

И. С. ГОЛЬДБЕРГ

ТВЕРДЫЕ БИТУМЫ В НЕФТЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ ПРИБАЛТИКИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТАДИЙНОСТИ МИГРАЦИИ НЕФТИ

(Представлено академиком А. А. Трофимуким 6 VII 1971)

Для выяснения условий и времени формирования месторождений принципиальное значение имеет определение в нефтеносных и экранирующих пластах всей гаммы углеродистых соединений, фиксирующих сложную историю развития залежей. В этой связи представляет интерес обнаружение широкого спектра твердых битумов на ряде нефтеносных площадей Прибалтики, где битумы локализованы как в подошве нефтенасыщенной части песчаников среднего кембрия (Красноборская, Куликовская площади), так и, значительно шире, в глинисто-карбонатной ордовикской крышке (Ушаковская, Красноборская, Гусевская, Кулдигская, Нестеровская площади), прослеживаясь в зонах нарушений вплоть до низов силура (Красноборская).

Морфология и условия залегания твердых битумов весьма разнообразны. В кембрийских песчаниках на Красноборском месторождении слой твердого битума залегает в подошве остаточной нефтенасыщенной части пласта, где битум базально цементирует зерна кварца (поровый цемент) и составляет, по замерам в шлифах, 8–12% породы. Размеры пор, выполненные битумом, колеблются от 0,02 до 0,4 мм. На Куликовской площади слой с твердым битумом, также подстилающий нефтенасыщенные песчаники, образован чередованием прослоев среднезернистых песчаников с поровым цементом, представленным твердым битумом, и песчаников с регенерационным кварцевым цементом. При этом битум не попадает в регенерационные каемки кварца, т. е. регенерация проходила до насыщения пласта нефтью, превращенной позднее в твердый битум.

В породах крышки, экранирующей кембрийские залежи (Красноборское, Ушаковское месторождения), скопления твердых битумов прослеживаются начиная с базального конгломерата и глауконитового песчаника тремадока, при основной концентрации проявлений в нижней 20–25-метровой части разреза ордовика (до таллинского горизонта включительно). Наряду с выполнением густой сети тонких (от долей миллиметра до 2–3 мм) трещин, вертикальных или близких к вертикальным, битум локализуется в отдельных прослоях перекристаллизованных карбонатных пород мощностью от 0,05 до 0,15 м. Совместно с твердым битумом иногда наблюдаются трещины, заполненные жидкой нефтью, или слабо нефтенасыщенные прослои известняков.

Почти повсеместно вокруг выделений битума среди красноцветных пород волховского и кундского горизонтов нижнего ордовика развиты зеленовато-серые ореолы. Полосы осветления отчетливо трассируют положение битумных трещин, превосходя ширину последних в 5–10 раз.

В трещинах битум часто находится в ассоциации с карбонатом. При микроскопическом изучении в шлифах отмечается несколько генераций трещин. Наиболее ранние минеральные трещины выполнены средне-крупнозернистым кальцитом и доломитом. Ширина их изменяется от 15 до 2000 мк; объемная плотность (T_m) достигает 550 м⁻¹. Битумные трещины обычно унаследуют простирание минеральных, реже пересекают их под

Таблица 1

Характеристика твердых битумов из нефтеносных площадей Прибалтики по результатам изучения их отражательной способности (R) и показателя преломления (N)

Нефтеносная площадь	Сква- жина	№ обр.	Горизонт Глубина, м	Условия нахождения битума	$R_{\text{ср}}^B$, %	N	R_B^* , %	Предполагаемый класс и группа битума
Краснобор- ская	Р-2	2-К/1	$\frac{Cm_2ts}{2015-2013}$	Битум в песчаниках базально цемен- тирует зерна кварца	5,1	—	—	Асфальтит — асфальт
		2-К/3	$\frac{O_1vl}{1948,5}$	Включения черного твердого битума в тонких трещинах, секущих доломиты	7,0—7,4	1,761	7,6—7,7	Керит (низший импсонит)
Ушаковская	Р-1	1-У/1	$\frac{O_1vl}{2151,4-2152,4}$	Включения черного твердого битума в трещинах, секущих доломиты	7,0—8,0	1,761	7,6—7,4	Керит (низший имп- сонит)
		Р-2	112У	$\frac{O_2tl}{2112,5}$	Включения черного битума в трещи- нах и микроавернах известняков	7,3—7,6	—	—
Куликов- ская	Р-1	1-КУ/1	$\frac{Cm_2ts}{2414-2416}$	Битум в песчаниках базально цемен- тирует зерна кварца	6,0	—	—	Асфальтит — альбертит
Гусевская	Р-7	7-Г/12	$\frac{O_1vl}{1570-1565}$	Битум в трещинах (до 1 см), секущих доломиты	7,1 — I генерация	1,774	7,7—7,8	Керит (низший импсо- нит)
				5,0 — II генерации	—	—	Асфальтит — асфальт	
		7-Г/13	$\frac{O_2tl}{1546}$	Битум в трещинах, секущих извест- няки	7,5	1,746	7,4—7,5	Керит (низший имп- сонит)
	Р-11	11-Г/5	$\frac{S_1w}{1564-1565}$	«Лепешка» твердого битума в мергеле	5,7	1,674	6,4	Асфальтит — альбертит

* Наиболее вероятные значения отражательной способности, соответствующие измеренным показателям преломления.

Т а б л и ц а 2

Спектроскопическая характеристика твердых битумов класса керитов и асфальтенов из нефтей Красноборского и Гусевского месторождений

Паспорт образца					D_v				D_{1600}/D_{2950}
нефтеносная площадь	скважина	возраст	глубина, м	характеристика обр. *	$v = 2930$	$v = 1700$	$v = 1600$	$v = 720$	
Красноборская	P-1	См ₂	1932—1940	Асфальтены из нефти d_4^{20} 0,8311 (1,81)	0,77	0,03	0,10	0,02	0,13
	P-2	»	1950—1957	То же, d_4^{20} 0,8527 (4,63)	0,61	0,07	0,20	0,02	0,33
	»	»	1960—1964	То же, d_4^{20} 0,8910 (9,11)	1,14	0,12	0,22	0,07	0,19
Гусевская	P-6	O ₁	1530—1536	То же, d_4^{20} 0,8521 (4,1)	0,82	0,10	0,15	0,02	0,18
	P-7	—	—	Керит	1,46	—	0,44	0,08	0,30
	»	—	—	Керит (нижний импсонит)	0,84	0,08	0,42	0,07	0,50
Красноборская	P-2	—	—	То же	0,80	0,10	0,34	0,05	0,42

* В скобках — содержание асфальтенов (%).

различными углами. Объемная плотность битумных трещин (T_e) варьирует в пределах структур и по разрезу, достигая на отдельных участках, сопряженных с разрывами, 900—1100 м⁻¹ (Красноборская, скв. № 2; Ушаковская, скв. №№ 1; 3). В этих интенсивно трещиноватых зонах ордовикской покрышки, до заполнения трещин битумом, трещинная проницаемость («палеопроницаемость») составляла 85—110 мдарси. Если учитывать минеральные трещины, то она была еще выше, т. е. такая покрышка не могла сохранить от разрушения современные кембрийские залежи нефти на Красноборском и Ушаковском месторождениях. Значительно меньше распространены более поздние минеральные и открытые микротрещины, по которым в проходящем у.-ф. свете под люминесцентным микроскопом МЛ-2 наблюдается интенсивное голубое свечение, аналогичное свечению нефтеносных песчаников продуктивного кембрийского горизонта.

Твердые битумы в экранирующих породах распространены шире контуров современных кембрийских залежей (Красноборская, Ушаковская) или остаточных скоплений нефти (Гусевская). Битумные аномалии, как правило, трассируют трещиноватые зоны, связанные с разрывами.

В связи со сложностью выделения битума в чистом виде для диагностики его химическими методами определение класса твердых битумов, выполненное Г. М. Парпаровой и Б. А. Лебедевым, производилось при помощи углепетрографических методов исследования (табл. 1). Полученные результаты измерений сравнивались с отражательной способностью и показателями преломления ранее изученных образцов твердых битумов разных классов. По этим показателям в залежах выделяются две генерации твердых битумов (табл. 1).

Проведенное Е. М. Файзуллиной изучение химической структуры твердых битумов методом и.-к. спектроскопии показало, что степень окисленности твердых битумов очень незначительна. Судя по спектрам, содержание кислорода составляет не более 1%. По интенсивности полос поглощения 1600 и 2930 см⁻¹ в спектрах твердых битумов было измерено отношение оптических плотностей D_{1600}/D_{2950} , которое, как установлено (1),

является строго определенным для каждого генетического класса. Полуколичественный анализ подтвердил данную диагностику битума по отражательной способности и показателям преломления.

Наличие в ассоциации с легкой (0,83–0,85) нефтью целой гаммы твердых битумов, часть из которых характеризуется высокой степенью карбонизации, без заметных следов метаморфизма вмещающих пород, может быть связано только с неоднократным формированием и разрушением нефтяных залежей. Более того, возможность сохранения современных кембрийских залежей (Красноборская, Ушаковская) в значительной степени определила ранняя генерация (порция) нефти, обусловившая резкое улучшение экранирующих свойств ордовикской покрывки за счет цементации трещин твердым битумом. В этой связи «высокометаморфизованные» разности битумов в породах — покрывки рассматриваются как следы разрушения первично существовавших скоплений нефти, формирование которых, судя по времени образования вмещающих их ловушек ⁽²⁾, могло происходить не ранее конца каледонского цикла (верхний силур — нижний девон). Однако сам механизм образования высших керитов без участия процессов термального метаморфизма еще не достаточно ясен. Существуют представления ⁽³⁾, что источником таких битумов являются асфальтены нефтей, которые выпадают в виде коллоидов при смещении в залежах и каналах миграции легких углеводородов (и в частности жидких газов) с нефтями, относительно обогащенными асфальтенами, подобно тому как происходит осаждение асфальтенов в лабораторных условиях. Проведенное при помощи и.к. метода сравнительное изучение асфальтенов из кембрийских и ордовикских нефтей Красноборского и Гусевского месторождений и обнаруженных на этих же площадях твердых битумов показало сходство их химической структуры (табл. 2).

Можно предполагать, что при разгрузке углеводородов по трещиноватым зонам в покрывке из первично сформировавшихся скоплений в среднекембрийском горизонте происходило отложение в каналах миграции преимущественно полярных асфальтово-смолистых компонентов. Более легкая часть нефти скапливалась в верхних горизонтах и частично рассеивалась на путях миграции. Последующее изменение битумов происходило, очевидно, при участии новых порций углеводородов, поступавших в ловушку. В процессе дегазации нефтей, которая подтверждается их низкой газонасыщенностью (до 10 м³/м³), а также резким преобладанием в составе газов тяжелых углеводородов над метаном, битумы, цементирующие трещины в покрывке, обогащались асфальтенами и карбоидами за счет потери (выноса) растворимых соединений.

Образование асфальтового слоя в подошве остаточной нефтенасыщенной песчаников среднего кембрия ниже продуктивной части пласта (на Красноборском месторождении этот слой залегает на абсолютных отметках — 1971 — 1976 м, при современном положении водонефтяного контакта на отметках — 1914,5) происходило, очевидно, в ранее предельно заполненной ловушке, т. е. у «древнего» водонефтяного контакта. Отсутствие твердых битумов на ряде площадей Прибалтики (Гаргждайская, Вилькичская, Плунгская) может быть связано с одноактивным заполнением этих ловушек последними порциями углеводородов, что подчеркивается геохимическим единством нефтей указанных групп месторождений при различии их физико-химических показателей и неодинаковой степени нефтенасыщенности продуктивного кембрийского пласта.

Всесоюзный нефтяной научно-исследовательский
геологоразведочный институт
Ленинград

Поступило
27 V 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Е. М. Файзуллина. Химия твердого топлива, № 1 (1969). ² И. С. Гольдберг, Н. М. Руховец. Геология нефти и газа, № 1 (1970). ³ К. Б. Аширов, Тр. Гипровостокнефть, в. 9 (1965).