

отложениям. Объектом сложноэкранированного и комбинированного типа, подготовленного к глубокому поисковому бурению, является ловушка, локализованная в пространстве структурной картой по кровле продуктивного горизонта и плановым положением бокового экрана, позволяющим выбрать оптимальные точки заложения поисковых скважин. Прогнозирование и выявление непосредственно залежей УВ — актуальная задача и конечная цель сейсмогеологического анализа.

В настоящее время проблемам выявления сложных комбинированных ловушек также посвящено большое количество разработок, в которых освещаются новые классификационные стандарты, а также сложность прогноза подобных ловушек.

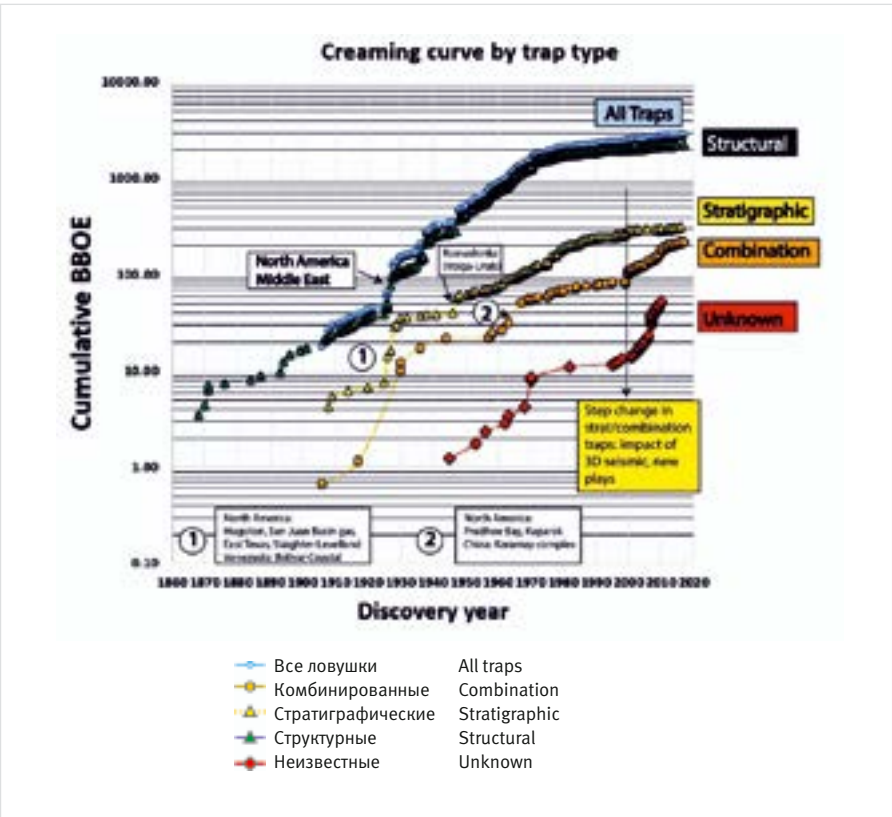


Рис. 3. Кривая кумулятивных накопленных запасов (BBOE) в резервуарах, приуроченных к различным ловушкам, по годам открытия [1]
Fig. 3. Curve of cumulative accumulated reserves (BBOE) in reservoirs confined to different traps, by year of discovery [1]

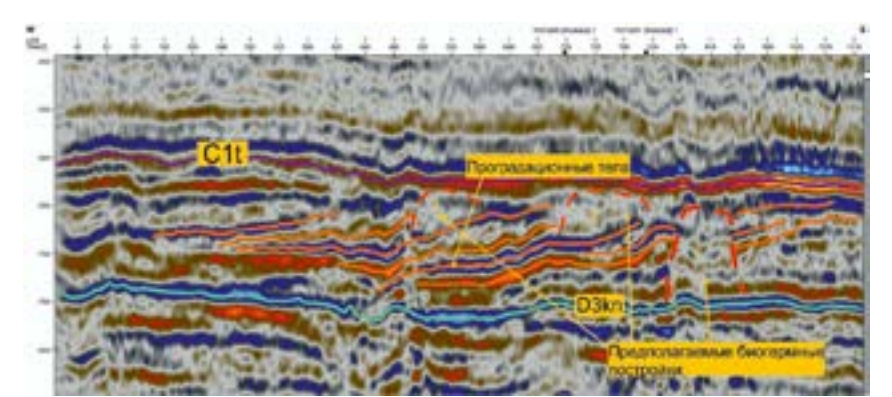


Рис. 4. Сейсмический профиль с выделенным интервалом D₃kn-C₁t [7]
Fig. 4. Seismic profile with selected interval D₃kn-C₁t [7]

Так, в статье [5] приводится «генетическая» классификация неструктурных ловушек, в которой автор подразделяет их на литологически ограниченные (седиментационные, биогенные и постседиментационные), литологически экранированные (регионально и локально экранированные) и тектонически экранированные (приразломные и поднадвиговые). В работе [6] на основе анализа 1200 залежей проводится деление ловушек по «морфологическому» строению, так как именно эти признаки важны на стадии разведки, когда основной задачей является выявление формы ловушки, вмещающей залежь УВ. В группе комбинированных ловушек авторами выделяются залежи, связанные с различного типа экранами, то есть залежи, экранированные разрывными

нарушениями, границами областей отсутствия коллекторов, соляными интрузиями, жерлами грязевых вулканов, дайками интрузивных пород, поверхностями несогласий и некоторыми другими факторами.

Наглядный пример интерпретации сейсмических профилей с выделением ловушек рифогенного и клиноформного строения приведен в работе [7]. Предполагаемые биогермные постройки и проградационные тела возникают в результате перераспределения осадочного материала по площади бассейна в результате бокового латерального наращивания осадочных тел (территория Благовещенской впадины Волго-Уральского НГБ). На сейсмопрофиле выявлены этапы развития разновозрастных рифов и возраст таких построек (рис. 4). Это клиноформные структуры, которые, возможно, сокращают площадь депрессионной части, смещая бортовую зону в сторону впадины. И, как следствие, на смещенной бровке начинают свое развитие более молодые тела. Таким образом, происходит латеральная миграция органогенных построек с их омоложением в сторону депрессионной части и возможное увеличение объемов ловушек.

Ярким примером сложного типа комбинированных ловушек являются нефтяные месторождения в дельте реки Нигер. Этот регион с богатыми ресурсами характеризуется разнообразием тектонических элементов (рис. 5), таких как конседиментационные (антитетические) сбросы, структуры с множеством растущих сбросов и структуры постколлизийного опускания. Залежи УВ приурочены к сложным комбинированным ловушкам с тектоническим экраном. На окраинах дельты выявлены как стратиграфические, так и структурные ловушки [8].

Долгое время при постановке геологоразведочных работ коллекторы в породах фундамента недооценивались. Однако в различных регионах мира скопления нефти и газа в породах фундамента открыты и промышленно разрабатываются. В публикациях последних лет приводится общедоступная информация о резервуарах УВ в трещиноватых кристаллических формациях и их ресурсах из примерно 30 стран [9, 10]. Отложения кристаллического фундамента являются крупными нефтяными и газовыми резервуарами во многих регионах мира. УВ аккумулируются в интрузивных, эффузивных, метаморфических и катакlastических породах фундамента. Безусловно, необходимо разобраться в причине отсутствия месторождений нефти и газа с большими запасами в отложениях фундамента на территории российских бассейнов, некоторые из которых в геологическом плане вполне сопоставимы с зарубежными, в которых открыты гигантские по запасам скопления УВ в фундаменте (например, Западно-Сибирский и Кылулонгский (Вьетнам) НГБ [11, 12]. Причины могут быть различными. Либо недостаточно мощная техника бурения, малые глубины забоя скважин по фундаменту, либо недостаток геологического материала и сейсмических атрибутов, либо большие запасы в осадочных отложениях, сдерживающие стремление к выявлению и разведке глубинных структур по фундаменту.

Прогноз состава нефтей и фазового состояния скоплений в ловушках

Разработанная нами классификация нефтей НГБ по их обогащенности микроэлементами (МЭ) [13] дает возможность прогнозировать состав флюидов в ловушках различного типа на определенных уровнях процессов нефтеобразования, вторичного преобразования и разрушения скоплений. Нефти главной зоны нефтеобразования (ванадиевая металлогения) и нефти ранней стадии генерации (никелевая металлогения), приуроченные отчасти к ловушкам антиклинального типа, в большей степени несут на себе влияние верхней осадочной коры, больше содержат хемофоссилий (Fingerprint) и элементов, характерных для исходного органического материала, то есть V, Ni, Mo, Co и др. В зонах глубокого катагенеза при сильной дислоцированности территорий их тектоническая активность провоцирует формирование ловушек в большей мере неантиклинального, неструктурного, комбинированного типа с нефтяными, газовыми и газоконденсатными залежами. Именно в этом типе ловушек сосредоточены основные запасы месторождений УВ, открываемых в настоящее время [1]. Часто встречаются тектонически экранированные залежи, что связано со спредингом на окраинах континентов. Ловушки подобного типа могут быть насыщены нефтями повышенной катагенной преобразованности или нефтегазоконденсатами, они значительно подвержены процессам глубинной переработки; кроме того, возможно претерпели и миграционные существенные изменения. Они содержат другой набор МЭ, токсичных и летучих, ассоциированных с более легкими УВ компонентами, вероятно, часть из которых связана с глубинными процессами в недрах земли (As, Hg, Al, Sb, B, Li, PЗЭ и др.). Залежи таких скоплений с низким содержанием асфальтово-смолистых компонентов из глубоких горизонтов (более 4,5 км) могут характеризоваться хорошей изоляцией от поверхностных агентов деструкции.

В регионах гипергенного выветривания также преобладают нетрадиционные ловушки. Как правило, это неструктурные залежи сложного комбинированного типа, часто тектонически экранированные в связи с образованием поднадвиговых зон выклинивания и литологического замещения. Аномальное же обогащение нефтей зоны гипергенеза V, Ni, Mo, Re, Cd, Hg, U и другими элементами, вплоть до промышленных рудных концентраций, может объясняться их биодеграцией, выветриванием, потерей легких масляных углеводородных фракций и, соответственно, накоплением МЭ. Кроме того, отмечается и эндогенный привнос МЭ при воздействии интрузий и гидротерм на скопления асфальтовых битумов преимущественно в пределах складчатых областей (Уральская, Корякско-Камчатская, Андийская и др.) и обогащение Hg, Cd, Sb нефтей газовыми эманациями в зонах глубинных разломов (Предкарпатский прогиб, бассейны Калифорнии и др.).

Проблема прогноза продуктивности

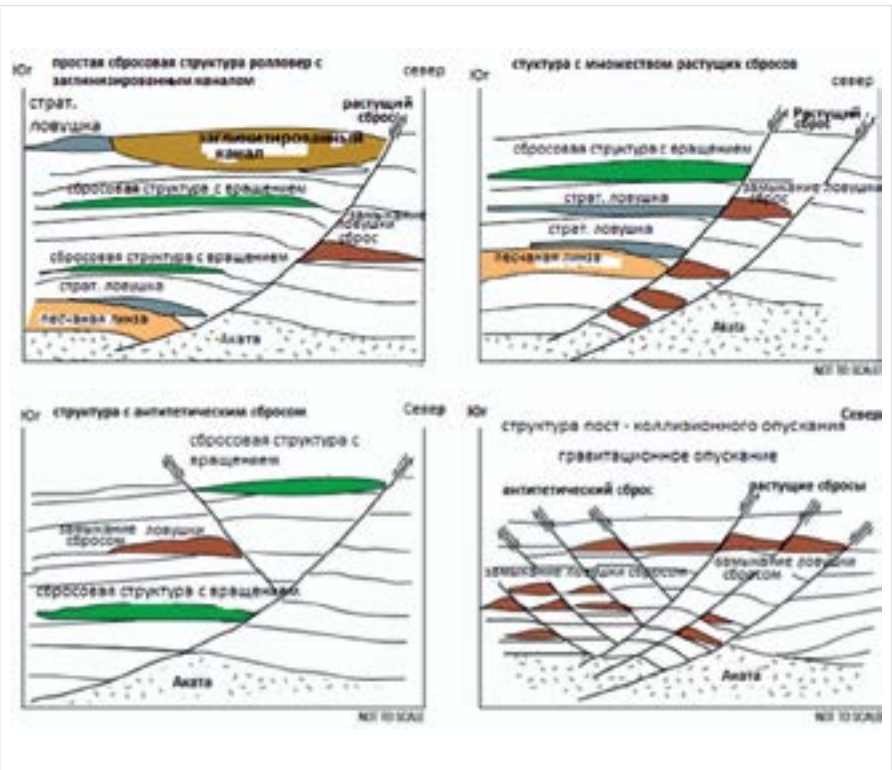


Рис. 5. Примеры структур нефтяных месторождений дельты р. Нигер и связанных с ними ловушек. Стрелки показывают направление движения сбросов [8]
Fig. 5. Examples of structures of oil fields of the river delta Niger and related traps. Arrows show the direction of movement of discharges [8]

углеродсодержащих (сланцевых) толщ до сих пор остается спорной. Особенности свит, т.е. их сланцевый характер и частое чередование более плотных и менее плотных пород-накопителей и производителей УВ, приводят к трудностям дешифровки собственно нефтематеринских и продуктивных прослоев в их строении. Эта неопределенность вызвана тем, что методы исследования традиционных УВ скоплений не применимы к нетрадиционным объектам, которые являются одновременно и нефтематеринскими и нефтесодержащими. Пласты-коллекторы не являются ловушками в обычном понимании, а представлены довольно протяженными участками с хорошими коллекторскими свойствами. Их часто называют «непрерывными» (continuous) или тонкими ловушками несоответствия (unconformity subtle traps) [14]. По нашим исследованиям, любые перемещения флюидов внутри таких толщ приводят к изменению их состава, в частности к обогащению более подвижными (Cu, Au, As и Ce), обеднению менее подвижными (V, Ni, Co, Mo, Zn) элементами и изменению их соотношений. Последние ассоциированы со смолисто-асфальтовыми компонентами. Выявленные особенности МЭ состава флюидов могут являться маркерами прогноза продуктивности резервуаров углеродсодержащих формаций [15].

Итоги

На основе анализа исследований, проведенных российскими и зарубежными учеными и практиками, а также научных разработок автора рассмотрены основные направления развития нефтегазового комплекса,

связанные с поиском и оконтуриванием сложно построенных ловушек — вместилищ нефтяных и газовых скоплений. Приведены примеры строения ловушек неантиклинального комбинированного типа в различных регионах мира, выявлен приоритет этого типа ловушек при поисках наиболее перспективных объектов с большими ресурсами УВ сырья. На основе фундаментальных знаний о процессах нефтегазоаккумуляции показана возможность прогноза качества нефтей в ловушках комбинированного строения.

Выводы

Изучение резервуаров УВ как в отложениях осадочного бассейна, так и в выступах кристаллического фундамента свидетельствует о существенном возрастании количества сложных, нетрадиционных, комбинированных, в том числе «неизвестных» ловушек, отмеченном в настоящее время при открытии крупных скоплений УВ. Даются рекомендации по прогнозу качества нефтей и фазового состояния скоплений в комбинированных ловушках, обнаруженных на различных уровнях шкалы нефтеобразования.

Литература

1. Dolson J., Zhiyong He, Horn B.W. Advances and perspectives on stratigraphic trap Exploration-Making the subtle trap obvious. Search and Discovery. Article # 60054, 2018, 67 p. URL: http://www.searchanddiscovery.com/documents/2018/60054dolson/ndx_dolson.pdf
2. Jing-Zhou Zhao, Jun Li, Wei-Tao Wu, Qing Cao, Yu-Bin Bai, Chuang Er. The petroleum

system: a new classification scheme based on reservoir qualities. Petroleum Science, 2019, issue 16, P. 229–251. DOI: 10.1007/s12182-018-0286-2

3. Dolson J. Understanding oil and gas shows and seals in the search for hydrocarbons. Springer International Publishing. XIX, Switzerland, 2016, 486 p. DOI: 10.1007/978-3-319-29710-1

4. Алексин А.Г., Гогоненков Г.Н., Хромов В.Т. и др. Методика поисков залежей нефти и газа в ловушках сложнозкранированного типа. Геологические основы поисков скоплений углеводородов в ловушках сложного экранирования. М.: ВНИИОЭНГ, 1992. Ч. 1. 231 с.

5. Окнова Н.С. Неантиклинальные ловушки и их примеры в нефтегазоносных провинциях // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7. № 1. С. 16.

6. Поляков А.А., Колосков В.Н., Фончикова М.Н. К вопросу о классификации залежей нефти и газа // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2015. Т. 10. № 1. 10 с.

7. Гумеров А.Р. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности верхнедевонских отложений Благовещенской впадины Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна // Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ. Пермь: ПГНИУ, 2019. С. 82–87.

8. Экенма-Джонас Д. Особенности строения и нефтегазоносности территории дельты реки Нигер // Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ. Пермь: ПГНИУ, 2019. С. 364–367.

9. Trice R. Basement exploration, West of Shetlands: progress in opening a new play on the UKCS. Geological Society, London, 2014, Vol. 397, P. 81–105.

10. Koning T. Oil and gas production from basement reservoirs: examples from Indonesia, USA and Venezuela. Geological Society, 2003, Vol. 214, issue 1, P. 83–92.

11. Пуанова С.А., Шустер В.Л., Нро Л.Т. Особенности геологического строения и нефтегазоносности доюрских отложений Западной Сибири и фундамента Вьетнама // Нефтяное хозяйство. 2018. № 10. С. 16–19.

12. Горюнов Е.Ю., Нгуен М.Х. Закономерности строения месторождений нефти и газа в фундаменте Кыулонгского бассейна (Вьетнам) // Экспозиция Нефть Газ. 2018. № 4. С. 18–22.

13. Пуанова С.А. Микроэлементы нефтидов нефтегазоносных бассейнов // ДАН. 2019. Т. 488. № 5. С. 534–538.

14. Ульмишек Г.Ф., Шаломеенко А.В., Холтон Д.Ю., Дахнова М.В. Нетрадиционные резервуары нефти в доманиковой толще Оренбургской области // Геология нефти и газа. 2017. № 5. С. 67–77.

15. Пуанова С.А., Шустер В.Л. Новый взгляд на перспективы нефтегазоносности глубокозалегающих доюрских отложений Западной Сибири // Георесурсы. 2018. Т. 20. № 2. С. 67–80.

ENGLISH

Results
Based on analysis of studies carried out by Russian and foreign scientists and practitioners, as well as the author's scientific developments, the main directions of the development of the oil and gas complex associated with the search and delineation of complex traps – reservoirs of oil and gas accumulations are considered. Examples of the structure of non-anticlinal combined type traps in different regions of the world are given, the priority of this type of traps is revealed in the search for the most promising objects with large hydrocarbon resources. On the basis of fundamental knowledge about the processes of oil and gas accumulation, the possibility of predicting the quality of oils in traps of a combined structure is shown.

Conclusions
The study of hydrocarbon reservoirs both in the sediments of the sedimentary basin and in the protrusions of the crystalline basement indicates a significant increase in the number of complex, unconventional, combined, including “unknown” traps, which is currently noted during the discovery of large hydrocarbon accumulations. Recommendations are given for predicting the quality of oils and the phase state of accumulations in combined traps found at different levels of the oil generation scale.

Reference

1. Dolson J., Zhiyong He, Horn B.W. Advances and perspectives on stratigraphic trap Exploration-Making the subtle trap obvious. Search and Discovery. Article # 60054, 2018, 67 p. URL: http://www.searchanddiscovery.com/documents/2018/60054dolson/ndx_dolson.pdf

2. Jing-Zhou Zhao, Jun Li, Wei-Tao Wu, Qing Cao, Yu-Bin Bai, Chuang Er. The petroleum system: a new classification scheme based on reservoir qualities. Petroleum Science, 2019, issue 16, P. 229–251. DOI: 10.1007/s12182-018-0286-2

3. Dolson J. Understanding Oil and Gas Shows and Seals in the Search for Hydrocarbons. Springer International Publishing. XIX, Switzerland, 2016, 486 p. DOI: 10.1007/978-3-319-29710-1

4. Алексин А.Г., Гогоненков Г.Н., Хромов В.Т. and other. Methods of prospecting for oil and gas deposits in complex-screened traps. Geological foundations of the search for hydrocarbon accumulations in complex screening traps. Moscow: VNIIOENG, 1992, Part 1, 231 p. (In Russ).

5. Oknova N.S. Nonanticlinal traps – examples from Volga-Ural and Western Siberia oil-and-gas provinces. Neftegazovaya Geologiya. Theory and Practice, 2012, Vol. 7, issue 1, 16 p. (In Russ).

6. Polyakov A.A., Koloskov V.N., Fonchikova M.N. On the classification of oil and gas deposits. Oil and gas geology. Theory and Practice, 2015, Vol. 10, issue 1, 10 p. (In Russ).

7. Gumerov A.R. Geological structure and oil and gas prospects of the upper devonian deposits of the Blagoveshchensk depression of the Volga-Ural basin. Collection of proceedings II International scientific conference “New directions of oil and gas geology and geochemistry. Development of geological exploration”. Perm: PSU, 2019, P. 82–87.

8. Ekenma-Jonas J. Structure feature and oil and gas potential of the Niger delta. New directions of oil and gas geology and geochemistry. development of geological exploration works. Perm: PSU, 2019, P. 364–367.

9. Trice R. Basement exploration, West of Shetlands: progress in opening a new play on the UKCS. Geological Society, London, 2014, Vol. 397, P. 81–105.

10. Koning T. Oil and gas production from basement reservoirs: examples from Indonesia, USA and Venezuela. Geological Society, 2003, Vol. 214, issue 1, P. 83–92.

11. Punanova S.A., Shuster V.L., Ngo Ly. Peculiarities of geological structures, and oil and gas efficiency in pre-jurassic deposits of Western Siberia and the basement of Vietnam. Oil industry. 2018, issue 10, P. 16–19.

12. Goryunov E.Yu., Nguyen M.H. The regularities of the structure of the oil and gas fields in the basement of Kyulong basin (Vietnam). Exposition Oil Gas, 2018, issue 4, P. 18–22.

13. Punanova S.A. Trace elements in naphthides in oil and gas basins. Doklady earth sciences. 2019, Vol. 488, issue 2, P. 1207–1210.

14. Ulmishek G.F., Shalomeenko A.V., Holton D.Yu., Dakhnova M.V. Unconventional oil reservoirs in the domanik formation of the Orenburg region. Geology of oil and gas, 2017, issue 5, P. 67–77.

15. Punanova S.A., Shuster V.L. A new approach to the prospects of the oil and gas bearing of deep-seated Jurassic deposits of Western Siberia. Georesources, 2018, Vol. 20, issue 2, P. 67–80.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Пуанова Светлана Александровна, д. г.-м. н., ведущий научный сотрудник, Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия
Для контактов: punanova@mail.ru

Punanova Svetlana Alexandrovna, Sc.D., chief researcher, Institute of Oil and Gas Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
Corresponding author: punanova@mail.ru

ГЕОЛОГИЯ

DOI: 10.24411/2076-6785-2020-10111

УДК 553.9 | Научная статья

Подходы к изучению неантиклинальных ловушек Западной Сибири и перспективы их картирования

Самойлова А.В.¹, Афанасьева М.А.²

¹Институт проблем нефти и газа РАН, ²РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия
anna-samoilova@mail.ru

Аннотация
В настоящей статье систематизированы данные и проведен анализ существующих методов и опубликованных исследований по изучению неантиклинальных ловушек, часто комбинированных, который позволил рекомендовать комплекс работ, наиболее эффективных при поисках ловушек данного типа в юрских и меловых отложениях в пределах Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна (НГБ). В работе показан ряд диагностических признаков подобных ловушек и обоснован комплекс исследований, позволяющих целенаправленно выявлять ловушки комбинированного типа. Важным условием успешного осуществления работ является проведение целенаправленных исследований, построение седиментационных моделей и палеогеографических реконструкций с применением ихнофациального анализа. Оконтуривание и освоение неструктурных ловушек на основе предложенной комбинации методов может существенно продлить эксплуатационную жизнь ряда «старых» нефтегазодобывающих районов, в том числе Западной Сибири.

Материалы и методы
Классификационные схемы ловушек неантиклинального строения. Схематические примеры ловушек различных нефтегазоносных бассейнов (НГБ) Западной Сибири, изучение ловушек различной морфологии.

Ключевые слова
нефтегазоносный бассейн, неструктурные ловушки, классификация ловушек, коллекторские свойства, органическое вещество, нефтегазоносные комплексы

Для цитирования
Самойлова А.В., Афанасьева М.А. Подходы к изучению неантиклинальных ловушек Западной Сибири и перспективы их картирования // Экспозиция Нефть Газ. 2020. № 6. С. **–**. DOI: 10.24411/2076-6785-2020-10111

Поступила в редакцию: 28.09.2020

GEOLOGY UDC 553.9 | Original Paper

Approaches to the study of non-anticline traps in Western Siberia and prospects for their mapping

Samoilova A.V.¹, Afanasyeva M.A.²

¹Institute of Oil and Gas Problems (IPNG), Russian Academy of Sciences, ²Gubkin Russian state University of oil and gas, Moscow, Russia
anna-samoilova@mail.ru

Abstract
The article systematizes the data and analyzes existing methods and published studies of non-anticline traps, often combined, which allowed us to recommend a set of works that are most effective in searching for traps of this type in the Jurassic and Cretaceous deposits within the West Siberian oil and gas basin (NGB). The paper shows a number of diagnostic features of such traps and justifies a set of studies that allow purposefully identifying traps of a combined type. An important condition for the successful implementation of the works is to conduct targeted research, building depositional models and paleogeographic reconstructions with the use of ichnofacial analysis. Delineation and development of non-structural traps based on the proposed combination of methods can significantly extend the operational life of a number of “old” oil and gas producing areas, including Western Siberia.

Materials and methods
Classification schemes of non-anticlinal traps. Schematic examples of traps of various oil and gas basins (NGB) in Western Siberia, study of traps of various morphology.

Keywords
oil and gas basin, non-structural traps, classification of traps, reservoir properties, organic matter, oil and gas complexes

For citation
Samoilova A.V., Afanasyeva M.A. Approaches to the study of non-anticline traps in Western Siberia and prospects for their mapping. Exposition Oil Gas, 2020, issue 6, P. **–**. (In Russ). DOI: 10.24411/2076-6785-2020-10111

Received: 28.09.2020