

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ, РАЗВЕДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 553.98.041(470.1)

Углеводородные системы глубоких недр Верхнепечорской впадины

Е.Е. Кожевникова, Е.А. Кузнецова

Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: e.lena.kuznetsova@yandex.ru

(Статья поступила в редакцию 16.01.2023 г.)

Статья посвящена выделению углеводородных систем в глубокопогруженных отложениях разреза Верхнепечорской впадины Предуральяского прогиба. Данные толщи до сих пор слабо изучены, а перспективы их нефтегазоносности не выяснены. В статье рассмотрены определения термина «нефтяная система» (нефтегазовая или углеводородная), принятые в России и за рубежом. На основании изучения собранных данных, в том числе геохимических и фильтрационно-емкостных свойств, и бассейнового моделирования в пределах рассматриваемой территории выделены три глубокопогруженные углеводородные системы. Показано, что генерация углеводородов происходила в благоприятное для формирования залежей время. В глубокопогруженных отложениях осадочного чехла выполняются все критические условия образования месторождений нефти и газа в рамках концепции углеводородных систем: наличие нефтегазо-материнских пород, коллекторов, покрышек и ловушек; реализация генерации, миграции и аккумуляции углеводородов, а также оптимальное соотношение времени проявления этих процессов; область образования скоплений.

Ключевые слова: *нефтяная система, углеводородная система, бассейновое моделирование, глубокопогруженные отложения, нефтегазоносность, диаграмма событий.*

DOI: 10.17072/psu.geol.22.1.91

Введение

В последние годы наблюдается недостаточный прирост запасов углеводородов (УВ). В будущем можно перенести работу в неизведанные районы, но это неизбежно приведет к росту себестоимости поиска и извлечения ресурсов. В то же время значительные ресурсы нефти и газа могут быть разведаны и в регионах традиционной добычи нефти и газа. Перспективное направление исследований – изучение нефтегазоносности глубокопогруженных отложений осадочного чехла, залегающих на глубине более 4–5 км. На территории России изучение глубоких недр ведется с 60-х гг. прошлого века, однако изученность глубоких недр остается низкой.

Поиски нефти и газа на больших глубинах актуальны в регионах, где установлена большая мощность осадочного чехла. Перспективный объект для поисков УВ в Тима-

но-Печорской нефтегазоносной провинции – глубокопогруженные отложения, развитые на востоке и выполняющие в первую очередь Предуральский прогиб, в том числе его Верхнепечорскую впадину.

Так как освоение глубоких недр связано с большими технологическими трудностями и высокими финансовыми затратами, возникает необходимость уменьшения геологических рисков. Поэтому представляет интерес моделирование формирования нефтегазоносности больших глубин (Кузнецова, 2018), в том числе бассейновое моделирование, или моделирование углеводородных (нефтяных или нефтегазовых) систем.

Методика исследования

В зарубежной практике геологоразведочных работ на нефть и газ широко используется выделение «нефтяных систем». В отечественной же литературе до последнего вре-

мени понятие «нефтяная система» часто отождествляли с самой нефтью (Баженова, 2012) – системой сложного природного УВ раствора, в котором растворителем являются легкие УВ, а растворенными веществами – тяжелые УВ, смолы, асфальтены и прочие компоненты. В России чаще применяется понятие «углеводородная система», или «углеводородная генерационно-аккумуляционная система», понимаемая как «динамическая генерирующая и концентрирующая УВ система, являющаяся функцией пространства и времени» (Маргулис, 2009).

Термин «нефтяная система» впервые предложил W. Dow в 1972 г. (Dow, 1974) для обозначения системы, состоящей из нефтегазоматеринской породы (НГМП) и коллектора. А. Perrodon в 1980 г. рассматривал нефтяную систему как ассоциацию, включающую нефтепроизводящую породу, коллектора и покрышки, определяющую условия формирования и распределения залежей нефти и газа (Perrodon, 1980). С точки зрения L. Magoon, нефтяная система – последовательность от НГМП до ловушки включительно (Magoon, 1991). L. Magoon вместе с E. Beaumont отметили, что нефтяная система включает в себя как нефти НГМП, так и все генетически связанные с ними нефти и скопления газа, то есть все геологические элементы и процессы, которые имеют большое значение для образования залежей нефти и газа (Magoon, Beaumont, 1991).

Для формирования залежей углеводородов требуется временное совпадение определенных геологических элементов и событий, в том числе таких, как созревание материнских пород, вторичная миграция, аккумуляция и сохранность залежи. Нефтяная система выделяется там, где все основные процессы осуществляются или могут произойти в будущем. Они всегда ограничены во времени и пространстве. Любое нефтегазопроявление служит основанием для выделения нефтяных систем. Название нефтяной системы принято составлять из нескольких частей, обязательно указываются названия НГМП, пород-коллекторов, кроме того часто используется символ, выражающий степень определенности.

G.J. Demaison и B.J. Huizinga представили понятие «нефтяная система» как некую совокупность подсистемы генерации углеводо-

родов и подсистемы их миграции и улавливания, предполагая её самодостаточность для построения классификации нефтяных систем (Demaison, Huizinga, 1991).

Таким образом, нефтяные системы позволяют оценить нефтегазоносность осадочного бассейна, «отталкиваясь» от НГМП: **одна НГМП + различные типы ловушек = нефтегазовая система.**

Это существенно отличается от широко распространенной в России концепции, основанной на выделении зон нефтегазоаккумуляции, рассматривающей структуры, коллектора и покрышки независимо от НГМП: **один тип ловушек + различные НГМП = зона нефтегазоаккумуляции.**

Нефтегазоносность территории определяется большим числом факторов, которые отражают условия образования и накопления УВ и формирования залежей. Одновременно исследовать ряд процессов от осадконакопления, погружения и диагенеза до генерации УВ, их миграции, аккумуляции и деструкции позволяет бассейновое моделирование. В настоящее время существует программное обеспечение, как зарубежное, так и отечественное, которое позволяет численно реконструировать историю погружения и эволюцию температурных условий пород осадочного чехла и фундамента и на основе этого восстанавливать историю реализации нефтегазогенерационного потенциала материнских толщ осадочного бассейна. Методика бассейнового моделирования рассматривается во многих работах (Галушкин, 2007; Пестерева, 2010; Allen, Allen, 2013; Al-Hajeri et al., 2009; Hantschel, Kauerauf, 2009). Оно всегда проводится на основании обширной базы данных результатов геологических, геофизических и геохимических исследований.

Обсуждение результатов

В процессе сбора данных, необходимых для бассейнового моделирования, в глубоких горизонтах осадочного чехла Верхнепечорской впадины идентифицированы НГМП, коллекторы и покрышки, а также информация о нефтегазопроявлениях и залежах УВ. Как известно, НГМП, коллектора и покрышки вместе с перекрывающими породами являются элементами углеводородных (нефтяных, нефтегазоносных) систем. Таким обра-

зом, в глубоких недрах Верхнепечорской впадины можно выделить глубинные углеводородные системы.

В глубокопогруженных отложениях Верхнепечорской впадины выделяются 3 толщи, обогащенные органическим веществом (ОВ): силурийско-нижнедевонская, доманиково-турнейская и нижне-средневизейская. Первые две содержат преимущественно сапропелевое ОВ, последняя – гумусовое. Соответственно, выделяются три глубинные углеводородные системы.

Название углеводородных систем составляется из названия (возраста) активной НГМП и пород-коллекторов, содержащих самые большие объемы УВ, поступающих из НГМП.

Коллекторами для УВ, генерируемых силурийско-нижнедевонскими НГМП, в пределах Печоро-Илычской моноклинали могут служить франско-фаменские рифы и франские надрифовые отложения, а на востоке впадины – турнейский ярус. Покрышками, вероятно, являются тиманский и саргаевский горизонты и пласты глин, сформировавшиеся как структуры облекания при уплотнении окружающих верхнедевонские рифы глинистых пород. Таким образом, выделяется нефтяная система: силурийско-нижнедевонская – верхнедевонско-турнейская (S–D₁ – D₃–C_{1t}).

УВ НГМП доманиково-турнейского возраста могут вмещать коллектора визейского яруса, здесь же выделяется региональная покрышка с высокой экранирующей способностью – тульский горизонт. Флюидоупором могут быть и тектонические нарушения. Углеводородную систему можно обозначить следующим образом: доманиково-турнейская – нижневизейская (D_{3dm}–C_{1t} – C_{1v1}).

Для нижне-средневизейских НГМП коллекторами служат отложения верхов визейского и серпуховского ярусов, средне- и верхнекаменноугольные отложения, а также приуральский отдел до кунгурского яруса. Последний служит региональной покрышкой. В результате выделяется нижне-средневизейская – верхневизейско-артинская (C_{1v1-2} – C_{1v3}–P_{1ar}) углеводородная система. Основными процессами углеводородной системы являются: формирование ловушек, генерация, миграция и аккумуляция УВ.

По данными А.И. Дьяконова (2008), в северной части Предуральяского прогиба формирование структурных ловушек происходило в три этапа: ордовикско-нижнедевонский (50%), каменноугольно-пермский (30%) и верхнепермско-триасовый (20%). Кроме того, около 75% локальных поднятий являются отраженными, унаследованными от положительных форм поверхности фундамента. Также было обнаружено, что промышленно-нефтеносные залежи связаны с локальными поднятиями преимущественно древнего заложения, более 70% из них образовались до вступления в главную зону нефтегазогенерации, около 30% – во время главной фазы газогенерации. А залежи газа связаны со структурными ловушками более молодого возраста, сформированными во время главной фазы генерации газа (Дьяков и др., 2008).

Все элементы и процессы углеводородной системы должны быть определенным образом взаимосвязаны во времени и пространстве. Их можно объединить в диаграмму (карту) событий – диаграмму, показывающую временную связь основных элементов и процессов углеводородной системы. Данная диаграмма включает также критический момент для системы – время наибольшей вероятности улавливания и сохранения УВ в углеводородной системе. После того, как образуются ловушки, УВ мигрируют в пласт, аккумулируются и сохраняются в форме залежи. Диаграммы событий для выделенных в пределах Верхнепечорской впадины углеводородных систем приведены на рис. 1. Как видно из диаграмм событий, силурийско-нижнедевонской – верхнедевонско-турнейской и доманиково-турнейской – нижневизейской углеводородных систем, содержащих ОВ сапропелевого типа, нефтегенерация и связанные с ней процессы миграции и аккумуляции произошли после образования раннепалеозойских ловушек древнего заложения. Генерация газа глубокопогруженной нижне-средневизейской – верхневизейско-артинской углеводородной системой, обогащенной гумусовым ОВ, происходила одновременно с образованием верхнепермско-триасовых структурных ловушек.

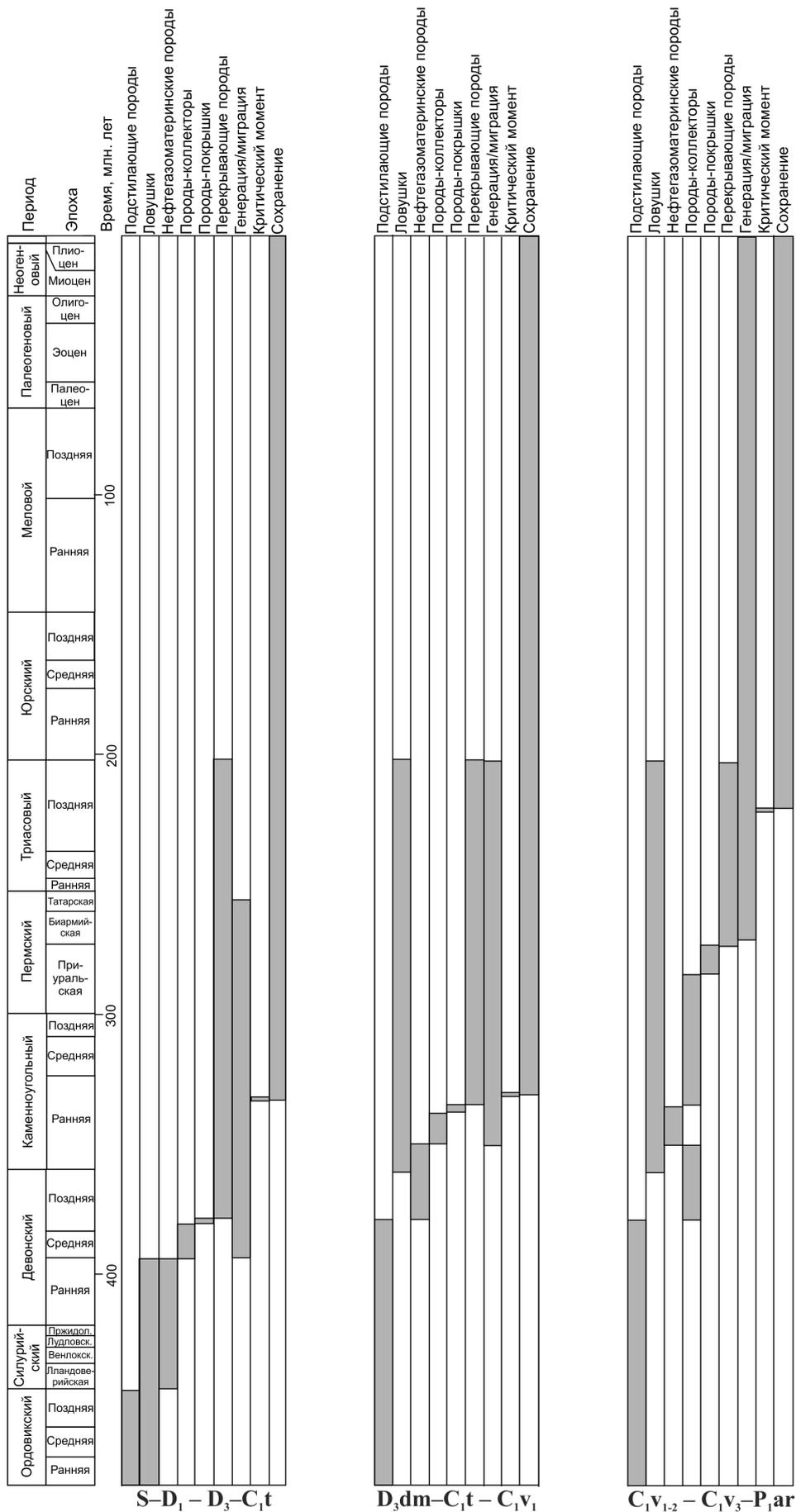


Рис. 1. Диаграммы событий глубокопогруженных углеводородных систем Верхнепечорской впадины

Стоит отметить, что процессы генерации УВ ниже-средневизейскими НГМП не завершены. Реконструкция истории осадконакопления и тепловой эволюции показала, что глубокопогруженные отложения в пределах Верхнепечорской впадины вступали в главную фазу нефтеобразования с позднедевонского времени, главная фаза газообразования в основном начиналась с середины каменноугольного и пермского периодов.

Это значит, что генерация УВ в глубокопогруженных отложениях происходила в благоприятное для формирования залежей время. При этом нефтегазообразование достигло наибольшей интенсивности, а из очага распространения нефтегазоматеринских отложений эмигрировало более 50% от теоретически возможного количества УВ в конце палеозойской эры, когда было сформировано большинство ловушек в рассматриваемом регионе.

Заключение

Таким образом, в глубокопогруженных отложениях осадочного чехла Верхнепечорской впадины Предуральяского прогиба обнаружено (рис. 2) наличие:



Рис. 2. Критические условия образования месторождений УВ (в рамках концепции углеводородных систем)

- НГМП;
- коллекторов;
- покрышек;

- ловушек;
- реализация процессов генерации, миграции и аккумуляции УВ;
- оптимальное соотношение времен генерации, миграции УВ и образования ловушек;
- область образования УВ скоплений.

Всё это позволяет сделать вывод о том, что в глубокопогруженных отложениях рассматриваемой территории выполняются критические условия образования месторождений УВ в рамках концепции углеводородных систем – глубокие недра имеют достаточно высокие перспективы нефтегазоносности.

Библиографический список

Беляева Г.Л. Катагенез органического вещества пород глубокопогруженных горизонтов Тимано-Печорской НГП и его связь с нефтегазоносностью // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2014. № 7. С. 36–39.

Беляева Г.Л., Карасева Т.В., Кузнецова Е.А. Геологическое строение и нефтегазоносность глубокопогруженных отложений Тимано-Печорской НГП // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2012. № 7. С. 33–40.

Галушкин Ю.И. Моделирование осадочных бассейнов и оценка их нефтегазоносности. М.: Научный мир, 2007. 456 с.

Дьяконов А.И., Овчарова Т.А., Шелемей С.В. Оценка газонефтяного потенциала автохтонов и аллохтонов Предуральяского краевого прогиба на эволюционно-генетической основе. Ухта: УГТУ, 2008. 76 с.

Карасева Т.В., Кузнецова Е.А. Формирование нефтегазоносности Вуктыльского надвига по данным 1D бассейнового моделирования // Вестник Пермского университета. Геология. 2018. Т. 17. № 1. С. 84–91.

Кочнева О.Е., Карасева Т.В., Кузнецова Е.А. Перспективы нефтегазоносности глубокопогруженных отложений Верхнепечорской впадины по данным бассейнового моделирования // Нефтяное хозяйство. 2015. № 3. С. 14–16.

Кузнецова Е.А. Геология и нефтегазоносность глубокопогруженных отложений Верхнепечорской впадины // Вестник Пермского университета. Геология. 2020. Т. 19. № 2. С. 175–182.

Кузнецова Е.А. Катагенез органического вещества глубокопогруженных отложений Верхнепечорской депрессии // Проблемы геологии и

освоения недр: тр. XXIV Международ. симпозиума им. ак. М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Томск: ТПУ, 2020. С. 199–201.

Кузнецова Е.А. Нефтегазоносность глубокопогруженных отложений района Вуктыльского надвига по данным бассейнового моделирования // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: ПГНИУ, 2018. С. 134–137.

Кузнецова Е.А., Карасева Т.В. Особенности геологического строения и формирования нефтегазоносности в районе Вуктыльского надвига // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2017. Т. 16, № 4. С. 313–320. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.4.2.

Маргулис Е.А. Эволюция баренцевоморского региона и его углеводородные системы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2009. № 4. С. 1–14.

Пестерева С.А. Методические основы и проблемы бассейнового моделирования 1D // Геология и нефтегазоносность северных районов Урало-Поволжья: сб. науч. тр. к 100-летию со дня рождения проф. П.А. Софроницкого. Пермь: ПГУ, 2010. С. 231–232.

Пестерева С.А., Попов С.Г., Белоконь А.В. Историко-генетическое моделирование эволюции осадочного чехла в районах развития глубокопогруженных отложений Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. Вып. 2. С. 8–19.

Allen A.Ph., Allen J.R. Basin Analysis: Principles and Application to Petroleum Play Assessment. 3 ed. Wiley-Blackwell, 2013. 619 p.

Basin and Petroleum System Modeling / Al-Hajeri M.M., Al Saeed M., Derks J. et al. // Oilfield Review. 2009. V. 21. Is. 2. P. 14–29.

Demaison G., Huizinga B.J. Genetic classification of petroleum systems // AAPG Bull. 1991. Vol. 75, № 10. P. 1626–1643.

Demaison G.J., Murriss R.J. The generative basin concept // Petroleum geochemistry and basin valuation. – AAPG Memoir 35. 1984. P. 1–14.

Hantschel T., Kauerauf A. Fundamentals of basin and petroleum systems modeling. Berlin: Springer-Verlag, 2009. 476 p. DOI: 10.1007/978-3-540-72318-9.

Magoon L., Beaumont E. Petroleum system // Search and Discovery Article. Chapter 3. 2003. 34 p.

Magoon L.B., Beaumont E.A., Foster N.H. eds. Petroleum system // Exploring for oil and gas traps. – AAPG Treatise of Petroleum Geology. 1999. Chap. 3. P. 3.1–3.34.

Magoon L.B., Dow W.G. The petroleum system, in The Petroleum system // From source to trap – AAPG Memoir 60. 1994. P. 3–24.

Magoon L.B., Dow W.G. The Petroleum system: from source to trap. Tulsa, Oklahoma: AAPG, 1994. 655 p.

Perrodon A. Geodynamique petroliere // Genese et repartition des gisements d'hydrocarbures: Paris: Masson-Elf-Aquitaine, 1980. 381 p.

Peters K.E., C'assa M.R. Applied Sources Rock Geochemistry / edited by L.B. Magoon. W.G. Dow // The Petroleum System from Source to Trap. – AAPG Memoir. 60. 1994. P. 93–117.

Peters K.E., Magoon L.B., Bird K.J., Valin Z.C., Keller M.A. North Slope, Alaska: Source rock distribution, richness, thermal maturity, and petroleum // AAPG Bulletin. 2006. V. 90. №. 2. P. 261–292.

Petroleum Systems in the Deep Subsoil of the Verkhnepechorskaya Depression

Е.Е. Kozhevnikova, Е.А. Kuznetsova

Perm State University

15 Bukireva Str., Perm 614990, Russia. E-mail: e.lena.kuznetsova@yandex.ru

The article is devoted to the determination of petroleum systems in deep sediments of the section of the Upper Pechora Basin of the Pre-Ural trough. These strata are still poorly studied, and the prospects for their oil and gas potential have not been clarified. The article discusses the definitions of the term “Petroleum system” (“Oil and gas” or “Hydrocarbon”) adopted in Russia and abroad. Based on the study of the collected data, including geochemical and reservoir properties, and basin modeling, three deep-submerged petroleum systems were identified within the territory under consideration. It is shown that the generation of hydrocarbons occurred at a time favorable for the formation of deposits. In the deep sediments of the sedimentary cover, the most important conditions for the formation of oil and gas fields within the framework of the concept of petroleum systems are fulfilled. The presence of source rocks, reservoirs, seals and traps, the realization of generation, migration and accumulation of hydrocarbons, as well as the optimal ratio of the time of manifestation of these processes, and the area of formation of deposits were analyzed.

Key words: *petroleum system; hydrocarbon system; basin modeling; deep-submerged sediments; petroleum potential; events chart.*

References

- Belyaeva G.L.* 2014. Katagenez organicheskogo veshchestva porod glubokopogruzhennykh gorizontov Timano-Pechorskoy NGP i ego svyaz s neftegazonosnostyu [Organic matter catagenesis of rocks of the Timan-Pechora NGP deep-submerged horizons and its relation to oil and gas potential]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, pp. 36–39. (in Russian)
- Belyaeva G.L., Karaseva T.V., Kuznetsova E.A.* 2012. Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost glubokopogruzhennykh otlozheniy Timano-Pechorskoy NGP [Geological structure and petroleum potential of deep deposits of the Timan-Pechora petroleum province]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, pp. 33–40. (in Russian)
- Galushkin Yu.I.* 2007. Modelirovanie osadochnykh basseynov i otsenka ikh neftegazonosnosti [Modelling of sedimentary basins and their petroleum potential]. Moskva, Nauchnyy mir, p. 456. (in Russian)
- Dyakonov A.I., Ovcharova T.A., Shelemey S.V.* 2008. Otsenka gazoneftyanogo potentsiala avtokhtonov i allokhtonov Preduralskogo kraevogo progiba na evolyutsionno-geneticheskoy osnove [Assessment of oil and gas potential of autochthons and allochthons of the Pre-Ural regional deflection on the evolutionary genetic basis]. *Ukhta, UGTU*, p. 76. (in Russian)
- Karaseva T.V., Kuznetsova E.A.* 2018. Formirovanie neftegazonosnosti Vuktylskogo nadviga po dannym 1D basseynovogo modelirovaniya [The origin of the petroleum potential of Vuktyl Overthrust to the results the 1D basin modeling]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, pp. 84–91. (in Russian) doi:10.17072/psu.geol.17.1.84
- Kochneva O.E., Karaseva T.V., Kuznetsova E.A.* 2015. Perspektivy neftegazonosnosti glubokopogruzhennykh otlozheniy Verkhnepechorskoy vpadiny po dannym basseynovogo modelirovaniya [Prospects of Oil and Gas content of the deep-shipped deposits of the Verkhnepechorskiy hollow by data basin modeling]. *Neftyanoe khozyaystvo*, pp. 14–16. (in Russian)
- Kuznetsova E.A.* 2020. Geologiya i neftegazonosnost glubokopogruzhennykh otlozheniy Verkhnepechorskoy vpadiny [Petroleum potential of deep deposits of the Eastern part of the Vuktyl overthrust in the result of the basin analysis]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, pp. 175–182. (in Russian) doi:10.17072/psu.geol.19.2.175
- Kuznetsova E.A.* 2020. Katagenez organicheskogo veshchestva glubokopogruzhennykh otlozheniy Verkhnepechorskoy depressii [Catagenesis of organic matter in deep-submerged sediments of the Upper Pechora depression]. *In: Problemy geologii i osvoeniya neдр. Tr. XXIV Mezhdunarod. simpoziuma im. ak. M.A. Usova, Tomsk, TPU*, pp. 199–201. (in Russian)
- Kuznetsova E.A.* 2018. Neftegazonosnost glubokopogruzhennykh otlozheniy rayona Vuktylskogo nadviga po dannym basseynovogo modelirovaniya [Petroleum potential of deep deposits of the district of Vuktyl thrust on the results of basin analysis]. *In: Geologiya i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala. Perm, PGNIU*, pp. 134–137. (in Russian)
- Kuznetsova E.A., Karaseva T.V.* 2017. Osobnosti geologicheskogo stroeniya i formirovaniya neftegazonosnosti v rayone Vuktylskogo nadviga [Features of geological structure and formation of oil and gas deposits in the Vuktyl thrust fault region]. *Vestnik PNIPU. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, pp. 313–320. (in Russian)
- Margulis E.A.* 2009. Evolyutsiya Barentsevo-morskogo regiona i ego uglevodorodnye sistemy [Evolution of the Barents Sea region and its hydrocarbon systems]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, pp. 1–14. (in Russian)
- Pestereva S.A.* 2010. Metodicheskie osnovy i problemy basseynovogo modelirovaniya 1D [Methodological foundations and problems of basin 1D modeling]. *In: Geologiya i neftegazonosnost severnykh rayonov Uralo-Povolzhya, Perm, PGU*, pp. 231–232. (in Russian)
- Pestereva S.A., Popov S.G., Belokon A.V.* 2011. Istoriko-geneticheskoe modelirovanie evolyutsii osadochnogo chekhla v rayonakh razvitiya glubokopogruzhennykh otlozheniy Timano-Pechorskogo neftegazonosnogo basseyna [Evolutionary sequence modeling of the Timan-Pechora petroleum basin deep burial rocks]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, pp. 8–19. (in Russian)
- Allen A.Ph., Allen J.R.* 2013. *Basin Analysis: Principles and Application to Petroleum Play Assessment*. 3 ed. Wiley-Blackwell, p. 619.
- Al-Hajeri M.M., Al Saeed M., Derks J. etc.* 2009. *Basin and Petroleum System Modeling. Oilfield Review*, pp. 14–29.
- Demaison G., Huizinga B.J.* 1991. Genetic classification of petroleum systems. *AAPG Bull.*, pp. 1626–1643.
- Demaison G.J., Murriss R.J.* 1984. The generative basin concept. *In: Petroleum geochemistry and basin valuation, AAPG Memoir 35*, pp. 1–14.
- Hantschel T., Kauerauf A.* 2009. *Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling*. Berlin, Springer-Verlag, p. 476.
- Magoon L.B., Dow W.G.* 1994. *The Petroleum system: from source to trap*. Tulsa, Oklahoma, AAPG, p. 655.

Magoon L., Beaumont E. 2003. Petroleum system. Search and Discovery Article. Chapter 3, p. 34.

Magoon L.B., Beaumont E.A., Foster N.H. 1999. Petroleum system. *In: Exploring for oil and gas traps. AAPG Treatise of Petroleum Geology. Chap. 3, pp. 3.1–3.34.*

Magoon L.B., Dow W.G. 1994. The petroleum system. *In: From source to trap, AAPG Memoir 60, pp. 3–24.*

Magoon L.B., Dow W.G. 1994. The Petroleum system: from source to trap. Tulsa, Oklahoma, AAPG, p. 655.

Perrodon A. 1980. Geodynamique petroliere. Genese et repartition des gisements d'hydrocarbures: Paris: Masson-Elf-Aquitaine, p. 381.

Peters K.E., C'assa M.R. 1994. Applied Sources Rock Geochemistry. *In: The Petroleum System from Source to Trap. AAPG Memoir. 60 (L.B. Magoon, W.G. Dow Eds.), pp. 93–117.*

Peters K.E., Magoon L.B., Bird K.J., Valin Z.C., Keller M.A. 2006. North Slope, Alaska: Source rock distribution, richness, thermal maturity, and petroleum. AAPG Bulletin, pp. 261–292.