

Conditions of Formation of Hydrocarbon Accumulations in Uplift-Thrust Structures in the East of the Southern Part of the PreUrals Foredeep

A.V. Osipov* (Gubkin Russian State University of Oil and Gas), V.Y. Kerimov (Gubkin Russian State University of Oil and Gas), N.B. Kuznetsov (Gubkin Russian State University of Oil and Gas), A.V. Bondarev (Gubkin Russian State University of Oil and Gas), R.N. Mustaev (Gubkin Russian State University of Oil and Gas), A.S. Nefedova (Gubkin Russian State University of Oil and Gas)

SUMMARY

The article describes the stages of development of the eastern side of the southern segment of the PreUrals foredeep and the zone of the Urals advanced folding zone and mechanisms for the formation of hydrocarbon accumulations in uplift-thrust structures of these zones. To restore the succession of the flow of shaggy-thrust processes, which are associated with the origin and development of the Urals advanced folding zone, the technology implemented in the Dynel software of Schlumberger was used. Based on the results of the research, a conceptual model for the formation of hydrocarbon accumulations in uplift-thrust and sub-slip zones has been created. It is shown that uplift-thrust dislocations should be considered as the most important oil and gas control elements in the region.

Условия формирования скоплений углеводородов во взбросо-надвиговых структурах на востоке южной части Предуральяского прогиба

А.В. Осипов* (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина), В.Ю. Керимов (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина), Н.Б. Кузнецов (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, ГИН РАН), А.В. Бондарев (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина), Р.Н. Мустаев (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина), А.С. Нефедова (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)

Исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Задания № 5.2907.2017/ПЧ на выполнение научно-исследовательской работы по проектной части государственного задания в сфере научной деятельности.

Нефтегазоносность Предуральяского прогиба (ПП) известна и многократно описана (Исмагилов и др., 2015; Соборнов, Бушуев, 1992; Соборнов, Ростовщиков, 1995; Керимов и др., 2013; Kerimov et al., 2015). Заложение и формирование ПП определяется палеозойскими субдукционными и обдукционными процессами, а также межконтинентальной коллизией, произошедшей в самом конце палеозоя при закрытии Уральского океана (Пучков, 2010 и др.). Широко развитые на юге восточного борта ПП пликативные дислокации (зона Передовых складок Урала – ПСУ) вместе с синколлизионными западновергентными взбросо-надвигами образуют структурно-парагенетические системы, сформированные в обстановках бокового сжатия. В их фронтальных и поднадвиговых частях установлены месторождения УВ сырья. Примерами таких месторождений на севере ПП является Вуктыльское месторождение газо-конденсата (Соборнов, Бушуев, 1992), а в южной части ПП – Ишимбайское нефтяное месторождение (Исмагилов и др., 2015) – первое месторождение нефти на Южном Урале. Это указывает на то, что распложенная на восточном борту ПП полоса развития взбросо-надвиговых дислокаций и связанные с ними складки ПСУ является вероятной зоной формирования скоплений УВ (Kerimov et al., 2015). Сейсмостратиграфические региональные модели не всегда дают четкое представление о строении восточного борта южной части ПП. Это связано с тем, что палеозойские толщи испытывают здесь подъем в сторону зоны ПСУ и в ее пределах выступают на поверхность, слагая специфическую складчатую структуру, осложненную взбросо-надвиговыми нарушениями (Рисунок 1).

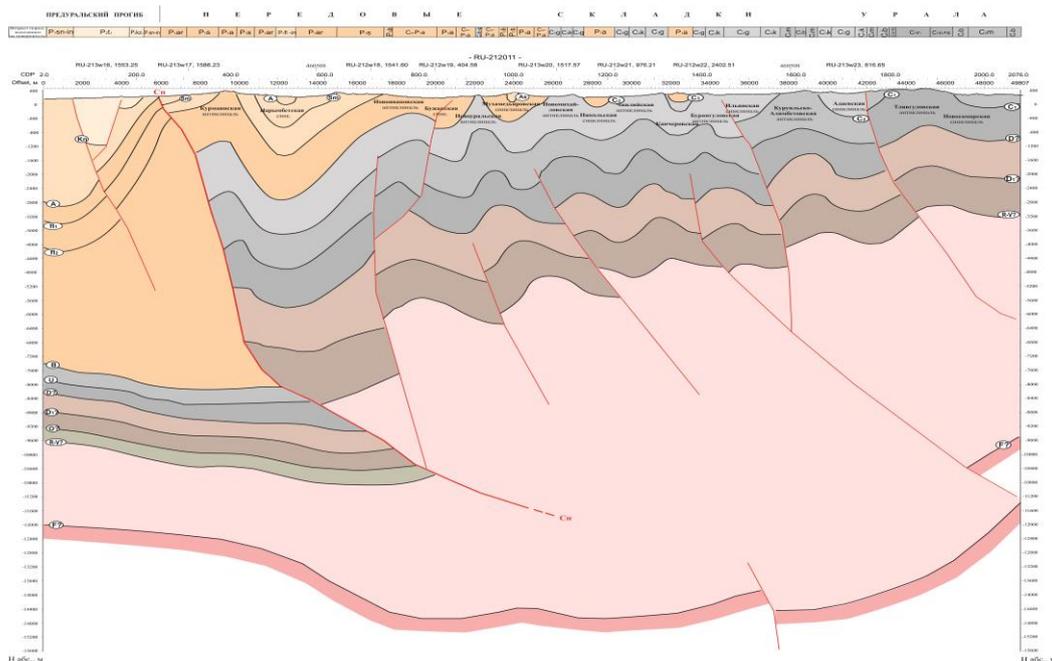


Рисунок 1 Сейсмогеологический разрез по широтному профилю, пересекающему восточный борт южного сегмента Предуральяского прогиба и зону Передовых складок Урала

Для восстановления последовательности протекания шарьяжно-надвиговых процессов, с которыми связано зарождение и развитие зоны ПСУ, нами использована технология, реализованная в ПО Dynel фирмы Schlumberger. Эта технология позволяет определять изменение архитектуры осадочных бассейнов в пространстве и во времени по средствам создания серии геомеханических реконструкции (палеопрофилей). Кроме того, технология дает возможность оценить развитие разломов. Все это позволяет сформировать представление о развитии активных сегментов разломов, судить о траекториях миграции УВ-флюидов и прогнозировать положение ловушек нефти и газа, которые могут представлять практический интерес. В целом, создание ретроспективной динамической структурной модели позволяет проследить всю эволюцию рассматриваемой части осадочного бассейна (или бассейна целиком), восстановить историю его геологического развития. В особенности это важно для районов с шарьяжно-надвиговым стилем строения, для которых становится возможным проследить эволюцию во времени отдельных структур и разрывных нарушений с целью оценки ловушек и определения объектов поисков и разведки на нефть и газ (Керимов и др., 2015; Kerimov, Rachinsky, 2016 и др. и др.). Геомеханическое моделирование геодинамической эволюции зоны ПСУ, с использованием ПО Dynel позволило нам выявить этапы развития разломов (Рисунок 2). Эти этапы сопоставлены с важнейшими рубежами геодинамического развития Южного Урала в палеозое. Кроме того, по результатам моделирования амплитуда разломов существенно увеличена по сравнению с известными интерпретациями. В частности, показано, что амплитуда разломов составляет не 66-75 м, а достигает 550 м.

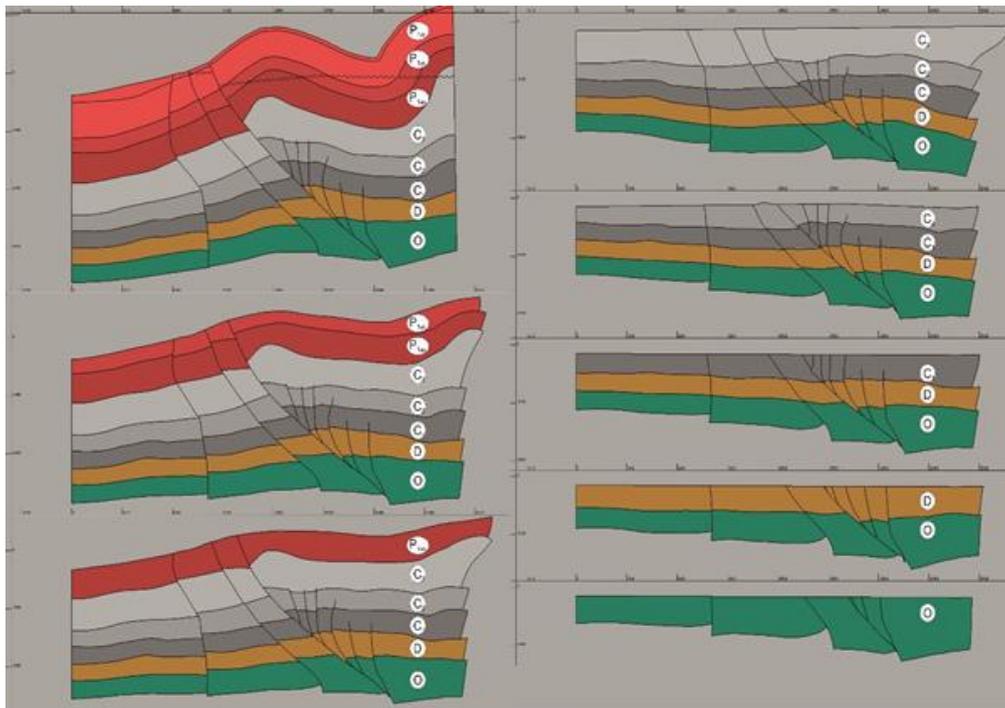


Рисунок 2 Геомеханические модели по профилю в крест простираения зоны Передовых складок

Зона ПСУ в тектоническом отношении принадлежат к Западно-Уральской мегазоне, а в формационном отношении является частью ПП. В геологическом строении ПСУ участвуют ордовикские (ордовикско-силурийские?), девонские, каменноугольные и нижнепермские стратифицированные образования. В ордовике-девоне на фоне осадконакопления формировались разрывы сбросового типа, связанные с процессами растяжения уральского края Восточно-Европейской платформы. С рубежа девона и карбона начали образовываться взбросы (в том числе и реверсивные – наследовавшие сместители сбросов, существовавших здесь в ордовике-девоне). В это время на южном Урале начался этап «мягкой коллизии» – этап коллизии типа «дуга-континент» (Пучков, 2010). Именно с этими процессами мы связываем начало образования в зоне ПСУ взбросов западной вергентности. В дальнейшем в

течение позднего палеозоя в зоне ПСУ эта система взбросов трансформировалась в систему Суреньского надвига, а также оперяющих его взбросов и ретро-надвигов. Поздний палеозой – это время герцинского орогенеза – уральской коллизии и образования эпипалеозойского Уральского орогена (Пучков и др., 2010). Мы полагаем, что именно с этими событиями связано формирование Суреньской взбросо-надвиговой системы. В пределах зоны ПСУ с ней структурно-парагенетически связана серия сопряженных гармоничных (в восточной части ПСУ) и дисгармоничных складок (в центральных и западных частях ПСУ). Типичными складчатыми формами в пределах зоны ПСУ являются длинные (до 60 км) узкие (до 2 км) линейные ундулирующие «эжектные» антиклинали северо-северо-западного или меридионального простирания с кулисным расположением осей. Западные крылья складок характеризуются более крутым падением, чем восточные. Эти антиклинали сопряжены с широкими корытообразными синклиналиями. Крылья крупных складок осложнены более мелкими складками и продольными надвигами западной вергентности и ретро-надвигами с западным падением сместителей – второстепенными разломами Суреньской взбросо-надвиговой системы. В пределах зоны ПСУ выделено четыре типа разломов: (1) сам Суреньский взбросо-надвиг; (2) разломы, оперяющие его; (3) – проникающие разломы (как и на западном борту ПП); (4) внутриформационные субвертикальные разломы. Важной характеристикой строения восточного борта ПП является наличие «многоэтажных» систем надвигов западной вергентности. По ним произошло многократное тектоническое «утолщение» (сдвигание, страивание и т.д.) разреза. Сюда же следует отнести выявленные ранее (Соборнов, Бушуев, 1992; Соборнов, Ростовщиков, 1995) тектонические «вдвиги» или пологие тектонические дуплексы – структуры типа «крокодильей пасти» во фронтальных частях отдельных надвигов. Системы поверхностей тектонического отслоения – детачментов, обуславливают крупноамплитудные горизонтальные смещения и формирование структурной дисгармонии верхних структурных уровней, по отношению к нижним (см. Рисунок 1). Высокая степень деформаций способствует формированию трещиноватости – тектонически обусловленной вторичной пористости и проницаемости, способной существенно улучшить емкость коллекторов. Это же может способствовать повышению проницаемости фидерных зон, обуславливающих вертикальные и горизонтальные перетоки УВ флюидов. Моделирование условий формирования УВ залежей в взбросо-надвиговых и поднадвиговых зонах и результаты геомеханического моделирования позволили создать концептуальную модель формирования скоплений УВ в этих зонах (Рисунок 3). Согласно этой модели, процесс формирования скопления УВ происходит в пять этапов: 1 – формирования осадочного комплекса; 2 – формирования взбросо-надвиговых дислокаций и ловушек в тектонически экранированных поднадвиговых складках; 3 – миграции УВ в ловушки; 4 – аккумуляции УВ в ловушках; 5 – консервации залежей УВ. Во взбросо-надвиговых зонах восточного борта ПП наряду известными факторами, контролирующими формирование скоплений УВ, выявлены дополнительные факторы, связанные с генерацией тепла и интенсивным дроблением пород – трещинообразованием за счет максимальных нормальных напряжений. Эти напряжения обусловлены коллизионным тектогенезом и выразились в образовании в толще осадочных пород в рассматриваемом районе зон субгоризонтальной расслоенности и активных дифференцированных движений (фронтальные надвиги и латеральное выдавливанием пластичных пород) по этим зонам. Протяженные разломы, ограничивающие снизу и сверху надвиговые пластины, служат путями миграции УВ-флюидов, которые облегчаются в результате резкого снижения давлений в зонах секущих разрывов. Создается контрастная обстановка с большим перепадом давлений, что способствует увеличению подвижности флюидов и обеспечивает их нагнетание и миграцию из областей повышенных давлений. Широкое развитие взбросов и надвигов связано с тем, что они, создавая области разгрузки, образуют благоприятный геофлюидодинамический режим и каналы, обеспечивающие миграцию и аккумуляцию УВ-флюидов. Как показывают исследования, в результате перестройки структурных планов осадочных бассейнов, в том числе взбросо-надвиговых тектонических процессов, происходит переформирование некоторых месторождений за счет латерального или вертикального восходящего перетока нефти и газа из первичных ловушек в новые. Таким образом, взросо-надвиговые дислокации, следует рассматривать как важнейшие нефтегазоконтролирующие элементы прокрово-складчатой структуры региона.

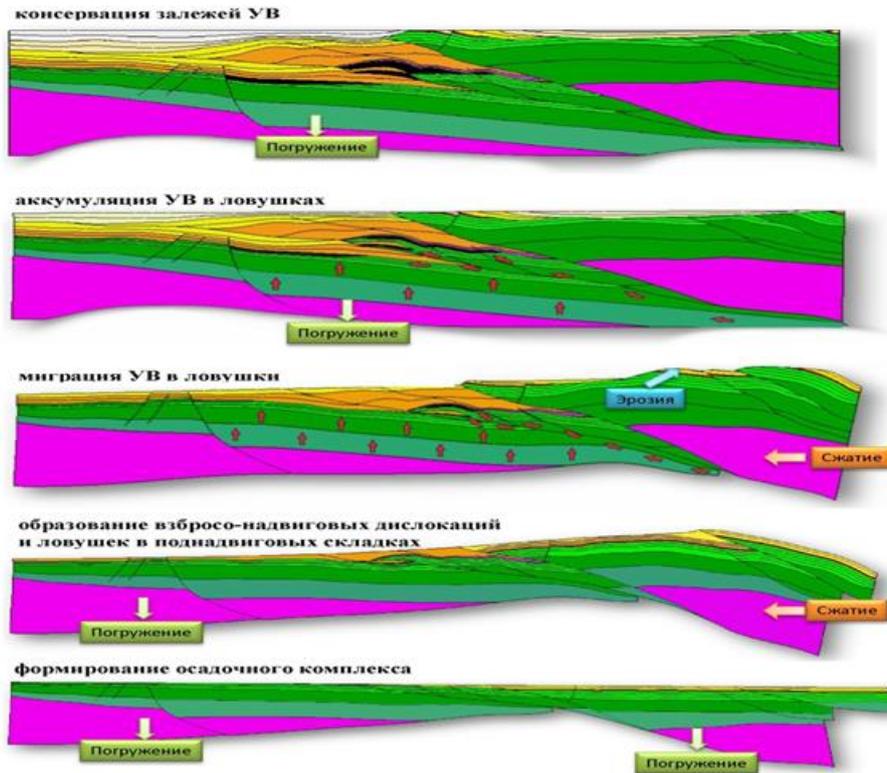


Рисунок 3 Концептуальная модель формирования скоплений УВ во взбросо-надвиговых структурах (по материалам В.Ю. Керимова, К.О. Соборнова, В. Wygrala и компании Schlumberger)

Библиография

1. Исмагилов Р.А., Фархутдинов И.М., Фархутдинов А.М., Хайрулина Л.А. Тектоника и перспективы нефтегазоносности зоны сочленения Юрюзано-Сылвенской депрессии и Уфимского амфитеатра // Георесурсы. – Москва, 2015. - 3(62), Т.2.
2. Керимов В.Ю., Карнаухов С.М., Горбунов А.А., Лавренова Е.А., Осипов А.В. Прогноз нефтегазоносности южной части Предуралья по результатам моделирования генерационно-аккумуляционных углеводородных систем // Геология нефти и газа. – Москва, 2013. - №6. - С. 21-28.
3. Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Сенин Б.В., Лавренова Е.А. Задачи бассейнового моделирования на разных этапах геолого-разведочных работ // Нефтяное хозяйство. – Москва, 2015. - №4. - С. 26-29.
4. Соборнов К.О., Бушуев А.С. Кинематика зоны сочленения Северного Урала и Верхнепечорской впадины // Геотектоника. – Москва, 1992. - № 1. - С. 39-51.
5. Соборнов К.О., Ростовщиков В.Б. Новые направления поисков нефти и газа в поясе надвигов Северного Урала // Геология нефти и газа. – Москва, 1995. - №6.
6. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). - Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. –280 с.
7. Guliev I.S., Kerimov V.Yu., Mustaeв R.N. Fundamental Challenges of the Location of Oil and Gas in the South Caspian Basin // Doklady Earth Sciences. – Moscow, 2016. - Vol. 471, Part 1. - PP. 1109–1112.
8. Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. Geo-fluid dynamic concept of hydrocarbons accumulation in natural reservoirs // Doklady Earth Sciences. – Moscow, 2016. - Vol. 471, Part 1. - PP. 1123–1125.
9. Kerimov V.Yu., Gorbunov A.A., Lavrenova E.A., Osipov A.V. Models of Hydrocarbon Systems in the Russian Platform - Ural Junction Zone // Lithology and Mineral Resources. – Moscow, 2015. - V. 50. № 5. - PP. 394-406.

Bibliography

1. Ismagilov R.A., Farkhutdinov I.M., Farkhutdinov A.M., Khayrulina L.A. Tektonika i perspektivy neftegazonosnosti zony sochleneniya Yuryuzano-Sylvenskoy depressii i Ufimskogo amfiteatra // Georesursy. – Moskva, 2015. - 3(62), T.2.
2. Kerimov V.Yu., Karnaukhov S.M., Gorbunov A.A., Lavrenova E.A., Osipov A.V. Prognoz neftegazonosnosti yuzhnoy chasti Predural'skogo progiba po rezul'tatam modelirovaniya generatsionno-akkumulyatsionnykh uglevodorodnykh sistem // Geologiya nefti i gaza. – Moskva, 2013. - №6. - P. 21-28.
3. Kerimov V.Yu., Mustaev R.N., Senin B.V., Lavrenova E.A. Basin modeling tasks at different stages of geological exploration // Neftyanoe khozyaystvo - Oil Industry. – Moscow, 2015. - №4. - PP. 26-29.
4. Sobornov K.O., Bushuev A.S. Kinematika zony sochleneniya Severnogo Urala i Verkhnepechorskoy vpadiny // Geotektonika. – Moskva, 1992. - № 1. - P. 39-51.
5. Sobornov K.O., Rostovshchikov V.B. Novye napravleniya poiskov nefti i gaza v poyase nadvigov Severnogo Urala // Geologiya nefti i gaza. – Moskva, 1995. - №6.
6. Puchkov V.N. Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii). - Ufa: DizaynPoligrafServis, 2010. – 280 p.
7. Guliev I.S., Kerimov V.Yu., Mustaev R.N. Fundamental Challenges of the Location of Oil and Gas in the South Caspian Basin // Doklady Earth Sciences. – Moscow, 2016. - Vol. 471, Part 1. - PP. 1109–1112.
8. Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. Geo-fluid dynamic concept of hydrocarbons accumulation in natural reservoirs // Doklady Earth Sciences. – Moscow, 2016. - Vol. 471, Part 1. - PP. 1123–1125.
9. Kerimov V.Yu., Gorbunov A.A., Lavrenova E.A., Osipov A.V. Models of Hydrocarbon Systems in the Russian Platform - Ural Junction Zone // Lithology and Mineral Resources. – Moscow, 2015. - V. 50. № 5. - PP. 394-406.