Московский экономический журнал. № 8. 2022
Moscow economic journal. № 8. 2022

Научная статья

Original article

УДК 550

doi: 10.55186/2413046X_2022_7_8_489

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВЕРХВЯЗКОЙ НЕФТИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

SOME ASPECTS OF INNOVATIVE MODELING OF SUPER-VISCOUS OIL DEPOSITS ON THE TERRITORY OF TATARSTAN REPUBLIC

Борисов Анатолий Сергеевич, старший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования Академии Наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия, basgeo49@mail.ru

Андреева Евгения Евгеньевна, старший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования Академии Наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия, aee8277@rambler.ru

Баранова Анна Геннадьевна, старший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования Академии Наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия, anna.genn@mail.ru

Валеева Светлана Евгеньевна, старший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования Академии Наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия, ssalun@mail.ru

Хазиев Радмир Римович, научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования Академии Наук Республики Татарстан, Россия, radmir361@mail.ru

Титов Арсен Александрович, Аспирант ИГиНГТ, К(П) arsen9294@mail.ru

Нуриева Евгения Михайловна, доцент кафедры минералогии и литологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий , Казанский (Приволжский) федеральный университет, evgeniya-nurieva@yandex.ru

Borisov Anatoly Sergeevich, Senior Researcher, Laboratory of Geological and Ecological Modeling, Institute of Ecology and Subsoil Use Problems, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia, basgeo49@mail.ru

Andreeva Evgenia Evgenievna, Senior Researcher, Laboratory of Geological and Ecological Modeling, Institute of Ecology and Subsoil Use Problems, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia, aee8277@rambler.ru

Baranova Anna Gennadievna, Senior Researcher, Laboratory of Geological and Ecological Modeling, Institute of Ecology and Subsoil Use Problems, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia, anna.genn@mail.ru

Valeeva Svetlana Evgenievna, Senior Researcher, Laboratory of Geological and Ecological Modeling, Institute of Ecology and Subsoil Use Problems, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia, ssalun@mail.ru

Khaziev Radmir Rimovich, Researcher, Laboratory of Geological and Ecological Modeling, Institute of Ecology and Subsoil Use Problems, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Russia, radmir361@mail.ru

Titov Arsen Aleksandrovich, Post-graduate student of IGiNGT, K(P) arsen9294@mail.ru

Nurieva Evgenia Mikhailovna, Associate Professor, Department of Mineralogy and Lithology, Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Kazan (Volga Region) Federal University, evgeniya-nurieva@yandex.ru

Аннотация. Для поиска скоплений битумных месторождений на территории Республики Татарстан с последующим построением детальных геолого-

геофизических моделей месторождения используются комплексные исследования, как геофизические, так и петрографические. Среди множества программных пакетов, используемых для создания геолого-геофизических и гидродинамических моделей месторождений широким распространением, пользуется пакет Petrel. В базу данных этого програмного пакета необходима загрузка как геофизических данных (кривые ГИС), так и данные петрофизических исследований кернового материала (пористость, проницаемость, нефтенасыщенность, коэфициент сжимаемости итд). Полнота объема загруженной информации положительно сказывается на достоверность построения геолого-гидродинамических моделей с последующим выбором оптимального режима выработки запасов нефтей и битумов.

Abstract. To search for accumulations of bitumen deposits on the territory of the Republic of Tatarstan with the subsequent construction of detailed geological and geophysical models of the deposit, complex studies are used, both geophysical and petrographic. Among the many software packages used to create geological, geophysical and hydrodynamic models of deposits, the Petrel package is widely used. The database of this software package requires loading both geophysical data (well logging curves) and data from petrophysical studies of core material (porosity, permeability, oil saturation, compressibility factor, etc.). The completeness of the volume of downloaded information has a positive effect on the reliability of the construction of geological and hydrodynamic models with the subsequent selection of the optimal regime for the development of oil and bitumen reserves.

Ключевые слова: природные битумы, геологическое моделирование, нефтяной пласт, геофизические исследования скважин (ГИС), петрофизические исследования, породы-коллекторы

Key words: natural bitumen, geological modeling, oil reservoir, well logging (GIS), petrophysical studies, reservoir rocks

Введение

Основные скопления сверхвязкой нефти (СВН) на территории Республики Татарстан сосредоточены в отложениях уфимского и казанского

ярусов нижнепермского отдела пермской системы [1, 3-10]. Область максимального накопления тяжелых углеводородов в пермских отложениях региона приурочена к восточному борту Мелексской впадины и западному, южному и восточному склонам Южно-Татарского свода [8]. В размещении зон нефтебитумопроявлений намечается четкая связь с разломами в кристаллическом фундаменте, отраженными в осадочном комплексе в виде флексур, трещиноватости, конседиментационных и постседиментационных грабенообразных прогибов, горстовидных поднятий, террасовидных уступов и приразломных валов. Трещины, образовавшиеся в породах осадочного чехла, послужили путями миграции нефти из нижележащих горизонтов. В результате последней произошло формирование скоплений углеводородов в породах песчаной пачки уфимского яруса, которые вследствие гипергенных воздействий превратились в залежи сверхвязкой нефти [9,10]. Подобная корреляция создает геолого-петрофизические предпосылки успешного применения различных методов разведочной геофизики – в первую очередь гравиразведки, магнитометрии, электроразведки, сейсмометрии - на всех стадиях геолого-разведочных работ на СВН [2].

На борту Мелекесской впадины, скопления тяжелых углеводородов располагаются вдоль разломов Алькеевской системы северо-западного простирания, представляющих собой параллельно протягивающиеся друг к другу сбросы и выбросы [7-8]. Протяженность этих разломов около 220 км, ширина зоны их развития- до 150 км. На современном этапе изучения геологического строения месторождения, залежи подразумевает в конечном итоге построение модели.

Методика исследований

Классически, геологические модели месторождений строятся на основе комплекса промыслово-геологических данных, петрофизических характеристик, геологических карт и схем, аналитических и графических зависимостей, характеризующих различные параметры залежей и характер насыщения продуктивных пластов. Среди множества программных пакетов,

используемых для создания геологических моделей месторождений широким распространением пользуется пакет Petrel [11].

Традиционно технология геологического моделирования 3D содержит следующие основные этапы:

1.Сбор, анализ и подготовка необходимой информации, загрузка данных (импорт и экспорт).

2. Корреляция пластов по скважинным данным (Рис. 1)

3. Построение и редактирование карт.

4. Создание каркаса и сетки (3D – грид), перенос скважинных данных на сетку.

5. Литолого-фациальное моделирование.

6. Моделирование петрофизических характеристик (Рис. 2), расчет эксплуатационных параметров залежей.

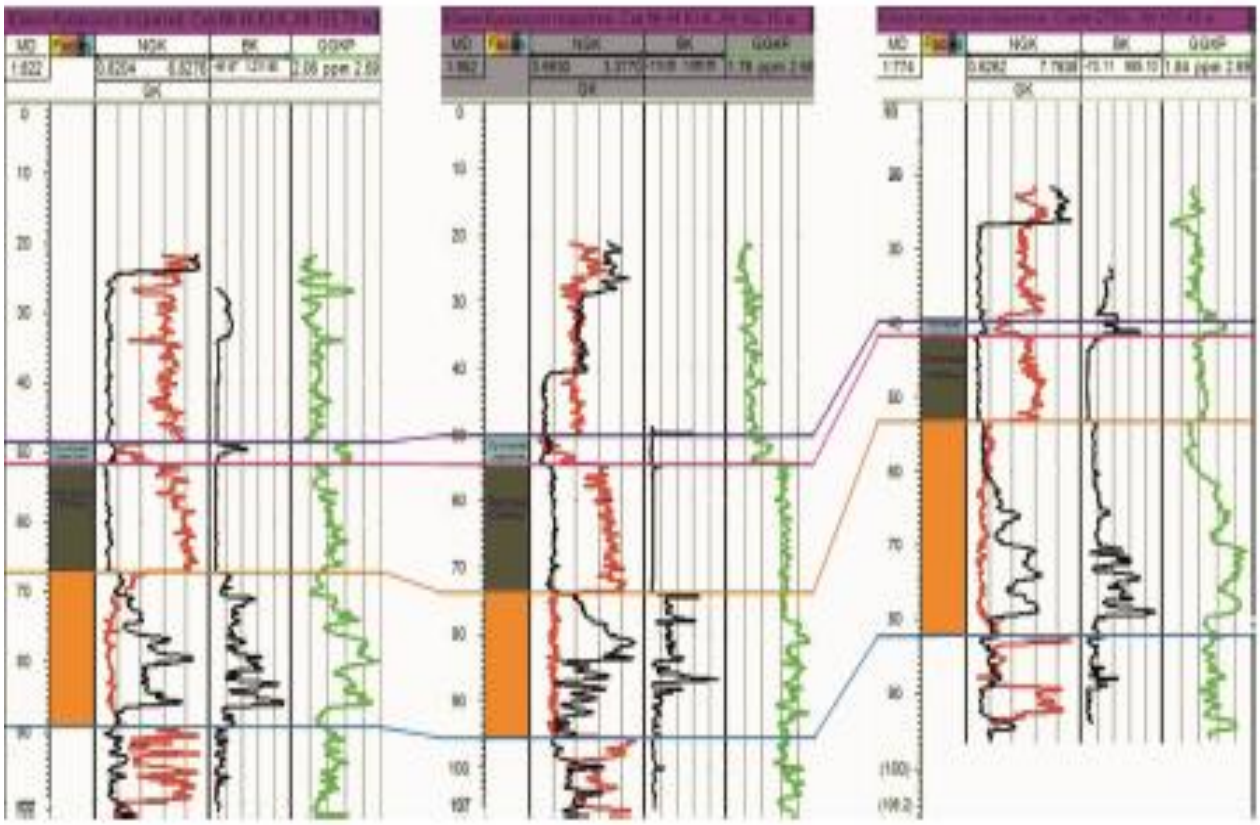

Рис. 1 Пример корреляции битумонасыщенных пластов по скважинным данным

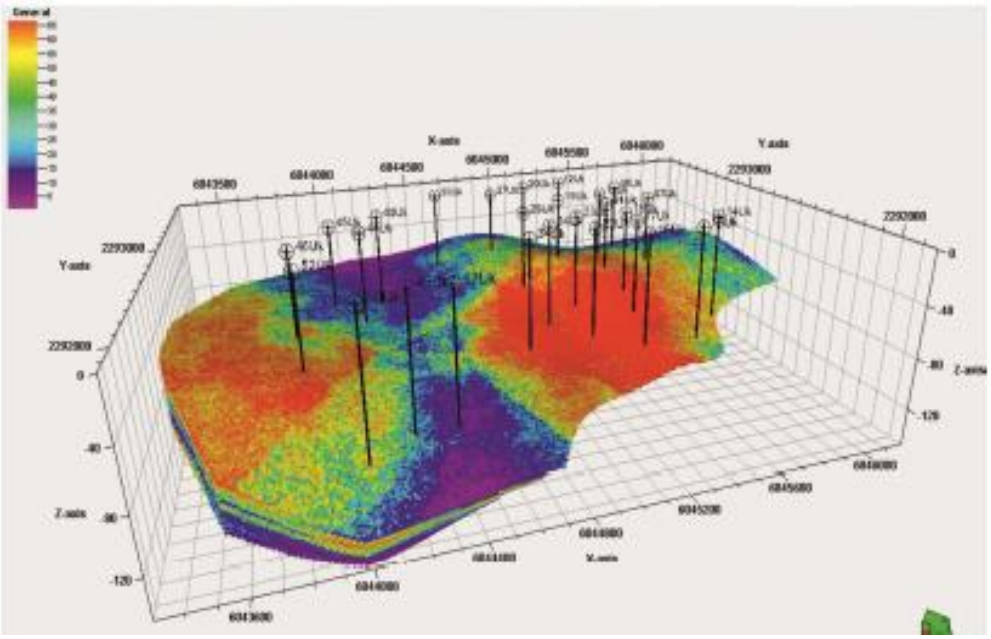

Рис. 2 Пример 3D модели распределения битумонасыщенности “южного” поднятия

Применение специальных петрофизических алгоритмов

Геологическая информативность создаваемых 3D моделей месторождений природных битумов и СВН может быть существенно повышена за счет применения специальных петрофизических алгоритмов при моделировании. В частности, в практике зарубежных исследований для совместного анализа параметров пористости и проницаемости при изучении ФЕС терригенных коллекторов используются гидравлические единицы потока или индикаторы зоны фильтрации (flow zone indicator - FZI). Разные авторы по-разному трактуют параметр FZI, сходясь на том, что его величины определяются обстановками осадконакопления и процессами диагенеза. Выполненные исследования показали, что на величины FZI оказывает влияние общая геометрия пор, их удельная поверхность, извилистость, а также гранулометрический состав и глинистость коллектора. Отмечено, что FZI тем больше, чем меньше извилистость, удельная поверхность пористого пространства и глинистость коллектора. Были сделаны выводы, что величины FZI могут напрямую указывать на условия формирования резервуара. FZI

определяется как «представительный элементарный объем породы, внутри которого геологические и петрофизические свойства, влияющие на течение жидкости, взаимно согласованы и предсказуемо отличны от других пород» [12].

Помимо петрофизических параметров, гидравлические единицы имеют пространственную зависимость, подчёркивая литологическую и фациальную неоднородность коллектора. Однако, один и тот же тип коллектора может образовываться в различных фациальных обстановках и, наоборот, как правило, одна фация может характеризоваться различными значениями гидравлических единиц потока FZI. Возможность гидравлических единиц потока характеризовать фильтрационно-емкостную неоднородность резервуара в пространстве позволяет выбрать её в качестве базового элемента при построении математической модели коллектора. Выделение гидравлической единицы потока базируется на расчете параметра индикатора гидравлической единицы (FZI) по значениям пористости и проницаемости, рассчитанным для конкретных образцов керна.

Полученный куб комплексного параметра FZI “южного” поднятия месторождения (Рис. 3) позволил спрогнозировать характер распределения ФЕС в интересующем нас интервале песчаной пачки шешминского горизонта, а также обстановку осадконакопления и выявить границы развития фациальных закономерностей на площади. В результате анализа модели автором был сделан вывод, что породы с лучшими значениями FZI (5-6), а соответственно и лучшими коллекторскими свойствами, залегают лишь в западной и частично в юго-восточной частях залежи. Данные породы относятся к I и II классам коллекторов, обладающих очень высокими и высокими фильтрационно-емкостными свойствами. В основном залежь представлена породами, имеющими более низкие значения FZI (1,5-3), и соответственно относящиеся к более низким классам коллекторов IV и V, обладающим пониженными и низкими ФЕС.

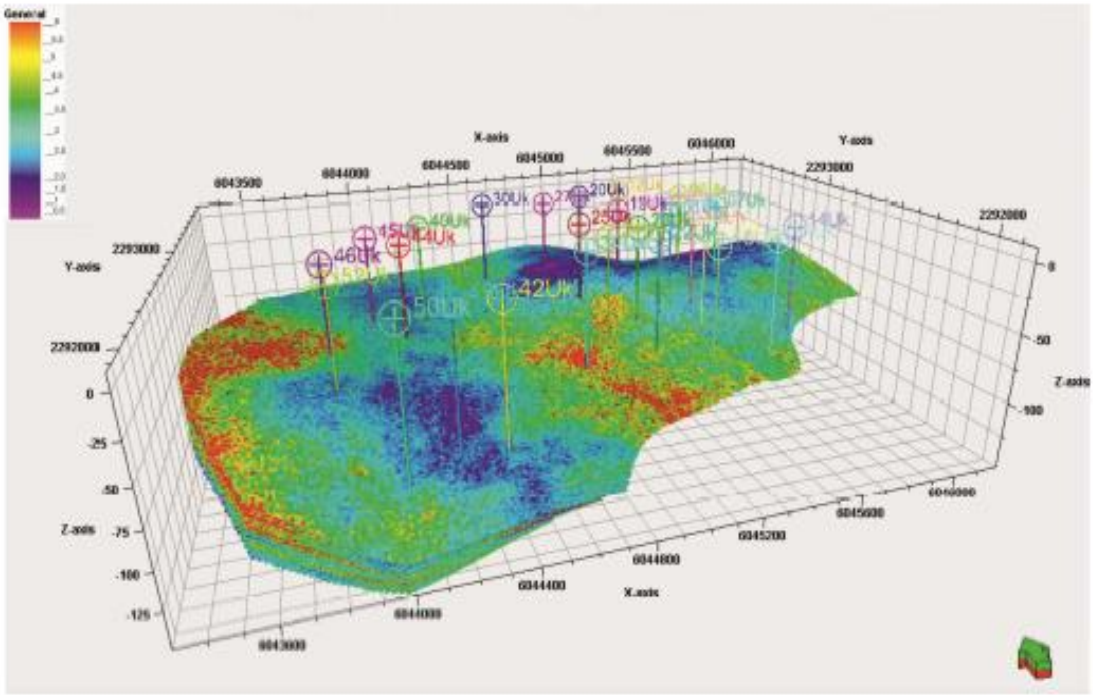

Рис. 3 Пример 3D модели параметра FZI “южного” поднятия

В результате анализа построенных моделей FZI сделан вывод, что породы с лучшими значениями FZI (10-12), а соответственно и лучшими коллекторскими свойствами, относятся к Нижнему поднятию Сотниковского месторождения, т. е. к центральной структурной зоне. Данные породы относятся к I и II классам коллекторов, обладающих очень высокими и высокими фильтрационно-емкостными свойствами. Породы с низкими значениями FZI (0,5-6) залегают на территории Южно-Кувакского поднятия Ново-Елховского месторождения, т. е. принадлежат к южной структурной зоне. Нужно отметить, что информация о распределении FZI, полученная при выделении классов коллекторов и при анализе моделирования, совершенно идентична.

Заключение

Рассматриваемые месторождения типичны для Республики Татарстан, следовательно, использованные подходы могут быть применены для других месторождений Волго- Уральской нефтегазоносной провинции, позволяя

решать важнейшие задачи нефтегазопромысловой отрасли. Адекватно построенные модели важны для правильной оценки начальных геологических запасов и получения корректных результатов при объемном представлении месторождения в виде многомерного объекта с целью составления достоверной технологической схемы разработки.

Список источников

1. Баженова О.К. Геология и геохимия нефти и газа / О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин, Б.А. Соколов, В.Е. Хаин. – Москва: Изд-во МГУ, 2000. – 384 с.

2. Боровский М.Я. Геофизические методы подготовки и контроля процессов эксплуатации месторождений природных битумов / М.Я. Боровский, Э.К. Швыдкин, Р.З. Мухаметшин, Ю.Э. Халабуда, Б.В. Успенский; под ред. Р.З. Мухаметшина. – Москва: ГЕОС, 2000. – 170 с.

3. Комплексное освоение тяжелых нефтей и природных битумов пермской системы Республики Татарстан / Р.Х. Муслимов, Г.В. Романов, Г.П. Каюкова и др. – Казань: изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2012. – 396 с.

4. Липаев, А.А. Разработка тяжелых нефтей и природных битумов / А.А. Липаев.– М.– Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2013. – 484 с.

5. Маганов, Н.У. Проблемы развития проекта разработки залежей сверхвязкой нефти ОАО «Татнефть» / Н.У. Маганов, Н.Г. Ибрагимов, Р.С. Хисамов, Р.Р. Ибатуллин, А.Т. Зарипов // Нефтяное хозяйство. – 2014. – №7. – С.21–23.

6. Мухаметшин Р.З., Пунанова С.А. Нетрадиционные источники углеводородного сырья: геохимические особенности и аспекты освоения // Нефтяное хозяйство. –2012. – № 3. – С. 28-32.

7. Успенский, Б.В. Геолого-геохимические основы освоения битумных месторождепний Среднего Поволжья / Б.В. Успкнский, А.Э. Бадамшин, Г.А. Ильина, Н.П. Лебедев. – Казань : Изд-во КГУ,1988. – 146с.

8. Успенский Б.В. Геология месторождений природных битумов Республики Татарстан / Б.В. Успенский, И.Ф. Валеева; под ред. И.А. Ларочкиной. – Казань: Изд-во ПФ ГАРТ, 2008. – 347 с.

9. Хисамов Р.С. Геофизические методы поисков и разведки месторождений природных битумов в Республике Татарстан / Р.С. Хисамов, М.Я. Боровский, Н.С. Гатиятуллин; под ред. Р.С. Хисамова. – Казань: Изд-во ФЭН АН РТ, 2007. – 247 с.

10. Хисамов Р.С. Эффективность выработки трудноизвлекаемых запасов нефти / Р.С. Хисамов. – Казань : Изд-во Фэн АН РТ, 2013. – 310с.

11. Schlumberger, Методическое пособие по геологическому моделированию (Petrel), 2013 г.

12. Ziganshin E.R., Khamidullina G.S., Statcenko E.O. Method of the flow zone indicator collector determining. Neftyanoe Khozyastvo – Oil Industry 10. - 2014. - Pp. 37-39.

Referents

1. Bazhenova O.K. Geology and geochemistry of oil and gas / O.K. Bazhenov, Yu.K. Burlin, B.A. Sokolov, V.E. Khain. - Moscow: Publishing House of Moscow State University, 2000. - 384 p.

2. Borovsky M.Ya. Geophysical methods of preparation and control of the processes of exploitation of natural bitumen deposits / M.Ya. Borovsky, E.K. Shvydkin, R.Z. Mukhametshin, Yu.E. Khalabuda, B.V. Uspensky; ed. R.Z. Mukhametshina. - Moscow: GEOS, 2000. - 170 p.

3. Complex development of heavy oils and natural bitumens of the Permian system of the Republic of Tatarstan / R.Kh. Muslimov, G.V. Romanov, G.P. Kayukova and others - Kazan: Feng Publishing House of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2012. - 396 p.

4. Lipaev, A.A. Development of heavy oils and natural bitumens / A.A. Lipaev. - M. - Izhevsk: Institute for Computer Research, 2013. - 484 p.

5. Maganov, N.U. Problems of development of the project for the development of extra-viscous oil deposits of OAO TATNEFT / N.U. Maganov, N.G. Ibragimov, R.S. Khisamov, R.R. Ibatullin, A.T. Zaripov // Oil industry. - 2014. - No. 7. – P.21–23.

6. Mukhametshin R.Z., Punanova S.A. Non-traditional sources of hydrocarbon raw materials: geochemical features and aspects of development // Oil industry. –2012. - No. 3. - S. 28-32.

7. Uspensky, B.V. Geological and geochemical foundations for the development of bituminous deposits in the Middle Volga region / B.V. Uspknsky, A.E. Badamshin, G.A. Ilyina, N.P. Lebedev. - Kazan: Publishing house of KSU, 1988. - 146s.

8. Uspensky B.V. Geology of natural bitumen deposits in the Republic of Tatarstan / B.V. Uspensky, I.F. Valeeva; ed. I.A. Larochkina. - Kazan: Publishing House of PF GART, 2008. - 347 p.

9. Khisamov R.S. Geophysical methods of prospecting and exploration of natural bitumen deposits in the Republic of Tatarstan / R.S. Khisamov, M.Ya. Borovsky, N.S. Gatiyatullin; ed. R.S. Khisamova. - Kazan: Publishing House of FEN AS RT, 2007. - 247 p.

10. Khisamov R.S. Efficiency of development of hard-to-recover oil reserves / R.S. Khisamov. - Kazan: Publishing house Feng AN RT, 2013. - 310p.

11. Schlumberger, Geological Modeling Toolkit (Petrel), 2013.

12. Ziganshin E.R., Khamidullina G.S., Statcenko E.O. Method of the flow zone indicator determining collector. Neftyanoe Khozyastvo – Oil Industry 10. - 2014. - Pp. 37-39.

Для цитирования: Борисов А.С., Андреева Е.Е., Баранова А.Г., Валеева С.Е., Хазиев Р.Р., Титов А.А. Нуриева Е.М. Некоторые аспекты инновационного моделирования месторождений сверхвязкой нефти на территории Республики Татарстан // Московский экономический журнал. 2022. № 8. URL: https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-8-2022-39/

© Борисов А. С., Андреева Е. Е., Баранова А. Г., Валеева С. Е., Хазиев Р. Р., Титов А. А., Нуриева Е.М. 2022 Московский экономический журнал. № 8.