

## Исторические аспекты и современные подходы к прогнозу неструктурных ловушек нефти и газа

М.П. Юрова, Г.Ю. Исаева\*

Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва

E-mail: \*gelia08@yandex.ru

**Аннотация.** В статье кратко рассмотрена ретроспектива развития научно-методических основ прогноза неструктурных ловушек нефти и газа. Подчеркивается важность детального анализа всего разнообразия типов неструктурных ловушек и ведущих факторов их образования. Показано, что современный уровень геофизических методов изучения геологической среды позволяет оценить роль геологических (лито-фациальных, палеогеографических, палеогидродинамических и др.) факторов, обеспечивающих формирование залежей углеводородов в комбинированных ловушках, в том числе мало исследованных типов (гидродинамических, висячих, термических и др.).

**Ключевые слова:** неструктурные залежи углеводородов; стратиграфические, литологические, комбинированные ловушки нефти и газа.

**Для цитирования:** Юрова М.П., Исаева Г.Ю. Исторические аспекты и современные подходы к прогнозу неструктурных ловушек нефти и газа // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 3(26). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2019-26.art7>

Общеизвестно, что в основных нефтегазодобывающих регионах России в последние десятилетия снижается добыча углеводородов (УВ), исчерпывается фонд залежей, приуроченных к антиклинальным структурам. Поэтому одним из перспективных направлений увеличения добычи УВ в старых регионах, несомненно, являются поиск и разработка промышленно значимых по размерам неструктурных залежей нефти и газа.

Неструктурные залежи нефти и газа исследуются достаточно давно. А. И. Леворсен в 1936 г. обосновал основные закономерности формирования неструктурных ловушек, принципы их прогноза [1]. В первой половине 20-го века большой вклад в анализ условий нефтегазонакопления вне антиклинальных структур внесли наши соотечественники И. М. Губкин, И. О. Брод, М. В. Абрамович [2, 3 и др.]. В дальнейшем (вторая половина 20-го века) по многим нефтегазоносным бассейнам мира были выявлены и описаны неструктурные залежи различных типов [4–9]. В СССР полигоны по изучению многих типов ловушек сложного экранирования в различных геологических условиях были созданы в Западной Сибири (Правдинско-Усть-Балыкский), Предкавказье (Саратовский), Прикаспии (Коробковско-Нижнедобринский, Ровенско-Лебедевский), в Волго-Уральском

регионе (Покровско-Спиридоновский, Муханово-Ероховский, Усть-Черемшанский и др.) [4].

Во второй половине 20-го века большая работа была проведена по обоснованию классификаций неструктурных залежей, упорядочению терминологического аппарата их описания [2, 6, 9–11]. Не вдаваясь в детальный разбор известных классификационных разработок, отметим две их характерные особенности. Наиболее значимыми факторами практически во всех классификациях выступают тектонический, литологический, стратиграфический [11–13]. Табл. 1 содержит примеры месторождений, в образовании и сохранении которых главную роль играет тектоническая блочность.

Таблица 1

**Примеры месторождений, контролируемых тектоническим фактором с комбинацией факторов экранирования ED (по данным [12, 13])**

Месторождения	Структура	Стратиграфическая принадлежность	Глубина залегаания	Тип залежей	Флюид	Категория крупности
<b>Центрально-европейский НГБ</b>						
Слохтерен (Гронинген)	Купол с многочисленными нарушениями	Нижняя пермь	2800–2975	Пластовая сводовая с элементами тектонического экранирования	Газ	Гигантское 1870 млрд м <sup>3</sup>
Леман	Крупнейшая пологая нарушенная антиклиналь	Нижняя пермь	1900	Пластовая сводовая, экранированная разрывом	Газ	Крупнейшее 340 млрд м <sup>3</sup>
<b>Аквитанский НГБ</b>						
Мейон-Сен-Фо	Все три месторождения представляют собой различные блоки крупной антиклиналинали	Верхняя юра	4800–5150	Массивные сводовые тектонически экранированные	Нефть/газ	Крупное 80 млрд м <sup>3</sup>
Пон-д'Ас (газ)			4450–5170			
Руссе (газ)			4450–4850			
<b>НГБ Лос-Анжелес</b>						
Уилмингтон	Антиклиналь, разбитая на блоки	Нижний плиоцен, верхний миоцен, юра	779–2200	Пластовые, тектонически экранированные	Нефть	Крупнейшее 321 млн т

Вторая особенность классификационных разработок прошлого столетия состоит в следующем. По мере развития теоретического базиса, методических подходов к прогнозу неструктурных ловушек, обобщения результатов их строения все более очевидной стало проявление не одного, а совокупности факторов образования неструктурных залежей нефти и газа. Табл. 2 содержит ряд примеров, которые свидетельствуют о том, что в сопряжении литологического, стратиграфического, тектонического факторов сформированы многие гигантские и крупнейшие месторождения нефти и газа.

Таблица 2

**Примеры месторождений, контролируемых совокупностью геологических факторов экранирования углеводородов (по данным [12, 13])**

Месторождения	Структура	Стратиграфическая принадлежность	Глубина залегания	Тип залежей	Флюид	Категория крупности
<b>Джунгарский НГБ</b>						
Карамай	Моноклиальный борт бассейна, блоки, ограниченные разрывами	Палеоген, нижняя-средняя юра	700–2300	Стратиграфически, литологически, тектонически экранированные	Нефть	Крупнейшее 100 млн т
<b>НГБ Галф-Кост</b>						
Поса-Рика	Участок фациального замещения на крупном поднятии	Мел	2100–3088	Литологически экранированная	Нефть/газ	145 млн т /39 млрд м <sup>3</sup>
<b>Маракаибское НГБ</b>						
Боливар	Моноклираль, осложненная размывами	Олигоцен–миоцен	160–4500	Литологически стратиграфически и тектонически экранированные	Нефть	Уникальное 4300 млн т
Ламар	Гомоклираль, осложненная разрывами	Эоцен, палеоцен, мел	3966–5186	Литологически стратиграфически экранированные	Нефть	Крупнейшее 137 млн т
<b>Ориноковский НГБ</b>						
Кирикире	Зона выклинивания на складчатом борту бассейна	Миоцен–плиоцен	300–2520	Стратиграфически и литологически экранированные	Нефть	Крупнейшее 111 млн т
Офисина	Зона разрывов на гомоклинали	Олигоцен–миоцен	1100–2065	Тектонически и литологически экранированные	Нефть	83 млн т

Сахаро-Ливийский НГБ						
Хасси-Р`Мель	Куполовидное поднятие	Средний и верхний триас	2130–2400	Пластовая сводовая, частично тектонически экранированная	Газ/конденсат	Гигантское 1529 млрд м <sup>3</sup> , конденсат – 400 млн т

Отметим, что в настоящее время количество открытых гигантских и крупнейших месторождений УВ превысило тысячу, из них приурочены к стратиграфическим и комбинированным ловушкам более 19%. [11].

Комбинированные ловушки (их аналогом можно считать сложнопостроенные ловушки) все чаще становятся объектом исследований. При этом под термином «комбинированные ловушки» понимаются: замкнутые природные резервуары, сформированные благодаря совместному действию литологических, денудационных, структурообразующих процессов и приуроченные к зонам литологического замещения, стратиграфического выклинивания (либо срезания) в пределах плащевидных или зональных природных резервуаров любого генетического типа [9]. Надо добавить, что комбинированные ловушки, как правило, многопластовые и включают в себя залежи, приуроченные к антиклинальным структурам (или их частям).

В последние десятилетия отмечается еще одна тенденция: появление таких видов ловушек, выявление которых стало возможным благодаря развитию технологий изучения геологической среды. К ним, на взгляд авторов, относятся гидродинамические, диагенетические, термальные, «тонкие» и некоторые другие. Важно подчеркнуть, что теория поиска таких ловушек была разработана достаточно давно. Однако только с появлением современных методов изучения геологической среды (горизонтальное бурение, пассивная сейсморазведка, 3D и 4D сеймостратиграфическое моделирование), позволяющих выявлять мелкие детали в изменениях плотности, морфологии и насыщенности пород, стало возможным определять редкие виды неструктурных ловушек. Ловушки, образованные за счет вторичных эпигенетических процессов, теоретически исследуются в России достаточно давно [14]. Процессы выщелачивания, ионного обмена, дегидратации пород и органического вещества приводят к изменению параметров (геомеханических, прочностных, емкостных) флюидонасыщенных пластов, формируют очаговые зоны разуплотнения, которые становятся вмещителями УВ, образованных в

ближайшем окружении нефтегазоматеринских пород, выраженных локально; о масштабах подобных гидрогеохимических воздействий можно судить по геолого-промысловым наблюдениям [15, 16].

Большое внимание привлекают механизмы гидродинамического экранирования залежей УВ, как правило, на стыке фронтов элизионных и инфильтрационных вод [17]. Установлено, что на многих месторождениях-гигантах этот фактор сохранения УВ проявляется как основной (Даулетабад-Донмез, Прадхо-Бей, Уилмингтон и др.).

Итак, можно констатировать следующее: в настоящее время основной методологический принцип выявления неструктурных залежей – примат сейсмостратиграфического анализа и его комплексирования с детальным изучением петрофизических, геомеханических, емкостно-фильтрационных свойств пород-коллектора и покрышек; основной инструмент комплексирования – 3D моделирование.

При этом возможно дополнительное использование и других геологических и геофизических методов, что особенно важно в условиях негоризонтального залегания нефтегазоносных комплексов (смятия, дизъюнктивные дислокации, разрывных нарушений и др.). Например, на основе электрометрических параметров геологической среды возможно прогнозировать распространение пород-коллекторов и пород-экранов наиболее распространенных фаций: континентальной, прибрежно-морской и дельтовой обстановок осадконакопления [18].

Как пример внедрения современного подхода к выявлению неструктурных залежей (их морфологии, внутренней структуры, лито-фациального состава и генезиса) на основе сейсмогеологических работ в комплексе с анализом огромного объема кернового материала можно указать на достоверные модели формирования неструктурных залежей УВ в пределах Западной Сибири [19]. Подобный формат исследований можно считать наиболее оптимальным современным методическим решением при поисках неструктурных месторождений нефти и газа. Полученные результаты практической деятельности и в России, и за ее пределами говорят о том, что 3D сейсмостратиграфическое моделирование вкупе с уточнением характера вторичных изменений, детальным изучением физико-химических свойств коллекторов, палеогидродинамических условий также позволяют расширить работы по прогнозу таких неструктурных скоплений, как «тонкие», «шнурковые» и «висячие» залежи осадочного чехла, а также «очаговые» залежи УВ складчатого комплекса.

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. *Levorsen A.I.* Stratigraphic versus structural accumulation // American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1936. Vol. 20, No. 5. P. 521–530.
2. *Брод И.О.* Залежи нефти и газа. М.: Недра, 1951. 189 с.
3. *Губкин И.М.* Учение о нефти. 1-е изд. М.–Л.: ОНТИ, 1932. 444 с.
4. *Алексин А.Г., Гогенков Г.Н., Хромов В.Т.* и др. Методика поисков залежей нефти и газа в ловушках сложноэкранированного типа. Ч. 1. Геологические основы поисков скоплений углеводородов в ловушках сложного экранирования. М.: ВНИИОЭНГ, 1992. 231 с.
5. *Бакиров А.А., Бакиров Э.А., Мелик-Пашаев В.С., Юдин Г.Д.* Теоретические основы и методы поисков и разведки скоплений нефти и газа. М.: Высшая школа, 1976. 416 с.
6. *Ратнер В.Я., Булатов Н.Н., Зубова М.А., Польстер Л.А.* Залежи нефти и газа в ловушках неантиклинального типа: Альбом-справочник / Под ред. В.В. Семеновича. М.: Недра, 1982. 189 с.
7. *Wheeler H.E.* Time stratigraphy // American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1958. Vol. 42, No 5. P. 1047–1063.
8. *Wheeler H.E.* Baselevel, lithosphere surface and time-stratigraphy // Geological Society of America Bulletin. 1964. Vol. 75, No 7. P. 599–610.
9. *Гусейнов А.А., Гейман Б.М., Шук Н.С., Суриуков Г.В.* Методика прогнозирования и поисков литологических, стратиграфических, комбинированных ловушек нефти и газа. М.: Недра, 1988. 270 с.
10. *Wescott W.A., Hood W.C.* Hydrocarbon generation and migration routes in the East Texas basin // American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1994. Vol. 78, No.2. P. 287–307.
11. *Dolson J., Marfurt K., He Z., Horn B.W.* Advances and perspectives on stratigraphic trap exploration-making the subtle trap obvious // Papers of AAPG 2017 Middle East Region

Geosciences Technology Workshop, Stratigraphic Traps of the Middle East. Muscat, Oman. 2017. 11–13 December.

12. *Высоцкий И.В.* Справочник по нефтяным и газовым месторождениям зарубежных стран. М.: Недра, 1976. 600 с.

13. *Высоцкий И.В., Высоцкий В.И., Оленин В.Б.* Нефтегазоносные бассейны зарубежных стран. М.: Недра, 1990. 405 с.

14. *Холодов В.Н., Дементьев О.Ф., Петрова Р.Н.* Проблема формирования вторичной пористости в песчаных коллекторах элизионных бассейнов // Коллекторские свойства на больших глубинах: Сб. ст. / Под ред. Б.К. Прошлякова, В.Н. Холодова. М.: Наука, 1985. С. 58–72.

15. *Делия С.В., Абукова Л.А., Абрамова О.П., Попов С.Н., Воронцова И.В., Анисимов Л.А.* Особенности взаимодействия коллекторов, пластовых и технических вод при разработке нефтегазоконденсатного месторождения им. Ю. Корчагина // Нефтяное хозяйство. 2013. № 3. С. 18–22.

16. *Абукова Л.А., Иванова А.В., Исаева Г.Ю.* Технология автоматизированного выбора метода изучения минерального солеотложения в пластовых и скважинных условиях // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2002. № 5. С. 90–94.

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

18. *Муромцев В.С.* Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. Л.: Недра, 1984. 260 с.

19. *Шиманский В.В.* Закономерности формирования неструктурных ловушек и прогноз зон нефтегазонакопления в юрских и нижнемеловых отложениях Западной Сибири: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. СПб., 2003. 48 с.

## Historical aspects and modern approach to forecasting non-structural petroleum traps

M.P. Yurova, G.Yu. Isaeva\*

Oil and Gas Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow  
E-mail: \*gelia08@yandex.ru

**Abstract.** The paper briefly reviews the history of the development of research and methodological foundations of forecasting non-structural petroleum traps. The importance of the detailed analysis of the whole variety of the types of non-structural traps and the leading factors of their formation is emphasized. It is shown that the current level of the geophysical methods for studying of geological environment allows to evaluate the role of geological (lithofacies, paleogeographic, paleohydrodynamic, etc.) factors that ensure the hydrocarbon deposits formation in combined traps including the little-studied types (hydrodynamic, hanging, thermal, etc.).

**Keywords:** non-structural hydrocarbon deposits; stratigraphical, lithological, combined petroleum traps.

**Citation:** Yurova M.P., Isaeva G.Yu. Historical aspects and modern approach to forecasting non-structural petroleum traps // Actual Problems of Oil and Gas. 2019. Iss. 3(26). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2019-26.art7> (In Russ.)

### References

1. *Levorsen A.I.* Stratigraphic versus structural accumulation // American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1936. Vol. 20, No 5. P. 521–530.
2. *Brod I.O.* Petroleum deposits. Moscow: Nedra, 1951. 189 p. (In Russ.).
3. *Gubkin I.M.* The doctrine of oil. 1<sup>st</sup> ed. Moscow–Leningrad: ONTI, 1932. 144 p. (In Russ.).
4. *Aleksin A.G., Gogenkov G.N., Khromov V.T.* et al. The methodology for the search for oil and gas deposits in traps of complex screen type. Part 1. Geological foundations of searching for hydrocarbon accumulations in complex shielding traps. Moscow: VNIIOENG, 1992. 231 p. (In Russ.).
5. *Bakirov A.A., Bakirov E.A., Melik-Pashaev V.S., Yudin G.D.* Theoretical foundations and methods of prospecting and exploration of oil and gas accumulations. Moscow: Vysshaya Shkolva, 1976. 416 p. (In Russ.).
6. *Ratner V.Ya., Bulatov N.N., Zubova M.A., Polster L.A.* Oil and gas deposits in traps of non-anticlinal type: Album and reference guide / Ed. V.V. Semenovich. Moscow: Nedra, 1982. 189 p. (In Russ.).



7. *Wheeler H.E.* Time stratigraphy // American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1958. Vol. 42, No. 5. P. 1047–1063.
8. *Wheeler H.E.* Baselevel, lithosphere surface and time-stratigraphy // Geological Society of America Bulletin. 1964. Vol. 75, No 7. P. 599–610.
9. *Guseynov A.A., Geyman B.M., Shik N.S., Surtukov G.V.* Methods for predicting and searching for lithological, stratigraphic, combined oil and gas traps. Moscow: Nedra, 1988. 270 p. (In Russ.).
10. *Wescott W.A., Hood W.C.* Hydrocarbon generation and migration routes in the East Texas basin // American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1994. Vol. 78, No. 2 P. 287–307.
11. *Dolson J., Marfurt K., He Z., Horn B.W.* Advances and perspectives on stratigraphic trap exploration-making the subtle trap obvious // Papers of AAPG 2017 Middle East Region Geosciences Technology Workshop, Stratigraphic Traps of the Middle East. Muscat, Oman. 2017. 11–13 December.
12. *Visotskiy I.V.* Handbook of oil and gas fields of foreign countries. Moscow: Nedra, 1976. 600 p. (In Russ.).
13. *Visotskiy I.V., Visotskiy V.I., Olenin V.B.* Oil and gas basins of foreign countries. Moscow: Nedra, 1990. 405 p. (In Russ.).
14. *Kholodov V.N., Dementiev O.Ph., Petrova R.N.* The problem of secondary porosity formation in sand reservoirs of elizion basins // Collection properties at great depths. Moscow: Nauka, 1985. P. 13–26. (In Russ.).
15. *Delia S.V., Abukova L.A., Abramova O.P., Popov S.N., Vorontsova I.V., Anisimov L.A.* Features of collectors, underground and technical waters interaction during exploitation of Yu. Korchagin oil-gas-condensate field // Neftyanoe Khozyaystvo – Oil industry. 2013. Vol. 3. P. 18–22. (In Russ.).
16. *Abukova L.A., Ivanova A.V., Isaeva G.Yu.* The technology of automated selection of a method for studying mineral scaling in reservoir and borehole conditions // Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields. 2002. Vol. 5. P. 90–94. (In Russ.).
17. *Khodzhakuliev Ya.A., Abukova L.A.,* Paleohydrogeological studies in the search for oil and gas. Moscow: Nedra, 1985. 209 p. (In Russ.).
18. *Muromtsev V.S.* Electrometric geology of sand bodies – lithological traps of oil and gas. Leningrad: Nedra, 1984. 260 p. (In Russ.).

19. *Shimanskiy V.V.* Patterns of formation of non-structural traps and prediction of oil and gas accumulation zones in the Jurassic and Lower Cretaceous sediments of Western Siberia: Synopsis of doctoral thesis. St. Petersburg, 2003. 48 p. (In Russ.).