



УДК 552.578

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СЛАНЦЕВЫХ ФОРМАЦИЙ

GEOCHEMICAL STUDIES IN THE ANALYSIS OF THE PRODUCTIVITY OF SHALE FORMATIONS

Пунанова Светлана Александровна

доктор геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник,
главный научный сотрудник,
Институт проблем нефти и газа Российской академии наук
s_punanova@ipng.ru

Punanova Svetlana Aleksandrovna

Doctor of Geological
and Mineralogical Sciences,
Senior Researcher,
Chief Researcher,
Institute of Oil and Gas Problems
of the Russian Academy of Sciences
s_punanova@ipng.ru

Аннотация. В настоящее время на всех этапах поисково-разведочных работ широко внедряются геохимические методы прогноза и поиска углеводородных скоплений. Показаны практические возможности геохимических методов для оценки эффективной продуктивности тонких ловушек углеродсодержащих формаций на примере баженовских и доманиковых отложений России.

Annotation. Geochemical methods of forecasting and searching for hydrocarbon accumulations are currently widely implemented at all stages of exploration work. The practical possibilities of geochemical methods for assessing the effective productivity of thin traps of carbon-bearing formations are shown using the example of the Bazhenov and Domani deposits of Russia.

Ключевые слова: углеводородные системы, неантиклинальные ловушки, классификация, резервуары, нефтегазоносные комплексы.

Keywords: hydrocarbon systems, non-anticlinal traps, classification, reservoirs, oil and gas complexes.

Финансирование. Работа выполнена в рамках плана НИР ИПНГ РАН FMME-2025-0012 125021-2. *Фундаментальный базис инновационных, цифровых технологий прогноза, поиска, разведки и освоения нефтегазовых ресурсов (фундаментальные, поисковые, прикладные, экономические и междисциплинарные исследования до 2030 года).*

Введение

Геохимическим методам придается огромное значение, так как с их внедрением связано повышение эффективности нефтегазопоисковых работ, снижение затрат на поиски и разведку скоплений УВ. Геохимия стала обязательным элементом исследований при прогнозе, поисках, разведке и разработке месторождений нефти и газа. В настоящее время развивается резервуарная геохимия (термин М.В. Дахновой, [1]), геохимическое направление, которое в сочетании с геолого-геофизическими и промысловыми исследованиями может решать такие задачи, как: определение протяженности резервуаров; корреляция продуктивных пластов; определение экранирующей или флюидопроводящей роли разломов; идентификация работающего пласта при испытании скважин в процессе бурения; определение доли отдельных промысловых объектов в суммарной продукции скважин и др. Применение геохимических исследований с учетом результатов резервуарной геохимии помогает выявлять перспективные интервалы разреза углеродсодержащих формаций.

Особенности ловушек сланцевых формаций

Рассмотрим более детально прогноз расположения зон добычи нефтяных и газовых скоплений и оценку продуктивности сланцевых формаций, тем более, что к настоящему времени существует достаточно обширный и позитивный материал по этой проблеме, несмотря на то, что задача прогноза продуктивности углеродсодержащих (сланцевых) толщ до настоящего времени остается спорной. Отмечается [2], что обогащенные органикой радиоляритовые, сланцевые, карбонатные толщи баженовской, доманиковой, хадумской и куонамской свит, выявление залежей в которых является не только геологической, но и технологической задачей, обособляются в особую группу нестандартных ловушек.

Примеры гигантских протяженных ловушек в сланцевых формациях с большими запасами УВ отмечаются во многих регионах. К примеру, на американском континенте Формации Austin Chalk (рис. 1) Woodbinestone, Eagle [3, 4] – геологические образования на востоке Техаса, продуктивны на гигантском нефтяном месторождении Восточного Техаса (также известного как «Черный гигант»), из которого добыто более 5,42 миллиарда баррелей нефти. Формация Woodbinestone нефтематеринских сланцевых отложений на глубине около 1700 км простирается на территориях штатов Техас, Луизианы и Миссисипи на 500 км в длину и 50 км в ширину. Первые скважины были пробурены в 1920 г.,



сейчас же в основном проводят горизонтальное бурение. Woodbinestone залегает на сланцах Манесс (Maness), Будайском известняке (Buda Limestone) и более древних породах и является основой группы Eagle Ford Group или Austin Chalk.

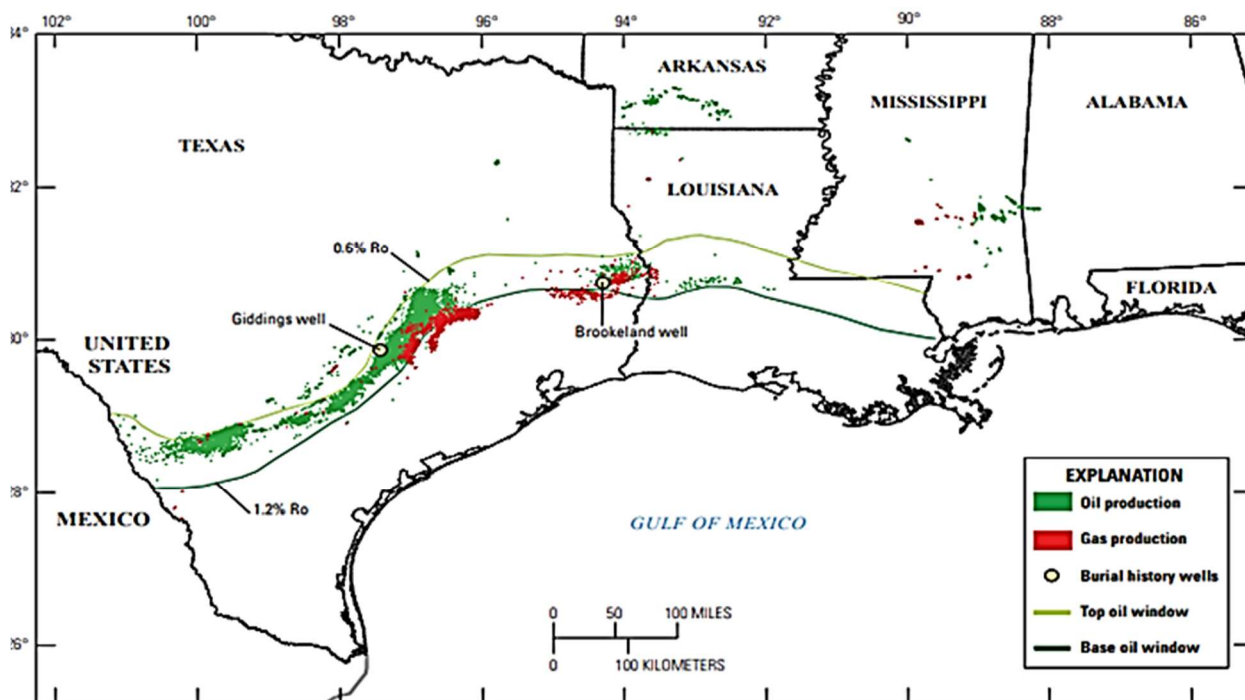


Рисунок 1 – Карта продуктивности формации Austin Chalk (бледно зелеными линиями показан интервал нефтяного окна по результатам коэффициента отражательной способности витринита для сланца Игл-Форд (Eagle Ford): кровля ($R_o = 0,6\%$) и основание ($R_o = 1,2\%$). Места добычи нефти и газа Остин-Чок (Austin Chalk) выделены зеленым и красным цветом, соответственно [3]

Сланцевые формации России в последние годы также активно исследуются с привлечением геохимических моделей их изучения.

Геохимические методы оценки продуктивности тонких ловушек углеродсодержащих формаций

В работе [5] сформулированы основные особенности и показатели интервалов-накопителей в сланцевых толщах на примере доманиковой формации Волго-Уральского и баженовских отложений Западно-Сибирского НГБ на основе обобщения большого фактического материала.

Остановимся далее на исследованиях, проведенных непосредственно автором, анализа битуминозных компонентам баженовских отложений, которые также свидетельствуют о возможности использования геохимических различий в составе ОВ сланцевых формаций для выводов об их продуктивности [6, 7]. В качестве генетических коррелятивов мы привлекли данные по компонентному составу битумоидов, а также содержанию микроэлементов (МЭ) в нефтях и битумоидах.

Сходство нефтей и сингенетичных битумоидов пород по распределению МЭ может свидетельствовать об участии этих толщ в процессах нефтеобразования. Для более обоснованного суждения о наличии в осадочном разрезе нефтематеринских отложений и возможности диагностировать нефтесборные интервалы разреза необходимо четко разделять битуминозные компоненты на автохтонные (сингенетичные) и эпигенетичные (*параавтохтонные*), как это было предложено и выполнено в предыдущих работах по доманику и баженовской свите.

Анализ состава битумоидов баженовской свиты по площади её распространения показал их значительную неоднородность, что позволило выделить две генетические разновидности. Первая, *сингенетичные автохтонные битумоиды*, характеризуется высокими значениями $S_{орг}$ при низких величинах β (коэффициент битуминозности $\beta = V / C_{орг},\%$, где V содержание битумоида) не более 7–8 %, высоким коэффициентом метаморфизма $k_i = (П + \Phi) / (n-C17 + n-C18)$ до 0,8, относительно высокой концентрацией и разнообразием различных кислородсодержащих структур при повышенной суммарной ароматичности. Отличается, как правило, высоким содержанием V, Ni, Co, Mo и других МЭ, связанных с асфальтово-смолистыми компонентами. Концентрация «подвижных» МЭ, тех, что ассоциируют с масляными УВ компонентами – Fe, Au, Pb, Cu и других, в них ниже. Вторая разновидность битумоидов *эпигенетичные, параавтохтонные битумоиды*, характеризуется повышенным β



(до 30 %), низкими величинами k_i (0,1–0,3), невысокой концентрацией кислородсодержащих соединений и суммарной ароматичностью по отношению к группам C_nH_2 *n*-алканов. В битумоидах этого типа практически не обнаружены порфирины. Распределение МЭ в эпигенетичных битумоидах отражает их миграционный характер, иногда контаминационный, они более подвижны, имеют, по сравнению с сингенетичными битумоидами, более низкие концентрации «тяжелых» МЭ.

Выводы

По результатам наших исследований любые перемещения флюидов внутри углеродсодержащих толщ приводят к изменению их состава, в частности к обогащению более подвижными (Au, As и Cu) и обеднению менее подвижными (V, Ni, Co, Mo, Zn) элементами и коррекции их соотношений. Выявленные особенности МЭ состава флюидов могут являться маркерами прогноза продуктивности резервуаров исследуемых формаций.

Список литературы:

1. Дахнова М.В. Применение геохимических методов исследований при поисках, разведке и разработке месторождений углеводородов // Геология нефти и газа. – 2007. – № 2. – С. 81–89.
2. Состояние проблемы поисков и перспектив выявления неструктурных ловушек углеводородов в основных нефтегазоносных провинциях России / А.И. Варламов [и др.] // Геология нефти и газа. – 2019. – № 3. – С. 9–22.
3. Прищепа О.М. Понятийная база и первоочередные объекты нетрадиционного углеводородного сырья / О.М. Прищепа, О.Ю. Аверьянова // Электронный научный журнал «Георесурсы, геэнергетика, геополитика». – 2014. – № 2(10).
4. Pearson K. Gas Resources – Upper Cretaceous Austin Chalk, U.S. Gulf Coast // U.S. Geological Survey, Reston. – Virginia, 2012.
5. Assessment of undiscovered technically recoverable oil and gas resources of the Bakken Formation, Williston Basin, Montana and North Dakota / R.M. Pollastro [et al.] // U.S. Geological Survey Open-File Report. – 2008. – P. 1353–1356.
6. Пуанова С.А. О классификационном разнообразии ловушек нефти и газа и геохимических критериях продуктивности сланцевых формаций // SOCAR Proceedings. – 2021. – Special Issue. – № 2. – С. 1–15.
7. Пуанова С.А. Особенности сланцевых формаций: протяженные ловушки и обогащенность рудными элементами // Булатовские чтения. Сборник статей. – 2021. – С. 77–81.
8. Пуанова С.А. Анализ и систематизация представлений о влиянии геолого-геохимических факторов на формирование и нефтегазоносность мегарезервуаров осадочных бассейнов // Актуальные проблемы нефти и газа. – 2023. – Вып. 3(42). – С. 49–67.

List of references:

1. Dakhnova M.V. Application of geochemical research methods in prospecting, exploration and development of hydrocarbon deposits // Geology of oil and gas. – 2007. – № 2. – P. 81–89.
2. The state of the problem of prospecting and prospects for identifying non-structural hydrocarbon traps in the main oil and gas provinces of Russia / A.I. Varlamov [et al.] // Geology of oil and gas. – 2019. – № 3. – P. 9–22.
3. Prishchepa O.M. Conceptual base and priority objects of unconventional hydrocarbon raw materials / O.M. Prishchepa, O.Yu. Averyanova // Electronic scientific journal «Georesources, geoenenergetics, geopolitics». – 2014. – № 2(10).
4. Pearson K. Gas Resources – Upper Cretaceous Austin Chalk, U.S. Gulf Coast // U.S. Geological Survey, Reston. – Virginia, 2012.
5. Assessment of undiscovered technically recoverable oil and gas resources of the Bakken Formation, Williston Basin, Montana and North Dakota / R.M. Pollastro [et al.] // U.S. Geological Survey Open-File Report. – 2008. – P. 1353–1356.
6. Punanova S.A. On the classification diversity of oil and gas traps and geochemical criteria for the productivity of shale formations // SOCAR Proceedings. 2021. Special Issue. № 2. P. 1–15.
7. Punanova S.A. Features of shale formations: extended traps and enrichment in ore elements // Bulatovskie readings. Collection of articles – 2021. P. 77–81.
8. Punanova S.A. Analysis and systematization of ideas about the influence of geological and geochemical factors on the formation and oil and gas potential of megareservoirs of sedimentary basins // Actual problems of oil and gas. – 2023. – Iss. 3(42). – P. 49–67.