

Проблемы выявления неантиклинальных ловушек углеводородов и подходы к их решению

В.Л. Шустер^{1,2}

1 – Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва;

2 – РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва

E-mail: tshuster@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы, решение которых стимулирует широкое промышленное опосковывание и освоение нефтегазовых ресурсов в неантиклинальных сложнопостроенных ловушках. Одна из таких проблем – отсутствие детально разработанной и утвержденной для исполнения классификации ловушек, основанной на универсальных критериях, учитывающих палеотектонические, литологические, геохимические, гидрогеологические и другие факторы. Это усложняется неоднозначным терминологическим толкованием разными научными школами конкретных типов ловушек и залежей УВ.

Предложены подходы к решению обозначенных задач.

Ключевые слова: нефть, неантиклинальная ловушка, классификация залежей, критерий.

Для цитирования: Шустер В.Л. Проблемы выявления неантиклинальных ловушек углеводородов и подходы к их решению // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 4(27). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2019-27.art12>

На современном этапе проведения геологоразведочных работ, характеризующемся значительным усложнением геологического строения изучаемых отложений, увеличением глубины бурения скважин, существенным изменением литологического состава пород и их строения, в том числе, за счет повышенного уплотнения и увеличения с глубиной тектонической активности. Все это влияет на изменение характера и типа пустотного пространства и ведет к снижению фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пород. Как следствие, усложняется строение ловушек, которое с глубиной видоизменяется от антиклинального (традиционного) типа до неантиклинального.

Во многих осадочных бассейнах мира и в России, где «верхний» этаж нефтегазоносности детально изучен, фонд антиклинальных ловушек (крупных и средних месторождений по запасам УВ), в основном, опоскован, возникает необходимость проведения поисково-разведочных работ на нефть и газ в «нижнем», глубокозалегающем этаже, где прогнозируется гораздо большее количество неантиклинальных ловушек, чем традиционных антиклинальных [1–6]. Кроме того, на ряде крупных по запасам, длительно разрабатываемых месторождений в сложнопостроенных ловушках для эффективного отбора остаточных запасов нефти и газа возникла необходимость уточнения строения

сложнопостроенных ловушек по характеру пустотности и ФЕС пород в целом, с целью выявления в залежи УВ участков с наилучшими условиями отбора нефти (газа).

В неантиклинальных ловушках, наряду со значительным числом открытых залежей нефти и газа с небольшими запасами, открыты и гиганты, такие как Боливар-Коустал – 4,1 млрд т нефти (Венесуэла), Ист-Техас – 0,8 млрд т нефти (США), Хьюгтон – 1,1 трлн м³ газа (США) и др. [1], а также в России – газовые гиганты и крупные месторождения на севере Западной Сибири: Уренгойское, Бованенковское, Новопортовское и др.

Согласно прогнозной оценке, доля ресурсов нефти и газа в неантиклинальных ловушках в основном регионе нефтедобычи в РФ – Западной Сибири составляет более 50% от общего объема.

При переходе к широкому освоению нефтегазовых ресурсов в глубокозалегающих сложнопостроенных отложениях, приуроченных к неантиклинальным и комбинированным ловушкам, предстоит разрешить ряд задач.

Первая из них заключается в необходимости создания «узаконенного» единообразного определения типов существующих залежей УВ и ловушек, а также унифицированной классификации ловушек, созданной на единых принципах (генетическом и морфологическом).

Вторая задача состоит в необходимости создания универсальной методики и современных технологий выявления и картирования неантиклинальных ловушек.

Третья задача, примыкающая ко второй, заключается в необходимости выработки комплекса критериев (параметров), позволяющего прогнозировать неантиклинальные ловушки в тех или иных регионах (бассейнах), и желательно, конкретно для каждого типа ловушек, уже на ранних этапах и стадиях геологоразведочных работ (ГРР). На основе этих основных, общих для всех НГБ мира критериев, в каждом регионе дополнительно будут разработаны специфические «местные» критерии, отражающие условия формирования неантиклинальных ловушек данного НГБ, что повысит эффективность прогноза и поиска сложнопостроенных объектов. Конечно, это – сложная комплексная проблема, которую предстоит решать.

Определенный опыт и знания для решения указанной проблемы отечественными и зарубежными учеными накоплен, однако, многие задачи, особенно при проведении поисково-разведочных работ, остаются нерешенными [1–7].

Наиболее часто употребляемые значения терминов: «залежь УВ», «ловушка», «классификация неантиклинальных ловушек» – приведены ниже.

Определение залежи нефти (газа) дано в геологическом словаре ([6], с. 251) как «естественное скопление нефти (газа) в ловушке, образованной породой-коллектором под покрывкой из непроницаемых пород» и практически не претерпело изменений с середины прошлого века. А.А. Поляков (2015) [3] предлагает рассматривать понятие «залежь нефти и/или газа» в качестве простейшего элемента нефтегазогеологического районирования, как единичное скопление УВ в ловушке, все части которого гидродинамически связаны. Разночтения существуют по типам и видам залежей.

«Ловушка нефти и газа – термин впервые введен Мак-Коллофом в 1934 г. – это объем породы, способный вместить нефть или газ вне зависимости от способности к аккумуляции и консервации нефти и газа в ней» [6].

Основные разночтения существуют по классификациям ловушек.

Так, А.И. Леворсен (1958) выделяет три основных типа: структурный, стратиграфический, комбинированный. Н.Б. Вассоевич (1952) выделяет три других типа: замкнутые, полузамкнутые и незамкнутые (первые два связаны с различного рода выклиниванием коллекторов, которые, в свою очередь, подразделяются на литологические, стратиграфические, тектонически-экранированные и связанные с зонами тектонического раздробления; а третий тип – гидравлические ловушки).

В более поздних работах большинством исследователей в основу классификации неантиклинальных ловушек положены генетический и морфологический принципы строения экрана, авторы выделяют три типа: литологически-экранированные, стратиграфически-экранированные, тектонически-экранированные, подразделяя их на подтипы и классы (Окнова, 2012 [2]) или объединяя оба принципа – морфогенетическая классификация залежей углеводородов (по типу ловушек) (Поляков, 2015 [3]).

По классификации А.А. Полякова выделяются три типа ловушек (названных им природными резервуарами): структурные, литологические и комбинированные, которые подразделены на ярусы, подъярусы и группы.

В ранее опубликованной работе В.Б. Оленина [7] по этой проблеме отмечается, что классификации ловушек должны строиться на генетических признаках, отражающих

представления о формировании ловушек, и на морфологических, учитывающих форму границы ловушки-залежи УВ. То есть, комплекс критериев, объединяющий оба принципа, должен отражать происхождение залежи (ловушки), ее тектоническую приуроченность, морфологию ловушки (залежи) и факторы, учитывающие формирование и размещение залежей УВ.

Выше приведены только некоторые примеры разночтений в терминологии и в классификации ловушек. Но проблема очевидна.

Для успешного проведения прогноза, поисков и картирования неантиклинальных ловушек, в качестве первоочередной задачи необходимо создать обновленную универсальную общепринятую классификацию ловушек, основанную на единых принципах и общепринятых понятиях терминов, таких как «тип залежи» и «ловушки».

Для эффективного прогноза нефтегазоносности в ловушках неантиклинального типа требуется методическое обеспечение, которое бы учитывало весь спектр вновь разработанных палеотектонических, литологических, геоморфологических, гидрогеологических, геохимических и других критериев. Причем анализ материалов и изучение благоприятных факторов с целью прогноза неантиклинальных ловушек следует начинать уже на региональном этапе работ, выявляя региональные зоны литологического выклинивания и стратиграфического несогласия и контролируемых ими ловушек УВ. И как показывает опыт работ, уже на ранних стадиях ГРП необходимо проводить целенаправленные исследования по изучению закономерностей формирования и распространения сложноэкранированных объектов. На следующих стадиях, наряду с традиционными задачами, для выделения объектов сложноэкранированного типа нужно определить перспективные части разреза с развитием зон литологического замещения и стратиграфических несогласий. На этой стадии главным источником информации являются результаты сейсмостратиграфической интерпретации региональных профилей МОГТ.

На стадии оценки зон нефтегазонакопления основными задачами являются выделение и картирование региональных участков выклинивания, фациального замещения и стратиграфического несогласия и выявление их соотношения с границами зоны нефтегазонакопления. Эти вопросы разрешаются путем использования материалов сейсморазведки, в том числе, площадной, и результатов бурения параметрических и

структурно-поисковых скважин, с использованием геолого-геофизических и геохимических методов. На поисковом этапе ставится задача выявления и подготовки объектов к поисковому бурению, выделения сложных, в том числе, сложноэкранированных объектов, определения их формы, границ, площади. Это наиболее сложная стадия выявления неантиклинальных ловушек, для которой ранее не было разработано универсальных технологий и методов. В последние годы такие методы появились [8–11]. Зачастую уточнение геологического строения поискового объекта происходит уже на стадии поискового или даже поисково-разведочного бурения и открытие сложноэкранированной залежи УВ удается совершить по результатам детальной сейсморазведки МОГТ 3D с использованием рассеянных волн [8]. Метод дает возможность выделять в разрезе монолитных пород зоны развития высокочемких пород-коллекторов и соответственно плохо проницаемых отложений. Это позволяет дифференцировать сложнопостроенную залежь УВ на высоко- и низкопродуктивные зоны.

Для выявления неантиклинальных ловушек уже сегодня так же успешно используются методы сейсморазведки МОГТ 2D и 3D (для создания «сейсмического» образа изучаемого объекта). Картирование ловушек осуществляется на основании устойчивых признаков сейсмической волновой картины, путем сейсмического моделирования. Н.К. Курышева [12] на основе использования «сейсмических образов» выделила на Шаимском своде неантиклинальные ловушки разного типа: структурно-стратиграфические и литологически-экранированные.

Выводы

Для успешного прогноза и поиска перспективных залежей УВ в неантиклинальных комбинированных ловушках необходимо вести их целенаправленное изучение, начиная с регионального этапа ГРП. Для этого необходимо создать универсальную классификацию ловушек, разработанную на основе современного геолого-геофизического материала и выработанных критериев прогноза, используя новейшие технологии и методы сейсморазведки, ГИС и бурения.

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

Литература

1. *Алексин А.Г., Гогоненков Г.Н., Хромов В.Т.* и др. Методика поисков залежей нефти и газа в ловушках сложноэкранированного типа: в 2-х ч. М.: ВНИИОЭНГ, 1992. 457 с.
2. *Окнова Н.С.* Неантиклинальные ловушки и их примеры в нефтегазоносных провинциях // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7, № 1. 14 с. http://www.ngtp.ru/rub/10/10_2012.pdf (Дата обращения 11.09.2019).
3. *Поляков А.А., Колосов В.Н., Фончикова М.Н.* К вопросу о классификации залежей нефти и газа // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2015. Т. 10, № 1. 12 с. https://doi.org/10.17353/2070-5379/7_2015
4. *Брод И.О.* Залежи нефти и газа. М.: Гостоптехиздат, 1951. 340 с.
5. *Гусейнов А.А., Гейман Б.М., Шик Н.С., Сурицук Г.В.* Методика прогнозирования и поисков литологических, стратиграфических и комбинированных ловушек нефти и газа. М.: Недра, 1988. 270 с.
6. Геологический словарь: в 2-х т. / Отв. ред. К.Н. Паффенгольц. М.: Недра, 1978. 486 с.
7. *Оленин В.Б.* Нефтегеологическое районирование по генетическому принципу. М.: Недра, 1977. 224 с.
8. *Левянт В.Б., Тронов Ю.А., Шустер В.Л.* Использование рассеянной компоненты сейсмического поля для дифференциации кристаллического фундамента на коллекторские и монолитные толщи // Геофизика. 2003. № 3. С. 17–26.
9. *Stirling E.J., Fugelli E.M.G., Thompson M.* The edges of the wedges: a systematic approach to trap definition and risking for stratigraphic, combination and sub-unconformity traps // Geological Society, London: Petroleum Geology Conference Series, 3 February 2017. No. 8, P. 273–286. <https://doi.org/10.1144/PGC8.19>
10. *Dailly P., Hendersen T., Hudgens E., Kanschat K., Lowry P.* Exploration for Cretaceous stratigraphic traps in the Gulf of Guinea, West Africa and the discovery of the Jubilee Field: a play-opening discovery in the Tano Basin, Offshore Ghana // Geological Society, London: Special Publications, 31 July 2012. No. 369, P. 235–248. <https://doi.org/10.1144/SP369.12>
11. *Peel F.J., Cole G.A., Apps G.M., Moore M.G.* Implications of megasequence stratigraphy for the petroleum system of the ultra deepwater Gulf of Mexico // AAPG, Search

and Discovery. 2014. <http://www.searchanddiscovery.com/documents/abstracts/gcags/images/peel01.htm> (Дата обращения 11.09.2019).

12. *Шустер В.Л., Пунанова С.А., Курышева Н.К.* Новый подход к оценке образованию фундамента // Современное состояние наук о Земле: Материалы Междунар. конф., посв. памяти В.Е. Хаина. М.: Изд-во геол. ф-та МГУ, 2011. С. 2116–2118.

The problems of identification of non-anticlinal hydrocarbon traps and approaches to their solution

V.L. Shuster^{1,2}

1 – Oil and Gas Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow;

2 – Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow

E-mail: tshuster@mail.ru

Abstract. The article discusses the problems whose solution stimulates a wide industrial prospecting and development of oil and gas resources in non-anticlinal traps. These include the lack of a detailed classification of traps based on universal criteria that take into account paleotectonic, lithological, geochemical, and other factors that have been developed and approved for execution. The problem is complicated by the ambiguous terminological interpretation of specific types of hydrocarbon traps and deposits by various scientific schools.

The approaches to solving the aforementioned tasks are proposed.

Keywords: oil, non-anticlinal trap, reservoir classification, criterion.

Citation: *Shuster V.L.* The problems of identification of non-anticlinal hydrocarbon traps and approaches to their solution // Actual Problems of Oil and Gas. 2019. Iss. 4(27). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2019-27.art12> (In Russ.).

References

1. *Aleksin A.G., Gogonenkov G.N., Khromov V.T.* et al. Methods of searching for deposits of oil and gas in traps of an unshielded type. In 2 parts. Moscow: VNIIOENG, 1992. 457 p. (In Russ.).
2. *Oknova N.S.* Nonanticlinal traps – examples from Volga-Ural and Western Siberia oil-and-gas provinces // *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*. 2012. Vol. 7. No. 1. 14 p. http://www.ngtp.ru/rub/10/10_2012.pdf (Accessed on 11.09.2019). (In Russ.).
3. *Polyakov A.A., Kolosov V.N., Fonchikova M.N.* On classification of petroleum accumulations // *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*. 2015. Vol. 10. No. 1. 12 p. https://doi.org/10.17353/2070-5379/7_2015 (In Russ.).
4. *Brod I.O.* Oil and gas deposits. Moscow: Gostoptekhizdat, 1951. 340 p. (In Russ.).
5. *Guseinov A.A., Geiman B.M., Shik N.S., Surtukov G.V.* Methods of forecasting and searching for lithological, stratigraphic and combined oil and gas traps. Moscow: Nedra, 1988. 270 p. (In Russ.).
6. Geological dictionary: In 2 vols. / Ed. by K.N. Paffengolts. Moscow: Nedra, 1978. 486 p. (In Russ.).

7. *Olenin V.B.* Geological zoning of oil fields based on genetic approach. Moscow: Nedra, 1977. 224 p. (In Russ.).

8. *Levyant V.B., Tronov Yu.A., Shuster V.L.* Using the scattered components of the seismic field to differentiate the crystalline basement into collector and monolithic strata // The Russian Geophysics Journal. 2003. No. 3. P. 17–26. (In Russ.).

9. *Stirling E.J., Fugelli E.M.G., Thompson M.* The edges of the wedges: a systematic approach to trap definition and risking for stratigraphic, combination and sub-unconformity traps // Geological Society, London: Petroleum Geology Conference Series, 3 February 2017. No. 8, P. 273–286. <https://doi.org/10.1144/PGC8.19>

10. *Dailly P., Hendersen T., Hudgens E., Kanschat K., Lowry P.* Exploration for Cretaceous stratigraphic traps in the Gulf of Guinea, West Africa and the discovery of the Jubilee Field: a play-opening discovery in the Tano Basin, Offshore Ghana // Geological Society, London: Special Publications, 31 July 2012. No. 369, P. 235–248. <https://doi.org/10.1144/SP369.12>

11. *Peel F.J., Cole G.A., Apps G.M., Moore M.G.* Implications of megasequence stratigraphy for the petroleum system of the ultra deep water Gulf of Mexico // AAPG, Search and Discovery. 2014. <http://www.searchanddiscovery.com/documents/abstracts/gcags/images/peel01.htm> (Accessed on 11.09.2019).

12. *Schuster V.L., Punanova S.A., Kurysheva N.K.* A new approach to assessing the formation of the foundation // The current state of Earth sciences: Proceedings of the International Conference in Memory of V.E. Hain. Moscow: Geol. Faculty of MSU, 2011. P. 2116–2118. (In Russ.).