теоретические основы поисков и разведки нефти и газа: учеб. для вузов: в 2 кн. Кн. 1. Теоретические основы прогнозирования нефтегазоносности недр. М.: Недр, 2011. 412 с.
- Бахтизин Р.Н., Шемяков А.О., Керимов В.Ю. Курс «История специальности» как реализация гуманитаризации технического образования // История и педагогика естествознания. 2016. № 4. С. 9–16.
- 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 Большехетской 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 Байкит-

- ской антеклизы и Курейской синеклизы (Восточная Сибирь) // Нефтяное хозяйство. 2015. № 5. С. 39–42.
13. 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.
 14. Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Серикова У.С. Проектирование поисково-разведочных работ на нефть и газ: учеб.пособ. М.: Инфра М, 2015. 200 с.
 15. Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Толстов А.Б. Методология проектирования в нефтегазовой отрасли и управление проектами: учеб. пособ. М.: Инфра-М, 2016. 123 с.
 16. 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. М., 2011. № 6. С. 18–26
 17. 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.
 18. 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.
 19. Керимов В.Ю., Серикова У.С., Мустаев Р.Н., Гулиев И.С. Нефтегазоносность глубокозалегающих отложений Южно-Каспийской впадины // Нефтяное хозяйство. 2014. № 5. С. 50–54.
 20. 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.
 21. Керимов В.Ю., Хантшел Т., 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.
 22. Керимов В.Ю., Топалова Т., Зайцев О. Моделирование нефтегазовых геосистем и осадочных бассейнов // Теоретические основы и технологии поисков и разведки нефти и газа. 2012. № 1 (1). С. 41–50.
 23. Керимов В.Ю., Шилов Г.Я., Серикова У.С. Геологические риски при поисках и разведке месторождений нефти и газа и пути их снижения // Нефть, газ и бизнес. 2014. № 8. С. 44–52.
 24. Керимов В.Ю., Шилов Г.Я., Скрипка А.А. Особенности распределения зон АВПод в недрах западно-мессояхского и восточно-мессояхского месторождений и их связь с нефтегазоносностью разреза // Нефть, газ и бизнес. 2010. № 6. С. 45–48.
 25. Мовсумзаде Э.М. Гуманитаризация инженерно-технического образования. М.: Современный университет, 2007. 99 с.
 26. Мовсумзаде Э.М., Мастобаев Б.Н. и др. Морская нефть. Развитие технических средств и технологий. СПб.: Недра, 2005. 234 с.
 27. Мовсумзаде Э.М., Кобраков К.И., Гусейнова С.Н., Колодкина Л.С. Деятельностные технологии в гуманитарно-ориентированной подготовке специалистов легкой промышленности. М.: Изд-во МГУДТ, 2014.

NUMERICAL BASIN MODELING IS AN EFFECTIVE TECHNOLOGY OF FORECAST OF OIL AND GAS POTENTIAL

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

MONAKOVA A.S., Senior Lecturer of the Department of Theoretical Basics of Prospecting and Exploration of Oil and Gas
DANTSOVA K.I., Assistant 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). E-mail:
 a.monakova@mail.ru

ABSTRACT

Numerical basin modeling is the reconstruction of geological processes occurring in sedimentary basins using physical and mathematical apparatus. In basin modeling, all geological processes occurring in the sedimentary basins during their evolution are calculated and, one way or another, affecting the formation of hydrocarbon accumulations (hydrocarbons) and their safety (sedimentation, erosion, tectonic movements, thermal regime, etc.). The article deals with the issues of efficiency of numerical basin modeling.

Keywords: basin modeling, efficiency, software product, geological processes, oil and gas potential forecast criteria.

REFERENCES

1. Allen P.A., Allen J.R. *Basin analysis*. Blackwell Publ., 2005.
2. Hantshel T., Kauerauf A. *Fundamentals of basin and petroleum systems modeling*. London, 2009. 476 p.
3. Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. *Fluid dynamics of oil and gas reservoirs*. Wiley, Scrivener Publ., 2015. 613 p.
4. Magoon L.B., Dow W.G. The Petroleum system –from source to trap. *AAPG Memoir 60*, 1994, pp. 3–24.
5. Tissot B.P., Welte D.H. *Petroleum formation and occurrence*. Berlin, Springer-Verlag Publ., 1984.
6. Bakirov A.A., Bakirov E.A., Gabrielyants G.A., Kerimov V.YU., Mstislavskaya L.P. *Teoreticheskiye osnovy prognozirovaniya neftegazonosnosti neдр* [Theoretical basis for forecasting the oil and gas potential of subsoil]. Moscow, Nedra Publ., 2011. 412 p.
7. Bakhtizin R.N., Shemyakov A.O., Kerimov V.YU. Course «History of the specialty» as the realization of the humanitarization of technical education. *Istoriya i pedagogika yestestvoznaniya*, 2016, no. 4, pp. 9–16 (In Russian).
8. 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).
9. 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).
10. 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).
11. Kerimov V.YU., Bondarev A.V. Formation conditions 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).
12. Kerimov V.YU., Bondarev A.V., Osipov A.V., Serov S.G. Evolution of generation-accumulation hydrocarbon systems in the territory of Baykitskaya antecline and the Kureyskaya syncline (Eastern Siberia). *Neftyanoye khozyaystvo*, 2015, no. 5, pp. 39–42 (In Russian).
13. Kerimov V.YU., Mustayev R.N., Senin B.V., Lavrenova Ye.A. Tasks of basin modeling at different stages of geological exploration. *Neftyanoye khozyaystvo*, 2015, no. 4, pp. 26–29 (in Russian).
14. Kerimov V.YU., Mustayev R.N., Serikova U.S. *Proyektirovaniye poiskovo-razvedochnykh работ na nefit' i gaz* [Designing exploration for oil and gas]. Moscow, INFRA-M Publ., 2016. 200 p.
15. Kerimov V.YU., Mustayev R.N., Tolstov A.B. *Metodologiya proyektirovaniya v neftegazovoy otrasli i upravleniye projektami* [Design methodology in the oil and gas industry and project management]. Moscow, INFRA-M Publ., 2016. 123 p.
16. 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 bizne*, 2011, no. 6, pp. 18–26 (In Russian).
17. Kerimov V.YU., Osipov A.V., Monakova A.S., Zakharchenko M.V. Features

- of the formation and oil and gas content of the fold–thrust belt of the Urals. *Teoreticheskiye osnovy i tekhnologii poiskov i razvedki nefiti i gaza*, 2012, no. 2, pp. 4–14 (In Russian).
18. Kerimov V.YU., Osipov A.V., Mustayev R.N. New directions of personnel training for the fuel and energy complex. *Istoriya i pedagogika yestestvoznaniya*, 2016, no. 4, pp. 6–8 (In Russian).
 19. Kerimov V.YU., Serikova U.S., Mustayev R.N., Guliyev I.S. Oil and gas content of deep–seated sediments of the South Caspian depression. *Neftyanoye khozyaystvo*, 2014, no. 5, pp. 50–54 (In Russian).
 20. 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).
 21. Kerimov V.YU., Khantshel T., Sokolov K., Sidorova M.S. The application of basin modeling – Petromod software package in the educational process of the Russian state University of oil and gas named after I. M. Gubkin. *Neft', gaz i biznes*, 2011, no. 4, pp. 38–47 (In Russian).
 22. Kerimov V.YU., Topalova T., Zaytsev O., Puzin A.V., Spakhich D. Modeling of oil and gas geosystems and sedimentary basins. *Teoreticheskiye osnovy i tekhnologii poiskov i razvedki nefiti i gaza*, 2012, no. 1 (1), pp. 41–50 (In Russian).
 23. Kerimov V.YU., Shilov G.YA., Serikova U.S. Geological risks in prospecting and exploration of oil and gas fields and ways to reduce them. *Neft', gaz i biznes*, 2014, no. 8, pp. 44–52 (In Russian).
 24. Kerimov V.YU., Shilov G.YA., Skripka A.A. Peculiarities of distribution of AVPOD zones in the depths of the West Messoyakhskoye and East Messoyakhskoye deposits and their connection with the oil and gas content of the section. *Neft', gaz i biznes*, 2010, no. 6, pp. 45–48 (In Russian).
 25. Movsumzade E.M. *Gumanitarizatsiya inzhenerno-tekhnicheskogo obrazovaniya* [Humanitarization of engineering education]. Moscow, Sovremennyy universitet Publ., 2007. 99 p.
 26. Movsumzade E.M., Mastobayev B.N. *Morskaya nefit'. Razvitiye tekhnicheskikh sredstv i tekhnologiy* [Sea oil. Development of technical facilities and technologies]. St. Petersburg, Nedra Publ., 2005. 234 p.
 27. Movsumzade E.M., Kobrakov K.I., Guseynova S.N., Kolodkina L.S. *Deyatel'nostnyye tekhnologii v gumanitarno-oriyentirovannoy podgotovke spetsialistov legkoy promyshlennosti* [Activity technologies in humanitarian-oriented training of light industry experts]. Moscow, MGUDT Publ., 2014.

