

Основные механизмы формирования залежей углеводородов в эрозионных выступах фундамента

М.П. Юрова*, С.А. Добрынина, М.Е. Селиверстова
Институт проблем нефти и газа РАН
e-mail: *mpyurova@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются условия формирования неструктурных ловушек углеводородов, приуроченных к эрозионным выступам фундамента. С научной точки зрения существенный интерес представляют механизмы формирования пустотного пространства в породах метаморфического происхождения. В практическом отношении важно обоснование критериев поисков промышленно значимых скоплений нефти и газа в коре выветривания фундамента.

Ключевые слова: эрозионный выступ фундамента, структуры облекания, неструктурные залежи, нефть, газ, углеводороды.

Для цитирования: Юрова М.П., Добрынина С.А., Селиверстова М.Е. Основные механизмы формирования залежей углеводородов в эрозионных выступах фундамента // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 1(24). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2019-24.art7>

Геологические запасы нефти и газа в России на многие десятилетия вперед обеспечивают развитие энергетических потребностей страны, но несмотря на это наращивание ресурсной базы углеводородов (УВ) является насущной научно-практической задачей, особенно для районов с длительной историей нефтегазодобычи – здесь, как правило, фонд антиклинальных залежей УВ практически исчерпан [1, 2]. По этой причине возрастает актуальность поиска крупных залежей нефти и газа, формирующихся в неструктурных условиях.

История изучения месторождений УВ такого типа не нова. К настоящему времени авторами исследованы многочисленные неструктурные ловушки УВ [3–5] и разработаны их классификации.

В данной статье рассматривается вопрос о механизмах формирования неструктурных ловушек применительно к эрозионным выступам фундамента, поскольку этот тип ловушек в России изучен менее всего, механизмы формирования пустотного пространства остаются дискуссионными, а представления о процессах генерации и аккумуляции УВ противоречивы. Между тем современные ресурсы 3D сейсморазведки, гравиметрической градиентной съемки, замеров аномалий магнитного поля, геологического и гидродинамического моделирования дают

новые возможности при прогнозировании и картировании подобных объектов [6–8]. Современные средства и методы анализа изучения минеральной и органической составляющих геологической среды также достаточно информативны и позволяют по-новому выявлять закономерности нефтегазонакопления в ловушках подобного типа.

Ловушки, приуроченные к эрозионным выступам фундамента, найдены по многим нефтегазоносных осадочных бассейнах мира. К наиболее значимым относятся месторождения–гиганты: Хьюгтон-Пендхендл (США), Ла-Пас (Венесуэла), Белый Тигр (Вьетнам) и др. [9, 10]. Известны такие крупные залежи этого типа, как Бемис-Шаттс, Холл-Гарней, Чейс-Силика, расположенные на северном борту впадины Анадарко. Здесь доломиты кембрия и ордовика залегают в виде погребенных останцов и контактируют по поверхности несогласия предпенсильванского времени с вышележащими непроницаемыми породами [5].

Как было показано выше, в России практика поисков залежей подобного типа почти не распространена. Отдельные объекты обнаружены в Западно-Сибирском нефтегазоносном бассейне; к ним, в частности, относятся нефтяные залежи, приуроченные к зонам выклинивания песчаных пластов на склонах доюрского основания на Талинской, Кальчинской, Северо-Демьянской, Восточно-Демьянской площадях [3, 11], на Моисеевском эрозионно-тектоническом выступе кислых эффузивов в Томской области [12].

Особенности ловушек, связанных с эрозионными выступами фундамента, выражаются в следующем:

- продуктивны, как правило, верхние части ловушки, что, по-видимому, контролируется глубиной эрозии останцов выветренных пород;
- тип залежей преимущественно массивный, что связано с формированием единой гидравлически связанной областью флюидогенерации;
- состав углеводородов исследуемого интервала близок к составу УВ вышележащих залежей [13];
- явным образом проявляется геофлюидодинамическая неоднородность, достаточно часто в виде локальных очагов дефицита пластовых давлений [14];
- ловушки чаще всего приурочены к бортовым частям крупных впадин [15], в палеорельефе перед выступами залегают породы с улучшенными фильтрационно-

емкостными свойствами, а в «тени» палеорельефа откладывается менее отсортированный мелкозернистый материал [11].

Механизмы формирования ловушек подобного типа разнообразны. Один из них – геодинамический – возникает как следствие растягивающих напряжений, вызывающих образование разрывных нарушений, расширяющихся вверх по разрезу [16]. Зоны улучшенных емкостно-фильтрационных свойств в этом случае также концентрируются в верхней части выступов, глубина проработки которой зависит от конкретных геолого-тектонических условий.

Гидродинамический механизм проявляет себя и в условиях гипергенеза – как агент физико-химической эрозии, а на больших – как транспортирующий агент растворенных и свободных УВ, действующий на больших масштабах геологического времени [17], в дальнейшем, по мере погружения, они выполняют транспортирующую роль, «доставляя» фазообособленные и растворенные УВ к боковым границам выступов.

Следует отметить, что свое влияние на формирование геофлюидодинамической неоднородности оказывают связанные воды, содержание которых может достигать 40–60% [18].

Литологические особенности ловушек, приуроченных к эрозионным выступам фундамента, указывают на их связь с вулканогенными породами (Крым, Кавказ, Якутия, Днепровско-Донецкая впадина). В тектонически активных районах мощность продуктивной части разреза достигает несколько метров, на платформе – десятков метров. Коллекторами нефти и газа являются эффузивные, вулканокластические и вулканогенно-осадочные породы. Чередование вулканического и осадочного материала – общее свойство подобных объектов. Такая картина наблюдается, в частности, и на объектах Восточной Сибири [19].

Геохимическая трансформация вулканогенных пород в коллекторах происходит под действием таких процессов, как окремнение, цеолитизация, карбонизация. В отличие от нормально-осадочных пород преобразование глинистых минералов в вулканитах приводит к увеличению объема порового пространства за счет возрастания роли пор субкапиллярного размера. Карбонатизация породы и выделение аморфного кремнезема способствуют уменьшению порового пространства. При формировании коллекторских свойств рассматриваемых пород существенным для вторичного минералообразования является высвобождение кристаллизационной воды: при разрушении цеолитов – это

адсорбированная и связанная вода, при гидрослюдизации и хлоритизации монтмориллонита – межслоевая вода. Аналогичный процесс происходит в заключительную стадию каолинизации глинистых минералов [20].

Важно отметить, что в формирование микротрещиноватости свой вклад вносят подвижные органогенные компоненты. Они, преобразуя и перекристаллизуя минеральные агрегаты пород, приводят к отеснению менее подвижных компонентов в ослабленные промежутки в породах. Так происходит скопление органогенных, органоминеральных, карбонатных, аксессуарных и прочих минеральных компонентов [21].

Выводы

Рассмотрены механизмы формирования неструктурных залежей углеводородов, приуроченных к эрозионным выступам фундамента, оценены особенности этих ловушек. Отмечено, что подобные ловушки УВ органического происхождения часто ассоциируются с вулканогенными породами. Поиск неструктурных ловушек в «старых» нефтегазодобывающих регионах открывает новые перспективы развития ресурсной базы этих территорий.

Статья написана в рамках выполнения государственного задания (тема «Развитие научно-методических основ поисков крупных скоплений УВ в неструктурных ловушках комбинированного типа в пределах платформенных нефтегазоносных бассейнов», № АААА-А19-119022890063-9).

Литература

1. Варшавская И.Е., Волож Ю.А., Дмитриевский А.Н., Леонов Ю.Г., Милетенко Н.В., Федонкин М.А. Новая концепция развития ресурсной базы углеводородного сырья // Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82, № 2. С. 99–109.
2. Хитров А.М., Попова М.Н., Новикова О.В. Ресурсная база России и возможные маршруты транспортировки углеводородного сырья в первой половине 21 века // Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. 2010. Вып. 1(1). <http://oilgasjournal.ru> (Дата обращения 20.03.2019).
3. Шиманский В.В. Хафизов С.Ф. Моделирование и прогноз зон формирования коллекторов (на примере юрских и меловых отложений Западно-Сибирской плиты. СПб.: Недра, 2002. 191 с.

4. *Бакиров А.А., Табасаранский З.А., Бордовская М.В., Мальцева А.К.* Геология и геохимия нефти и газа / Под ред. А.А. Бакирова и З.А. Табасаранского. М.: Недра, 1982. 288 с.
5. *Ратнер В.Я., Булатов Н.Н., Зубова М.А., Польштер Л.А.* Залежи нефти и газа в ловушках неантиклинального типа. Альбом-справочник / Под редакцией В.В. Семеновича. М.: Недра, 1982. 189 с.
6. *Janson X., Kerans C., Bellian J.A., Fitchen W.* Three-dimensional geological and synthetic seismic model of Early Permian redeposited basinal carbonate deposits, Victorio Canyon, West Texas // *AAPG Bulletin*. 2007. Vol. 91. P. 1405–1436.
7. *Hart B.S., Plint A.G.* Tectonic influence on deposition and erosion in a ramp setting: Upper Cretaceous Cardium Formation, Alberta Foreland Basin // *AAPG Bulletin*. 1993. Vol. 77. P. 2092–2107.
8. *Новоселицкий В.М., Маргулис А.С., Чадаев М.С.* Использование гравиметрической градиентной съемки для локализации плотностных неоднородностей // Геофизические работы при региональных и геолого-съёмочных исследованиях на Урале: Тез. докл. конф. Свердловск, 1989. С. 33–35.
9. *Михайлец Н.М.* Формирование залежей углеводородов в породах коры выветривания фундамента Западной Сибири // *Экспозиция Нефть Газ*. 2012. № 5(23). С. 54–56.
10. *Шустер В.Л., Левянт В.Б., Элланский М.М.* Нефтегазоносность фундамента (проблемы поиска и разведки месторождений углеводородов). М.: ТУМА ГРУПП, 2003. 176 с.
11. *Бородкин В.Н., Дещеня Н.П., Храмова А.В., Шиманский В.В., Исаев Г.Д.* Структура порового пространства и тип коллекторов в породах ачимовской толщи севера Западной Сибири // *Горные ведомости*. Тюмень: Сибирский научно-аналитический центр, 2004. № 5. С. 29–34.
12. *Смирнов Л.В., Фатеев А.В., Недоспасов А.И.* Эрозионные выступы кислых эффузивов – перспективные объекты на поиск углеводородов в породах фундамента (Томская область) // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2009. № 12. С. 14–18.
13. *Галимов Э.М., Камалеева А.И.* Источник углеводородов супергигантского нефтяного месторождения Ромашкино (Татарстан) – приток из кристаллического

фундамента или нефтематеринские осадочные отложения? // *Геохимия*. 2015. № 2. С. 103–122.

14. *Абукова Л.А., Карцев А.А.* Флюидные системы осадочных нефтегазоносных бассейнов (типы, основные процессы, пространственное распространение) // *Отечественная геология*. 1999. № 2. С. 11–16.

15. *Гутман И.С., Потемкин Г.Н., Галиев Р.М., Папухин С.П.* Литолого-тектоническая модель строения девонских терригенных отложений на территории Самарского региона (часть 2) // *Нефтяное хозяйство*. 2015. № 5. С. 34–38.

16. *Молодцов И.В., Мавричев В.Г., Баранов В.Н.* Возможности выделения разуплотненных зон в породах кристаллического фундамента Южно-Татарского свода, перспективных на обнаружение углеводородов // *Региональная геология и металлогения*. 2016. № 66. С. 95–102.

17. *Ходжакулиев Я.А., Абукова Л.А.* Палеогидрогеологические исследования при поисках нефти и газа. М.: Недра, 1985. 209 с.

18. *Дмитриевский А.Н., Томилова Н.Н., Юрова М.П., Рудов А.А.* Вулканогенные природные резервуары Якутии. М.: ГЕОС, 2002. 80 с.

19. *Кропотова Е.П., Коровнина Т.А., Бебенина Т.С., Ильин В.М., Романов Е.А., Стукова В.А.* Некоторые петрохимические и тектонические особенности формирования коллекторов в вулканитах доюрского комплекса // *Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО*. 2005. Т. 1, № 2. С. 235–242.

20. *Микуленко К.И.* Трещиноватость пород и неоднородность // *Теоретические и методологические вопросы геологии нефти и газа: Тр. ИГи Г СО АН СССР*. Новосибирск: Наука, 1981. Вып. 512. С. 170–177.

21. *Юсупова И.Ф., Абукова Л.А.* Пиролитические потери органического вещества сланцевой залежи как фактор изменения ее флюидопроводимости // *Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: Материалы XIV Междунар. конф.* 2015. С. 72–73.

Basic mechanisms of hydrocarbon reservoir formation in erosion scarps of the basement

M.P. Yurova*, S.A. Dobrynina, M.E. Seliverstova

Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences

e-mail: *mpyurova@mail.ru

Abstract: The article discusses the conditions for the formation of non-structural hydrocarbon deposits confined to the erosion scarps of the basement.

From a scientific point of view, the formation mechanisms of void space in metamorphic rocks are of considerable interest. In practical terms, it is important to substantiate the search criteria for industrially significant non-structural deposits of oil and gas in the weathering crust of the basement.

Keywords: basement erosion scarp, obliquity structures, non-structural deposits, oil, gas, hydrocarbons.

Citation: Yurova M.P., Dobrynina S.A., Seliverstova M.E. Basic mechanisms of hydrocarbon reservoir formation in erosion scarps of the basement // Actual Problems of Oil and Gas. 2019. Iss. 1(24). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2019-24.art7> (In Russ.).

References

1. Varshavskaya I.E., Volozh Yu.A., Dmitrievskii A.N., Leonov Yu.G., Miletenko N V., Fedonkin M.A. A new concept of developing hydrocarbon resources // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2012. Vol. 82, No. 2. P. 17–26. <https://doi.org/10.1134/S1019331612010078>
2. Khitrov A.M., Popova M.N., Novikova O.V. Resource base of Russia and possible hydrocarbon transportation routes during the first part of the XXI century // Georesources, Geoenergetics, Geopolitics. 2010. Iss. 1(1). <http://oilgasjournal.ru> (Accessed on 20.03.2019). (In Russ.).
3. Shimansky V.V. Khafizov S.F. Modeling and forecasting of reservoir formation areas (on the case of Jurassic and Cretaceous of West Siberian Platform. Moscow: Nedra, 2002. 191 p. (In Russ).
4. Bakirov A.A., Tabasaransky Z.A., Bordovskaya M.V., Maltseva A.G. Geology and geochemistry of oil and gas / Ed. A.A. Bakirov, Z.A. Tabasaransky. Moscow: Nedra, 1982. 288 p. (In Russ.).
5. Ratner V.Ya., Bulatov N.N., Zubova M.A., Polster L.A. Oil and gas accumulations in non-anticlinal traps. Illustrated reference book / Ed. V.V. Semenovich. Moscow: Nedra, 1982. 189 p. (In Russ.).

6. *Janson X., Kerans C., Bellian J.A., Fitchen W.* Three-dimensional geological and synthetic seismic model of Early Permian redeposited basinal carbonate deposits, Victorio Canyon, West Texas // AAPG Bulletin, 2007. Vol. 91. P. 1405–1436.
7. *Hart B.S., Plint A.G.* Tectonic influence on deposition and erosion in a ramp setting: Upper Cretaceous Cardium Formation, Alberta Foreland Basin // AAPG Bulletin. 1993. Vol. 77. P. 2092–2107.
8. *Novoselitsky V.M., Margulis A.S., Chadaev M.S.* Using gradient gravimetric survey for localization of density inhomogeneities // Geophysical exploration during regional and geological survey research in the Urals: Conference, Abstracts of Papers. Sverdlovsk, 1989. P. 33–35. (In Russ.).
9. *Mikhaylets N.M.* Formation of hydrocarbon deposits in weathering crust of basement rocks of West Siberia // *Expozitsiya Neft Gaz*. 2012. No. 5(23). P. 54–56. (In Russ.).
10. *Shuster V.L., Levyant V.B., Ellansky M.M.* Oil-and-gas bearing capacity of epy the basements (issues of prospecting and exploration of hydrocarbon deposits). Moscow: TUMA GROUP, 2003. 176 p. (In Russ.).
11. *Borodkin V.N., Deshchenya N.P., Khramtsova A.V., Shimansky V.V., Isaev G.D.* Structure of porous medium and type of reservoirs in Achimovksy deposits of the northern part of West Siberia // *Gornye vedomosti*. 2004. No. 5. P. 29–34. (In Russ.).
12. *Smirnov L.V., Fateev A.V., Nedospasov A.I.* Prospects of acid effusive rocks erosion highs for prospecting of hydrocarbons in basement rocks (Tomsk Region) // *Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*. 2009. No. 12. P. 14–18. (In Russ.).
13. *Galimov E.M., Kalmaeva A.I.* Source of hydrocarbons in the supergiant Romashkino oilfield (Tatarstan): Recharge from the crystalline basement or source sediments? // *Geochemistry International*. 2015. Vol. 53, No. 2. P. 95–112.
14. *Abukova L.A., Kartsev A.A.* Fluid systems of sedimentary petroleum basins // *Otechestvennaya Geologiya*. 1999. No. 2. P. 11–16. (In Russ.),
15. *Gutman I.S., Potemkin G.N., Galiev R.M., Papukhin S.P.* Sedimentary and tectonic model of the Devonian terrigenous formations of Samara region (Part 2) // *Oil Industry*. 2015. No. 5. P. 34–38. (In Russ.).
16. *Molodtsov I.V., Mavrichev V.G., Baranov V.G.* Possibility to distinguish decompressed zones in the crystalline basement rocks of the South Tatar Arch promising for

hydrocarbon discovery // *Regional Geology and Metallogeny*. 2016. No. 66. P. 95–102. (In Russ.).

17. *Khodzhakuliev Ya.A., Abukova L.A.* Paleohydrological research in the search for oil and gas. Moscow: Nedra, 1985. 209 p. (In Russ.).

18. *Dmitrievsky A.N., Tomilova N.N., Yurova M.P., Rudov A.A.* Volcanogenic reservoirs of Yakutia. Moscow: GEOS, 2002. 80 p. (In Russ.).

19. *Kropotova E.P., Korovina T.A., Bebenina T.S., Il'in V.M., Romanov E.A., Stukova V.A.* Some petrochemical and tectonic features of reservoir formation in volcanic rocks of Pre-Jurassic complex // *Ways to implement the oil and gas potential of Khanti-Mansi Autonomous Region*. 2005. Vol. 1, No. 2. P. 235–242. (In Russ.).

20. *Mikulenko K.I.* Rock fracturing and inhomogeneity // *Theoretical and methodological issues of oil and gas geology: Proceedings of. Institute of Geology and Geophysics of Siberina Branch of the USSR Academy of Sciences*. Novosibirsk: Nauka, 1981. Vol. 512. P.170–177. (In Russ.).

21. *Yusupova I.F., Abukova L.A.* Pyrolytic losses of organic matter of a shale basin as a factor in change of its fluid permeability // *Resource-recycling, low-waste and environmental technologies for exploitation of mineral resources: Proceedings of the 14th International Conference*. 2015. P. 72–73. (In Russ.).