

Распределение ароматических углеводородов в разрезе отложений нефтегазоносных комплексов (на примере месторождений Красноленинского свода)

© Ю. В. Коржов¹, В. И. Исаев², А. А. Жильцова³, О. В. Латыпова⁴, 2013

¹Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

³Центр геологического сопровождения деятельности ОАО "Сургутнефтегаз", Сургут, Россия

⁴ГУП "Научно-аналитический центр рационального природопользования им. В. И. Шпильмана", Ханты-Мансийск, Россия

Поступила 14 мая 2012 г.

Представлено членом редколлегии В. И. Старостенко

На основі унікальних геохімічних досліджень зразків ядерного матеріалу двох розвідувальних свердловин встановлено міжпластове переміщення важких нафтових вуглеводнів у розрізі Рогожниковського і Північнорогожниковського родовищ Красноленинського склепіння (Західний Сибір). Побудовано геохімічну модель вертикальної міграції цих вуглеводнів, у якій визначено сполуки, що здатні до міжпластової міграції, запропоновано форму міграції й оцінено дальність переміщення речовин у розрізі. Дальність вертикальної міжпластової міграції дає змогу рекомендувати їх аномальні концентрації як прямі пошукові ознаки. Виявлено міграцію нафтових вуглеводнів із осадового чохла у відкладі фундаменту.

On the base of unique geochemical studies of the core samples from two exploration wells interstratal movement of heavy oil hydrocarbons has been revealed in the section of Rogozhnikov and North-Rogozhnikov deposits of the Krasnoleninsk dome (West Siberia). Geochemical model of vertical migration of heavy oil hydrocarbons has been plotted where those compounds have been distinguished which are capable of interstratal movement, the form of migration has been proposed and the distance of movement of substances in the section has been estimated. The distance of vertical interstratal migration of aromatic hydrocarbons makes it possible to recommend their anomalous concentrations as direct prospecting criteria. Migration of oil hydrocarbons from the sedimentary cover to basement deposits has been revealed.

Введение. Вертикальная миграция газообразных $C_1—C_4$ и легких $C_5—C_8$ углеводородов (УВ) от залежи к поверхности считается возможной и доказанной, наличие геохимических аномалий этих веществ в приповерхностных отложениях относят к показателям (признакам) нефтегазоносности разреза [Справочник ..., 1998]. В то же время возможно вертикальное перемещение УВ состава $C_8—C_{40}$ в надпродуктивные и приповерхностные отложения. Однако связь выявляемых аномальных полей

тяжелых УВ с глубинными нефтегазовыми залежами остается недоказанной. Существующие теоретические физико-химические, петрофизические модели нефтяных залежей указывают на возможность, но не доказывают факт наличия аномалий тяжелых УВ, продуцируемых залежами, в приповерхностных горизонтах нефтеносных территорий [Коржов и др., 2011].

Цель исследований — экспериментальное установление возможности и механизма вертикальной миграции тяжелых нефтяных УВ со-

става $C_8—C_{40}$ от нефтяной залежи к поверхностным горизонтам разреза и, как следствие, обоснование новых надежных, стабильных во времени, прямых геохимических показателей (поисковых признаков) наличия в недрах залежей нефти и газа.

Рассмотрение картины перемещения УВ-флюидов от нефтяной залежи в вышележащие отложения выполнено на основе детального по- слойного изучения над- и подпродуктивных отложений, вскрытых разведочными скважинами, на содержание и молекулярно-массовое

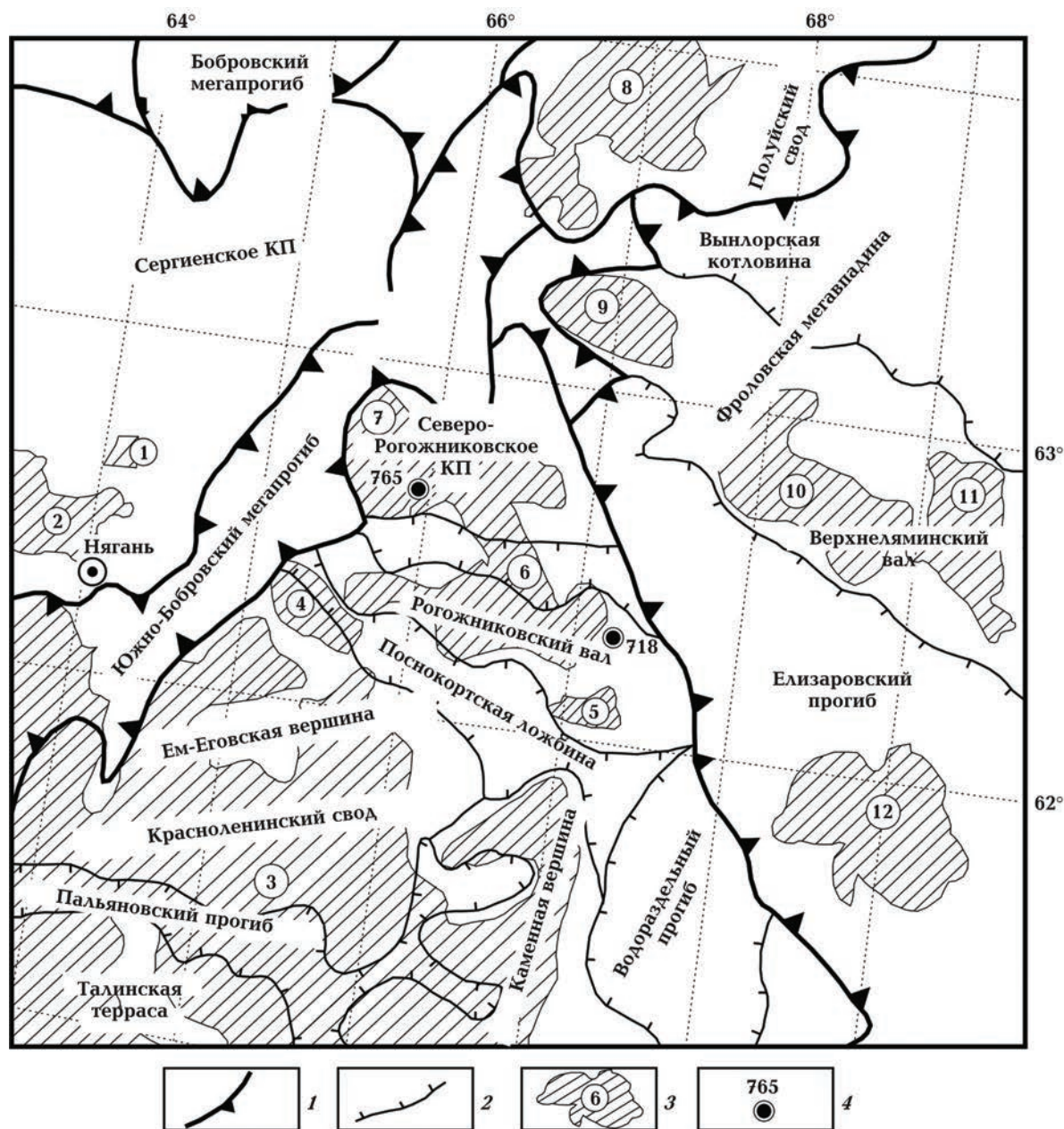


Рис. 1. Положение Рогожниковского и Северо-Рогожниковского месторождений на схематической тектонической карте центральной части Западно-Сибирской плиты, на основе [Атлас ..., 2004]: 1 — границы тектонических структур I порядка; 2 — границы внутреннего районирования; 3 — разрабатываемое месторождение углеводородов и его номер (1 — Каремпостское, 2 — Песчаное, 3 — Красноленинское, 4 — Поснокортское, 5 — Южно-Рогожниковское, 6 — Рогожниковское, 7 — Северо-Рогожниковское, 8 — Большое, 9 — Центральное, 10 — Назымское, 11 — Апрельское, 12 — Средне-назымское); 4 — исследуемая скважина и ее номер.

распределение (ММР) нефтяных компонентов. Изучался керновый материал продуктивной (давшей притоки УВ) скв. Северо-Рогожниковская-765 и непродуктивной скв. Рогожниковская-718. Получено представление об углеводородном фоне осадочных отложений и более обоснованно прослежена миграция нефтяных УВ-флюидов.

Краткая характеристика объекта исследований. Рогожниковское и Северо-Рогожниковское месторождения в административном отношении находятся в Октябрьском районе Ханты-Мансийского автономного округа в 100 км восточнее г. Нягань (рис. 1).

Нефтеносность месторождений [Атлас..., 2004] связана с продуктивными комплексами мезозойского возраста: доюрским (отложения триаса); средне- и верхнеюрским (тюменская свита tm — пласты ЮК₂₋₆, абалакская ab — ЮК₁, тутлеймская свита tl — ЮК₀); апт-сеноманским (викуловская свита vk — пласт ВК₁).

Коллекторы триасовых и нижнесреднеюрских отложений образуют единую в гидродинамическом отношении зону нефтенакпления. Нефтеносность данных отложений связывают с вертикальным перераспределением УВ из верхнеюрских отложений. Ожидаемыми видами межпластовой миграции УВ могут быть нисходящее перемещение по трещинам и кавернам и диффузионное перераспределение. Нефтеносность апт-сеноманского комплекса связана с викуловской свитой, заполнение залежей которой могло происходить в результате восходящих межпластовых перетоков из верхнеюрских нефтематеринских отложений.

Для исследований были отобраны образцы кернового материала скв. Северо-Рогожниковская-765 (20 образцов из средне- и верхнеюрского, апт-сеноманского комплексов и палеозойского осадочно-вулканогенного образования) и скв. Рогожниковская-718 (8 образцов апт-сеноманского комплекса и палеозойских отложений).

Методика химико-аналитических исследований. Пробы керна после детальной литологической и текстурной характеристики, определения наличия микрофаунических остатков, следов битуминозности и нефтепроявлений измельчали в лабораторной щековой дробилке до зернения менее 2 мм, перемешивали и направляли на аналитические исследования.

Навеску образца 40—50 г экстрагировали в колбе на 100 мл с притертой пробкой смесью *n*-гексан : хлороформ (объемная доля 80 : 20 %) дважды по 30 мл при энергичном перемешивании в течение 10 мин. После фильтрации экс-

тракта на анализ отбирали аликвоту, которую концентрировали до 1 мл отгонкой на ротационном испарителе при 40 °С.

Специальные количественные эксперименты показали, что данная схема позволяет выделить из образцов алевролитов при однократной экстракции до 90—95 % УВ рядов *n*-алканов C₉—C₄₀, алкилбензолов C₉—C₃₃, нафталинов C₁₀—C₁₃, фенантронов C₁₄—C₁₆ [Иванова и др., 2007]. В экстракте по второй ступени указанные соединения находятся на грани чувствительности метода хромато-масс-спектрометрии, а при третьей экстракции чистым хлороформом — не обнаруживаются методом хроматографии. Тетра- и пентаароматические УВ могут экстрагироваться при двукратной экстракции *n*-гексан : хлороформом (объемная доля 80 : 20 %) не полностью.

Анализ экстрактов проведен на хромато-масс-спектрометре фирмы PerkinElmer Clarus 500MS. Аналитическая колонка 30 м × 0,25 мм × 0,2 мкм Elite-5MS. Программирование температуры термостата 40 °С (5 мин) — 5 °С/мин — 310 °С (20 мин), температура инжектора 220 °С, трансферлайна — 300, источника электронов — 190 °С, энергия электронов 70 эВ.

Идентификацию веществ проводили по относительным временам удерживания и характеристическим ионам. Концентрацию компонента рассчитывали из исходной хроматограммы по внутреннему градуировочному стандарту — аценафтену-d10.

Оцененная точность определения УВ в семи образцах породы составила (отн. ед. — в %): для диапазона концентраций 0,005—0,010 мг/кг — 33%; 0,011—0,015 мг/кг — 30%; 0,90—1,30 мг/кг — 20%. Характеристика органического вещества исследованных проб керна приведена в таблице.

Концептуальные допущения, положенные в основу исследований. В качестве индикаторов миграции приняты концентрации УВ в интервале C₈—C₄₀, присущие нефтяным флюидам, наиболее устойчивые к выветриванию и окислению [Исаев и др., 2006]:

- алкилбензолы с одним заместителем нормального строения C₈—C₃₄;
- биароматические соединения с нафталиновым ядром, включая нафталин, 1-, 2-метилнафталины, 10 изомеров диметилнафталинов;
- триарены с фенантроновым ядром, включая фенантрен, 9-, 2-, 3-, 1-метилфенантроны.

Выяснение объективной картины межпластового перемещения УВ состава C₈—C₄₀ от нефтяной залежи в над- и подпродуктивные отложения основано на следующих допущениях.

Литологическая характеристика и характеристика экстрагированного органического вещества пород образцов керн

Шифр образца породы	Интервал отбора, м	Свита, пласт (стратон)	Краткое литологическое описание	Сумма экстрагированных веществ, мг/кг	Содержание в породе, мг/кг (хромоато-масс-спектрометрические данные)					Параметры состава алканов		
					Н-алканов C ₉ —C ₄₀	изо-пре-алканов C ₁₅ —C ₂₀	Н-алкибензол C ₈ —C ₃₄	нафталинов C ₁₀ —C ₁₂	фенантронов C ₁₄ —C ₁₅	СР1	K _i П/Ф	
Площадь Северо-Рогожниковская, скв. 765												
(76)СР765 10ал	1524,3	hm (K ₁)	Переслаивание алевролитов серо-зеленых, мелкозернистых с аргиллитом черным, плотным, крепким с содержанием фауны	84,40	1,960	0,415	0,019	0,196	0,049	1,78	0,44	1,49
(80)СР765 9ар	1526,0	hm (K ₁)	Аргиллиты черные, плотные, крепкие, с линзами алевролита серого, мелкозернистого с содержанием фауны	50,22	1,745	0,314	0,017	0,140	0,028	1,43	0,36	1,04
(73)СР765 8п	1546,8	vk, BK ₁ (K ₁)	Песчаник серого цвета, мелкозернистый сильно разрушенный, пропитанный нефтью	84,66	3,885	0,688	0,045	0,422	0,074	2,12	0,59	1,23
(84)СР765 7ар	1550,0	vk, BK ₁ (K ₁)	Аргиллиты черные, плотные, крепкие, массивные, с редкими прослоями песчаника мелкозернистого с выпотами нефти	73,36	6,445	1,616	0,059	0,530	0,056	1,86	0,50	1,43
(66)СР765 7п	1556,4	vk (K ₁)	Песчаник светло-серый, мелкозернистый с выпотами нефти	165,70	14,835	4,878	0,233	0,689	0,058	1,61	0,45	1,40
(83)СР765 бар	2480,3	tl, ЮK ₀ (J ₃)	Аргиллит от темно-серого до черного, плотный, крепкий, битуминозный, с выпотами нефти, слоистый	204,29	32,730	1,505	0,117	0,983	0,240	1,26	0,13	1,71
(67)СР765 6п	2480,1	tl, ЮK ₀ (J ₃)	Песчаник мелкозернистый с выпотами нефти	80,29	9,873	1,490	0,053	0,325	0,160	1,19	0,29	1,63
(82)СР765 5ар	2502,0	ab (J ₃)	Аргиллит черный, плотный, крепкий, тонкослоистый, трещиноватый, кавернозный	5353,50	187,566	32,507	5,608	29,283	6,285	0,95	0,58	0,83
(78)СР765 4ал	2506,1	ab, ЮK ₁ (J ₃)	Алевролит коричнево-серый, мелкозернистый, плотный, крепкий, с запахом нефти	2746,47	84,255	23,177	1,943	6,941	1,651	0,91	0,86	0,96
(79)СР765 3ар	2507,0	ab, ЮK ₁ (J ₃)	Аргиллит коричнево-серый, местами темно-серый, плотный, крепкий, с включениями пирита, битуминозный, с фауной, замещенный углистым веществом, с запахом нефти	644,54	129,283	4,380	0,280	2,569	1,717	1,26	0,11	1,48
(74)СР765 2ал+п	2563— 2565	tm, ЮK ₃₋₄ (J ₂)	Переслаивание песчаника и темно-серого алевролита. Песчаник серо-коричневый, среднезернистый, крепкий. Алевролит мелкозернистый, плотный, крепкий. Выпоты нефти, пирит	116,45	8,955	0,981	0,079	2,836	0,613	1,23	0,61	3,85
(71)СР765 1п	2585,0	tm, ЮK ₃₋₄ (J ₂)	Песчаник светло-серый, среднезернистый, крепкий	55,17	2,657	0,325	0,022	0,506	0,109	1,39	0,47	1,64
(75)СР765 0ал	2600,0	tm, ЮK ₃₋₄ (J ₂)	Алевролит темно-серый, мелкозернистый, плотный, с флорой, замещенной углистым веществом, битуминозный	128,62	16,998	1,013	0,078	2,808	0,707	1,35	0,27	3,62

Окончание табл.

(70)СР765 0п	2605,0	tm, ЮК ₃₋₄ (J ₂)	Песчаник серый, мелкозернистый, крепкий, кослоистый, с редкими прослоями аргиллита черного цвета	88,83	2,908	0,583	0,025	0,634	0,132	1,49	0,75	2,20
(64)СР765 -1п	2610,3	tm, ЮК ₃₋₄ (J ₂)	Песчаник серый, среднезернистый, крепкий, плотный, с прослоями темно-серого, мелкозернистого алевролита и черного аргиллита	93,85	5,958	2,112	0,049	0,534	0,152	1,17	0,72	4,46
(77)СР765 -1аа	2616,5	tm, ЮК ₃₋₄ (J ₂)	Алевролит темно-серый, на изломе коричневый, плотный, с флорой, замещенной углистым веществом, битуминозный	1741,30	254,530	12,183	0,454	7,558	1,362	1,36	0,64	5,63
(65)СР765 -2п	2769,0	(PZ)	Кварцитовый песчаник, цвет от зеленого до белого, скрытокристаллический, крепкий, очень плотный	78,46	4,614	0,649	0,040	0,102	0,020	1,20	0,49	1,04
(81)СР765 -3ар	2892,1	(PZ)	Аргиллит черного цвета, плотный, очень крепкий	3014,90	120,831	16,626	5,644	35,725	8,393	1,00	0,48	1,00
(68)СР765 -3п	2900,8	(PZ)	Туфопесчаник, цвет от грязно-зеленого до серо-голубого, мелкозернистый, очень крепкий	177,09	0,800	0,134	0,008	0,018	0,005	1,18	0,54	0,78
(69)СР765 -4п	2903,0	(PZ)	Туфопесчаник от грязно-зеленого до серо-голубого, мелкозернистый, очень крепкий, на известковом цементе с кварцем	16,14	0,145	0,033	0,002	0,0	0,0	1,57	0,57	0,58
Площадь Рогожниковская, скв. 718												
(99)Р718 9ар	1586— 1588	hm, (K ₁)	Аргиллит темно-серый, плотный, массивный, с прослоями песчаника	281,28	0,067	0,020	0,001	0,0	0,001	1,12	0,82	0,91
(95)Р718 8п	1594,0	vk, BK ₁ (K ₁)	Песчаник серый, мелкозернистый, плотный. Без признаков УВ	54,66	0,720	0,209	0,008	0,074	0,017	1,64	1,02	1,43
(98)Р718 7ар	1598,0	vk, BK ₁ (K ₁)	Аргиллит серый, крепкий, с включением обугленной растительности. Песчаник встречен редкими пропластками	53,38	0,344	0,103	0,003	0,008	0,008	1,52	0,84	1,53
(97)Р718 бар	1605,1	vk, BK ₁ (K ₁)	Аргиллит	50,08	0,839	0,294	0,008	0,039	0,028	1,86	0,98	1,78
(85)Р718 5п	1609,0	vk, BK ₁ (K ₁)	Песчаник светло-серый, мелкозернистый, средней плотности	47,43	1,011	0,297	0,010	0,086	0,016	1,18	0,75	1,42
(96)Р718 4ар	1610,2	vk, BK ₁ (K ₁)	Аргиллит рыхлый, темно-серый, среднестементированный, глинистый	99,58	1,625	0,476	0,020	0,305	0,042	1,95	1,09	2,14
(100)Р718 -4фунд	2695,5	(PZ)	Массивная плотная порода	57,11	0,325	0,030	0,002	0,002	0,001	1,08	0,36	0,50
(86)Р718 -5фунд	2707,0	(PZ)	Серая, тяжелая, плотная порода с зеленым оттенком, имеются небольшие включения кварца	54,72	0,742	0,079	0,008	0,006	0,006	1,19	0,70	0,41

Примечание. Геохимические параметры состава алканов [Тиссо, Вельге, 1981; Гончаров, 1987]: $СР1 = 0,5 \left[\frac{\sum \text{нечетных } n\text{-алканов } C_{25}-C_{33}}{\sum C_{25}-C_{33}} - \frac{C_{33}}{\sum C_{25}-C_{33}} \right]$ — генетический параметр; $K_i = \frac{(i-C_{19} + i-C_{20})}{(i-C_{17} + i-C_{18})}$ — смешанный показатель источника органического вещества и обстановки осадконакопления; $П/Ф = \frac{i-C_{19}}{i-C_{20}}$ — параметр обстановки осадконакопления.

1. В разрезе рассматриваемого участка нефтеобразование идет гораздо менее интенсивно, чем рассеивание веществ в окружающей среде.

2. За геологическое время состав и распределение УВ в породе стабилизировались как конечный продукт генерации, накопления и последующего рассеивания веществ в разрезе отложений.

3. Отдающие УВ слои — богатые органическим веществом (ОВ) аргиллиты и алевролиты (материнские породы), а также нефтенасыщенные слои песчаника (нефтяная залежь). Глинистые слои — естественные капиллярные барьеры, тормозящие миграцию, под/над которыми в слоях песчаника могут накапливаться повышенные концентрации мигрирующих УВ.

4. Слои песчаника в рассматриваемых разрезах принимаются за транзитные или накапливающие (содержащие залежь УВ) слои.

5. Диффузионное или фильтрационное перемещение тяжелых (выше C_9) УВ происходит из слоев с большей концентрацией в слои с меньшей концентрацией. Обратное возможно

в случае фильтрационного перетекания (отжимания из материнских слоев) при значительном перепаде давления. Но аномально высокое давление в зоне нефтепроявления на рассматриваемом участке не зарегистрировано.

6. Диффузионное рассеивание сингенетического битумоида из транзитных слоев может быть не замечено на фоне мигрирующих из залежи нефтяных УВ.

7. Существующий массообмен можно зафиксировать при послойном исследовании над- и продуктивных пород на содержание нефтяных УВ. С определенной достоверностью может быть оценено расстояние перемещения мигрирующих веществ.

Ожидаемое распределение веществ в слоях пород изучаемых скважин может быть представлено следующими ситуациями.

Нефтепроявление в образцах керна не зафиксировано. Низкая концентрация подвижных УВ в материнской породе или в интервалах нефтегазонакопления не обеспечивает непрерывность миграционного потока — гради-

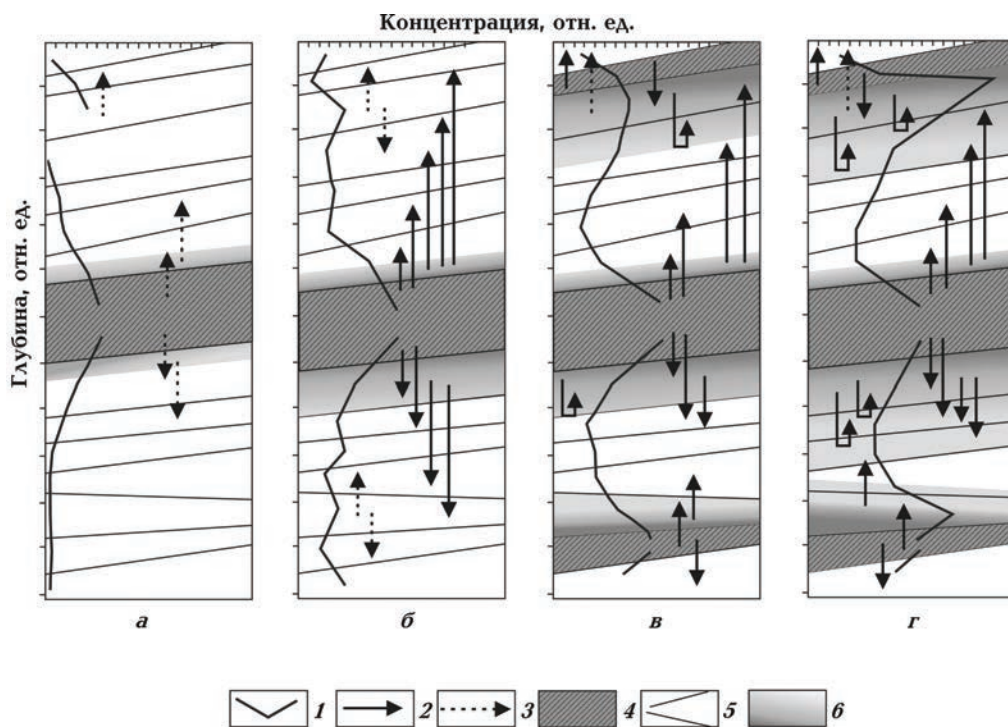


Рис. 2. Предполагаемое распределение органических веществ в слоях пород в результате межпластовой миграции из залежи/материнских отложений: а — диффузионное перераспределение веществ; б — "свободная" фильтрация, не осложненная барьерами; в, г — распределение веществ в разрезе, включающем коллектор, залежь, материнские отложения и флюидоупоры; 1 — концентрированное распределение УВ; 2 — направление фильтрации УВ; 3 — направление диффузии УВ; 4 — материнские (глинистые) отложения; 5 — коллектор; 6 — залежь (интервал нефтепроявления).

енты давления не оказывают существенного воздействия на малые объемы веществ, а градиент концентрации недостаточен для массового перемещения частиц. Рассеивание из слоев, обогащенных ОВ, идет в результате температурной диффузии и осмотических явлений. Основная доля веществ сохраняется вблизи потенциально материнских слоев, а дальше отстоящие пласты имеют фоновое содержание сингенетичного битумоида (рис. 2, а).

Интервалы нефтепроявления установлены вблизи нефтематеринских (глинистых) отложений. При свободной (не осложненной барьерами) вертикальной восходящей или нисходящей миграции по зонам микротрещиноватости основная доля мигрирующих веществ перемещается из материнских пород и зон нефтегазопроявления выше или ниже по разрезу, задерживаясь в слоях только вследствие адсорбции и ситовых эффектов, в соответствии с литологией пластов (рис. 2, б).

Интервалы нефтепроявления установлены. В результате притормаживания миграции на флюидоупорах в разрезе ожидается рост концентрации веществ от слоев, прилегающих к зоне материнских отложений/залежи, к слоям, примыкающим к флюидоупору (рис. 2, в). В некоторых случаях в транзитных и накопительных слоях концентрация подвижных веществ может превысить их концентрацию в нефтепроизводящем пласте, особенно вблизи барьеров (рис. 2, г).

Исследования распределения углеводородов в разрезе отложений Рогожниковского и Северо-Рогожниковского месторождений. Распределение ароматических УВ в разрезе над- и подпродуктивных отложений в скв. Рогожниковская-718 и Северо-Рогожниковская-765 представлено на рис. 3, 4.

В пределах непродуктивной скв. Рогожниковская-718 максимальные концентрации идентифицированных УВ в аргиллитах составляют 2,5, в песчаниках — 1,4 мг/кг (см. таблицу). Для алкилбензолов меловых отложений (пласт ВК₁) характерны узкие ММР с доминированием 4—5 гомологов в интервале С₁₃—С₁₇ (рис. 3), образовавшихся в окислительных условиях (отношение пристана к фитану от 1,4 до 2,1). В некоторых прослоях аргиллита в составе нафталинов и фенантронов отчетливо заметны эмиграция легких гомологов С₁₀—С₁₁ и накопление немигрирующего фенантрена. Соседние выше- и нижележащие песчаники, напротив, обогащены подвижными нафталинами, мигрирующими в них в результате диффузии или с пла-

стовыми водами. В хантымансийской свите hm, играющей роль глинистой покрывки викуловских коллекторов, нафталины С₁₀—С₁₂ вообще не зафиксированы, что более всего напоминает результат водной промывки (рис. 3, а). Не исключено, что на данном участке в пределах меловых отложений активно циркулируют водные растворы. Это объясняет отсутствие нефтепроявлений и наличие узких гомологических рядов циркулирующих УВ, а также “промытых” по составу нафталинов прослоев аргиллитов.

В палеозойских образцах фоновой скважины по отношению пристана к фитану (0,4—0,5) фиксируется резко восстановительная обстановка, благоприятная для нефтеобразования. Ряды алкилбензолов более широкие, близкие к нефтяному ММР, т. е. нефть образуется из рассеянного органического вещества (об этом свидетельствуют низкие значения показателя К₁), однако из-за низких концентраций не обеспечивается образование залежей (рис. 3, б).

Концентрация идентифицированных УВ в слоях аргиллитов юрского возраста в скв. Северо-Рогожниковская-765 составляет от 35 до 261 мг/кг (в среднем 112 мг/кг), алевролитов — от 21,5 до 276 мг/кг (в среднем 140 мг/кг), в песчаниках накапливаются менее значительные концентрации — от 3,7 до 12 мг/кг (в среднем 7,2 мг/кг). Это на 1—2 порядка выше, чем в скв. 718 (см. таблицу).

К нефтематеринским толщам, активно реализующим свой генерационный потенциал, по содержанию и распределению УВ относятся нижняя часть тюменской свиты и тутлеймские аргиллиты.

Исследованный из низов тюменских отложений алевролит характеризуется широким (нефтяным) распределением *n*-алкилбензолов С₉—С_{34—36}, максимумом приходящимся на С_{13—29}, и пониженным содержанием легких гомологов С_{9—12}. В образцах вышележащих песчаника и алевролита фиксируются легкие гомологи С_{9—21}. Эти легкие мигрирующие УВ можно проследить вверх по юрскому разрезу на расстояние 100 м до абалакских глин, которые, очевидно, являются для них серьезным барьером (рис. 4, б, в).

Выше абалакского флюидоупора в верхней юрской зоне нефтепроявления начинает доминировать ОВ тутлеймской (аналог баженовской) свиты. Для *n*-алкилбензолов тутлеймских аргиллитов характерно типично нефтяное, широкое унимодальное распределение С₉—С_{34—36} с размытым максимумом на С₁₃—С₂₃. Все нижележащие слои на расстоянии до 20—25 м, включая верхи абалакской свиты, пропитаны мигриру-

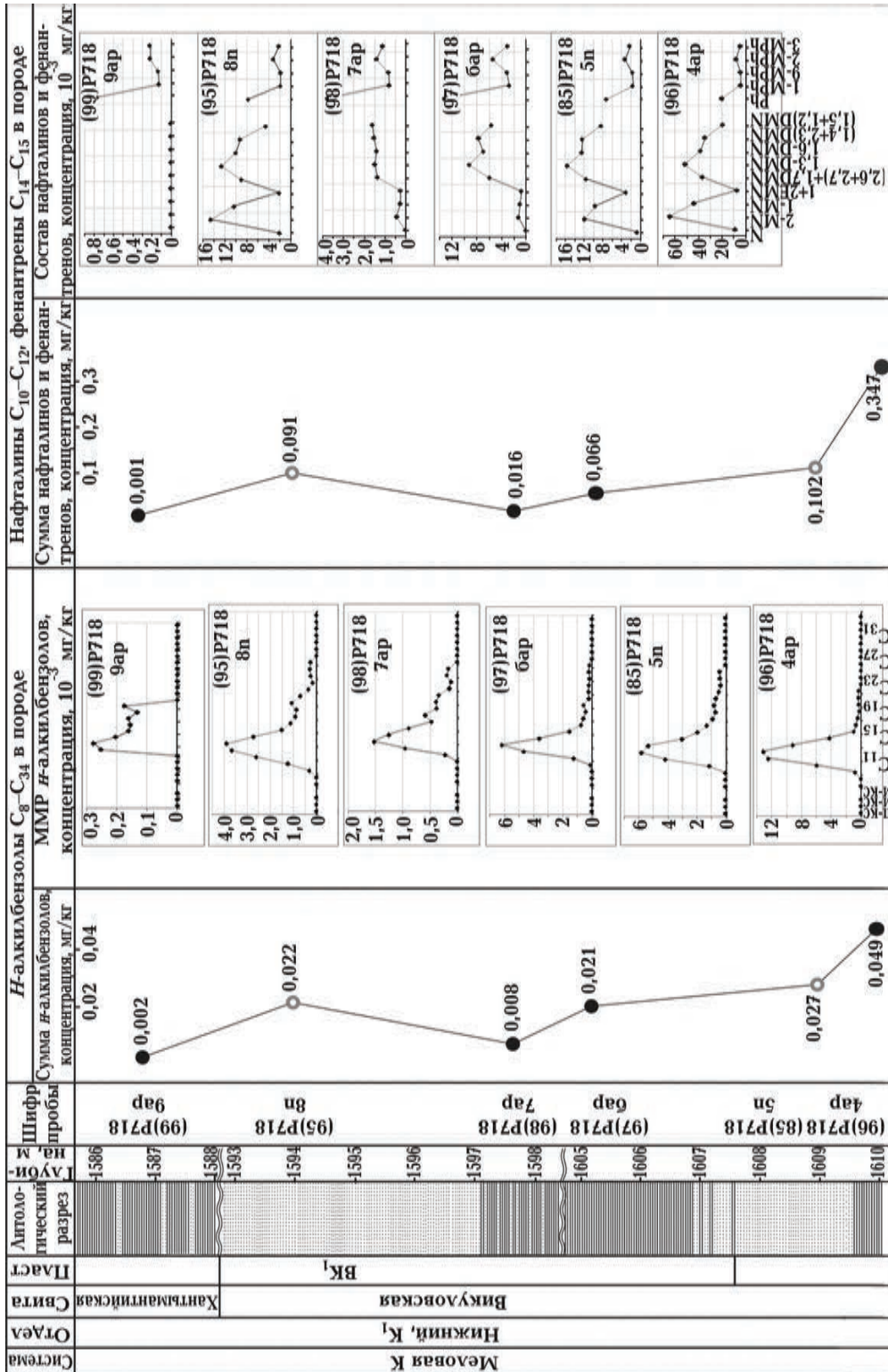


Рис. 3. Распределение ароматических углеводородов в разрезе меловых (а) и палеозойских (б) отложений скв. Рогожниковская-718; 1 — песчаник; 2 — алевролит; 3 — аргиллит; 4 — породы фундамента; 5 — концентрация в песчаниках; 6 — концентрация в алевролитах; 7 — концентрация в аргиллитах; 8 — шкалы глубин и значений; 9 — продуктивный пласт; 10 — материнские отложения. *Ароматические углеводороды и их изомеры (сокращения)*: п-кс — пара-ксилол; м-кс — мета-ксилол; о-кс — орто-ксилол; N — нафталин; MN — метилнафталин; EtN — этилнафталин; DMN — диметилнафталин; Ph — фенантрен; MPh — метилфенантрен; MMR — молекулярно-массовое распределение.

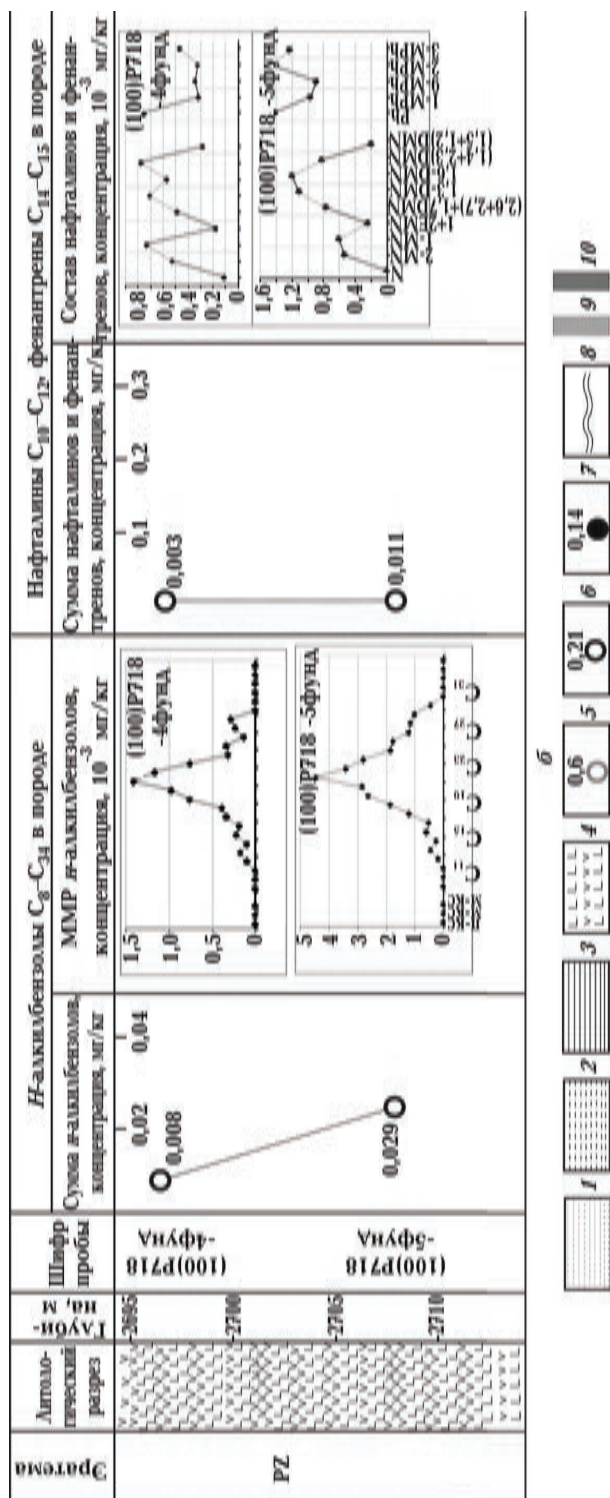


Рис. 3, б (окончание рис. 3).

ющими легкими гомологами *n*-алкилбензолов C₁₁—C₂₁, а компоненты тяжелее C₂₄ задержаны фильтрацией или вследствие недостаточной летучести (рис. 4, б, в).

Для нижней части юры, до абалакских глин, характерно однотипное распределение циркулирующих по пластам изомеров и гомологов нафталинов и фенантренов с повышенным содержанием 2-метил- и 1,6-диметилнафталинов (рис. 4, в). В абалакских, тутлеймских глинах и в низах викуловской свиты отмечается другое по составу ОВ, источником которого может быть тутлеймская пачка аргиллитов; фиксируется существенное повышение концентрации нафталинов, а в их составе — увеличение содержания 1-метил- и 1,3-диметилнафталинов (рис. 4, а, б).

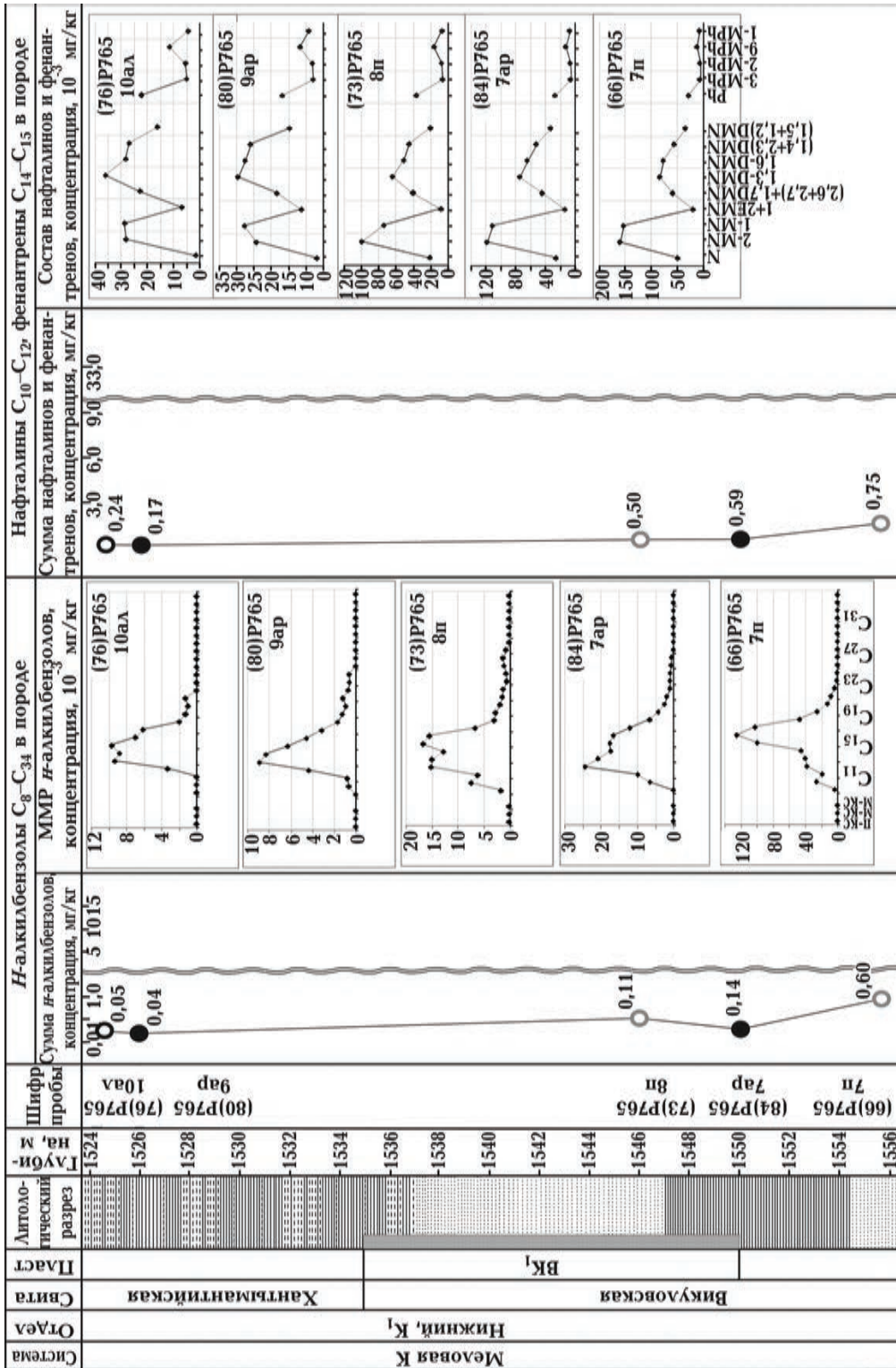
Основной формой миграции, обеспечивающей такое распределение веществ, может быть перемещение в свободной газопаровой фазе или всплывание из зон генерации. При этом циркулируют по пластам в основном легкие алкилбензолы состава C₁₁—C₂₁, летучие C₁₀—C₁₂ нафталины и, возможно, фенантрен. Именно эти вещества достаточно равномерно распределяются в нижней и верхней частях юрской зоны нефтепроявления.

Ниже — в палеозойские (рис. 4, г), и выше — в меловые (рис. 4, а) отложения УВ также проникают. Из нижнеюрских алевролитов в палеозойские слои нисходяще мигрируют легкие алканы и алкилбензолы состава C₁₁—C₂₂, насыщая не только песчаники, но и плотные слои аргиллита. Перемещение прослеживается на расстояние до 250—270 м от тюменских отложений (рис. 4, г). В меловые отложения из тутлеймской свиты восходящей миграцией переходит узкий ряд легких алканов и алкилбензолов состава C₉—C₂₀. Их поток можно проследить до образцов хантымансийской свиты включительно (рис. 4, а).

Нафталины и фенантрены меловых пород имеют распределение, близкое к их распределению в верхнеюрских породах.

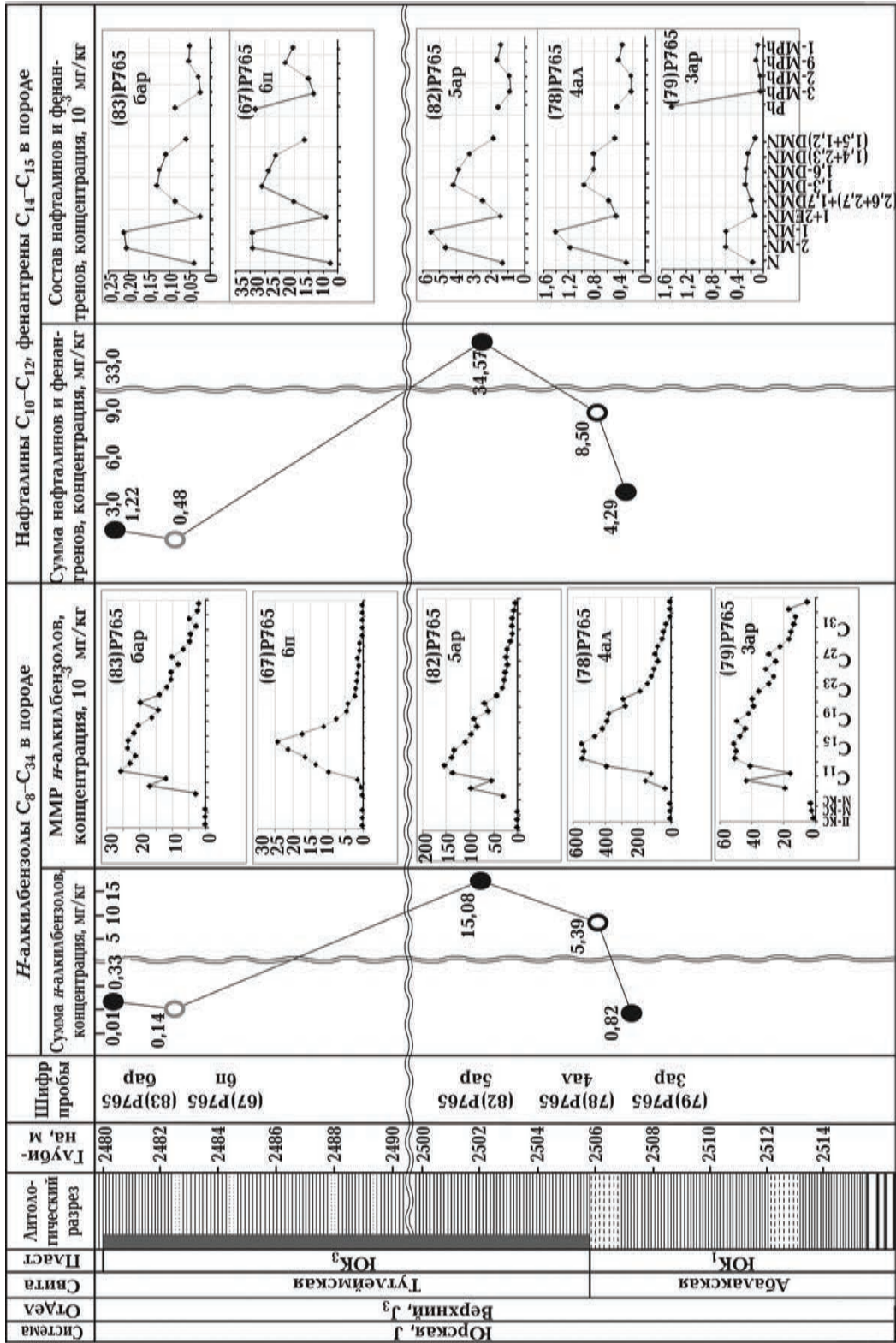
Расстояние вертикального межпластового перемещения нефтяных УВ из юрской зоны нефтепроявления в меловые отложения можно оценить по тенденции к убыванию их концентраций: для алкилбензолов — почти 1000 м, для нафталинов — 800—900 м, до верхов викуловской свиты (рис. 4, а). Для фенантренов закономерного изменения концентраций не выявлено, что указывает на слабую миграционную способность этого класса УВ.

Наиболее вероятная форма нисходящего пе-



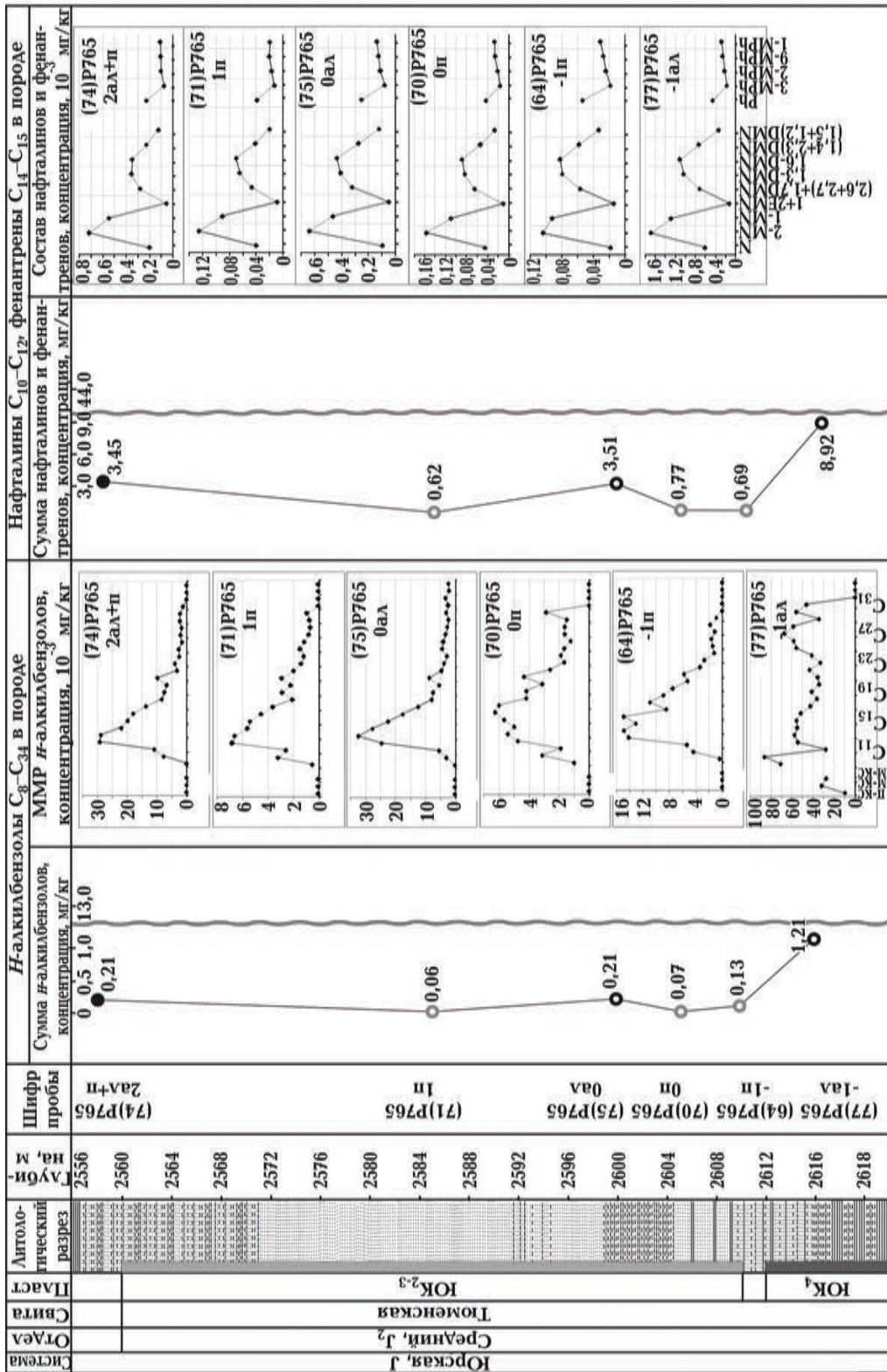
a

Рис. 4. Распределение ароматических углеводородов в разрезе нижнемеловых (а), верхнеюрских (б), среднеюрских (в) и палеозойских (г) отложений св. Северо-Рогожниковская-765. Условные обозначения см. на рис. 3.



б

Рис. 4, б (продолжение рис. 4).



В

Рис. 4, в (продолжение рис. 4).

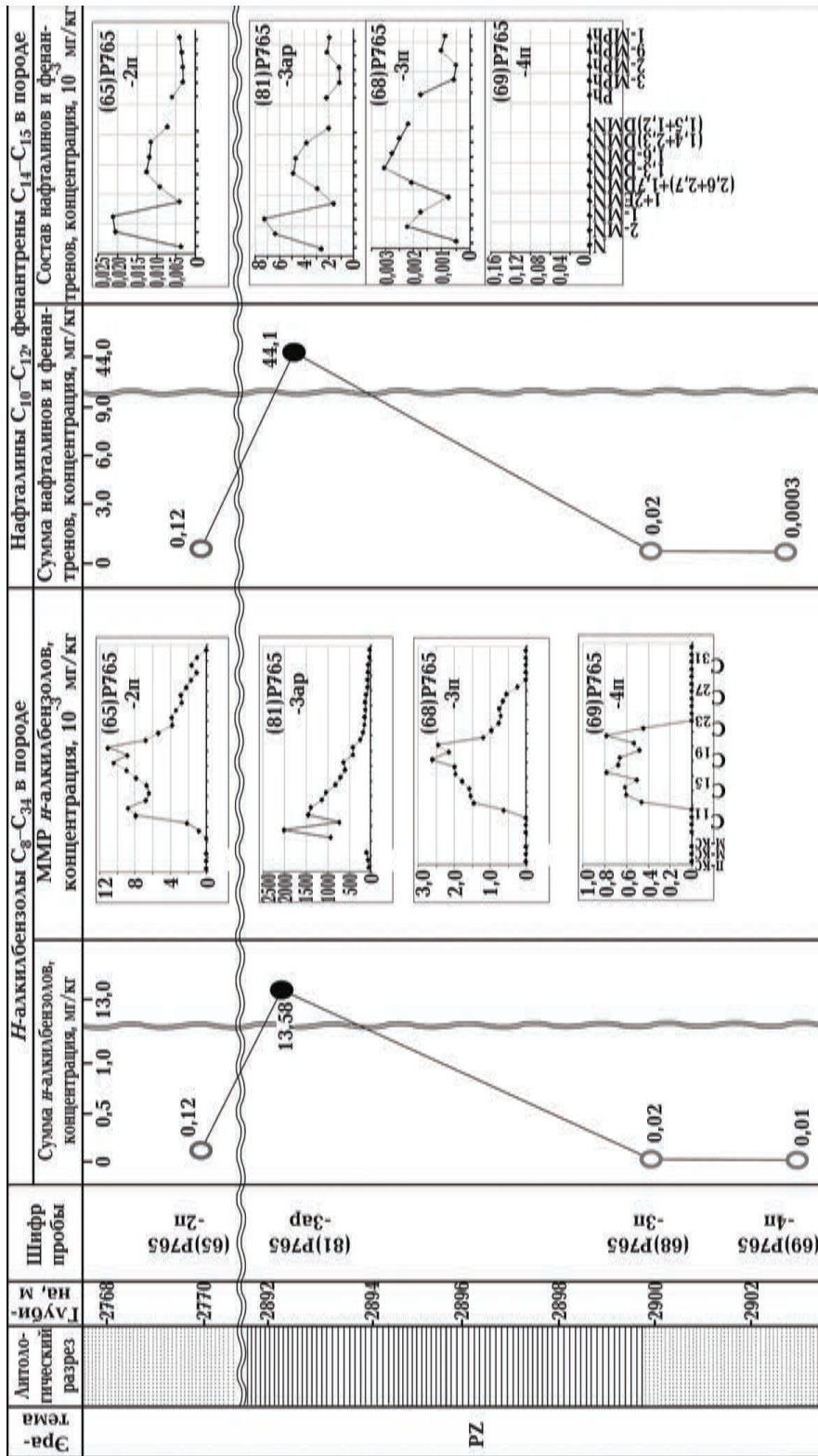
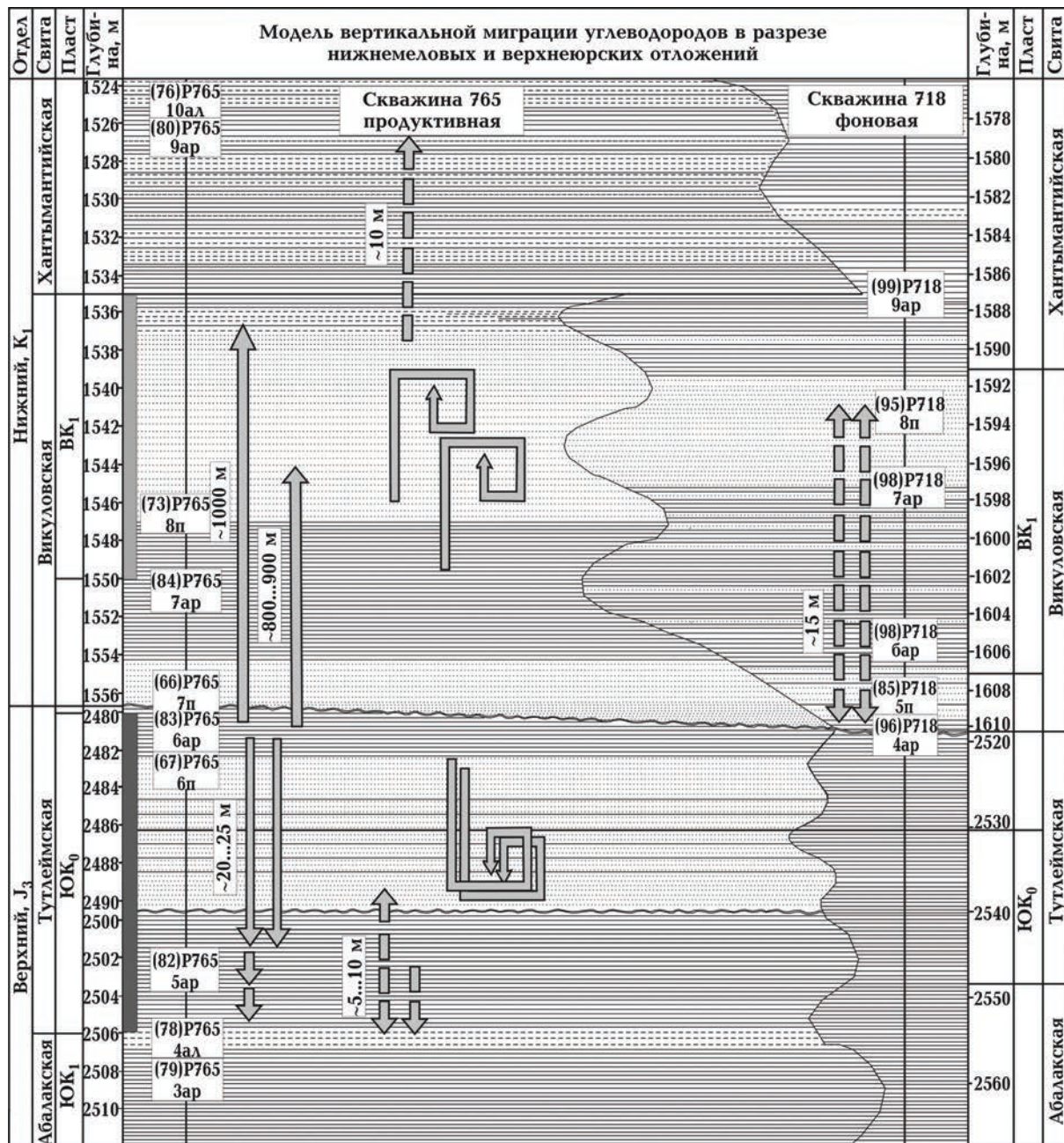


Рис. 4, г (окончание рис. 4).

ремещения веществ в палеозойские отложения — диффузия в виде свободной парогазовой фазы с опережающим перемещением легких УВ C_{9-22} на расстояние до 250—270 м. Ряд тяже-

лых УВ при этом также перемещается вниз, но отслеживается на расстояние до 150 м.

Вероятной формой восходящей межпластовой миграции из юрских в меловые и дальше



а

Рис. 5. Геохимическая модель вертикальной миграции углеводородов в разрезе нижнемеловых и верхнеюрских (а), среднеюрских и палеозойских (б) отложений Рогожниковского и Северо-Рогожниковского месторождений: 1 — межпластовая фильтрация насыщенных УВ; 2 — межпластовая миграция ароматических УВ; 3 — межпластовая диффузия насыщенных УВ; 4 — межпластовая диффузия ароматических УВ; 5 — внутрипластовая миграция насыщенных УВ; 6 — внутрипластовая миграция ароматических УВ; 7 — шифр образца; 8 — продуктивный пласт; 9 — материнские отложения. Остальные условные обозначения те же, что на рис. 3.

по разрезу отложения может быть свободная парогазовая фаза. Всплывание маловероятно ввиду отсутствия перераспределения фенантронов по меловым пластам.

Геохимическая модель вертикальной миграции углеводородов. В результате исследования послойного распределения нефтяных УВ в разрезе меловых, юрских и палеозойских от-

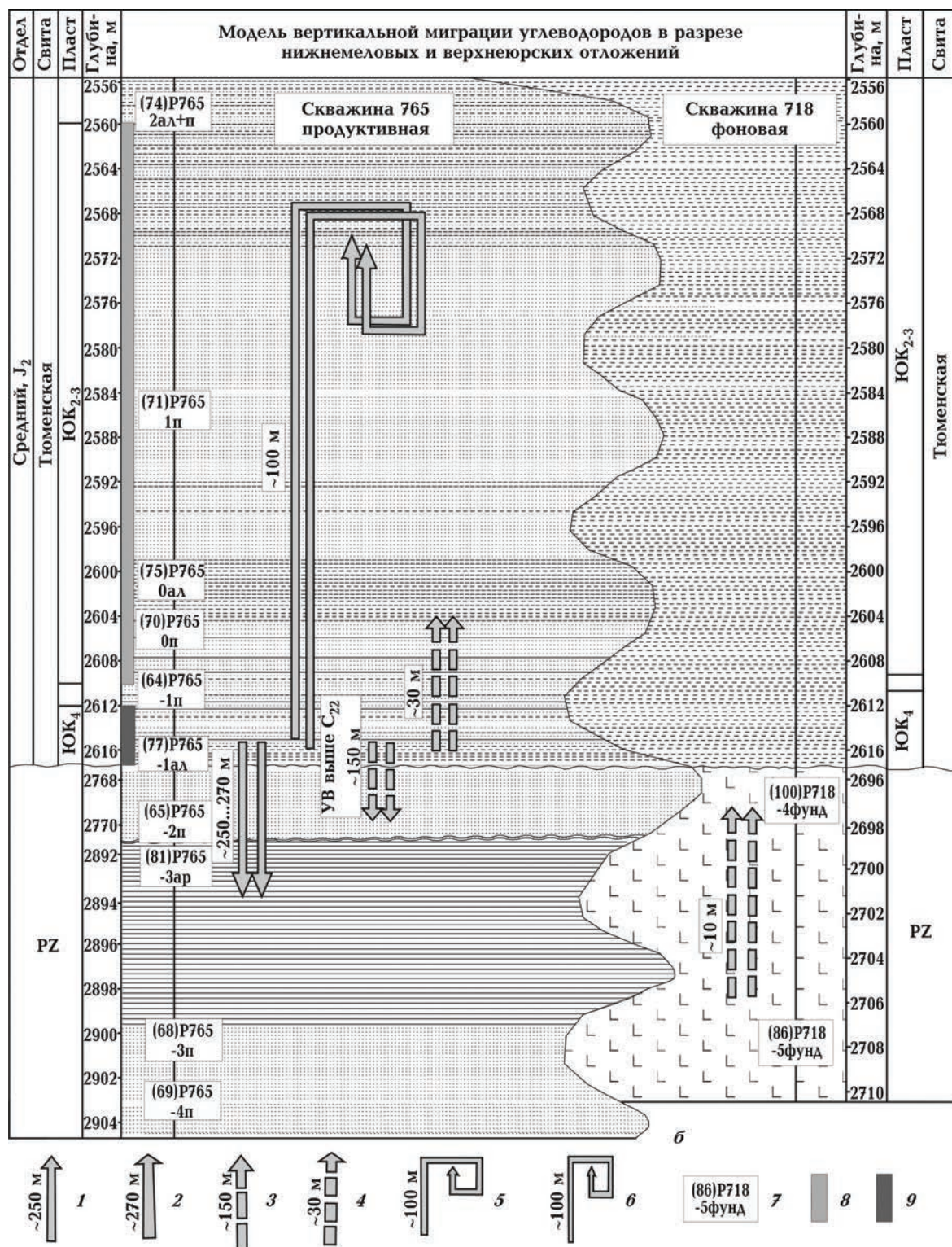


Рис. 5, б (окончание рис. 5).

ложений Рогожниковского и Северо-Рогожниковского месторождений составлена схематическая геохимическая модель меж- и внутрипластовой вертикальной миграции (рис. 5).

В разрезе отложений исследуемых месторождений можно отметить следующие особенности модели.

1. Обширная зона юрского нефтепроявления сформирована в результате активных межпластовых перетоков из низов среднеюрского отдела (низ тюменской свиты) и из верхнего отдела (тутлеймской свиты). Миграция из низов тюменской свиты происходит как в нижележащие палеозойские отложения, насыщая песчаники и прослойки аргиллита, так и в вышележащие пласты, заполняя УВ юрский комплекс до абалакской свиты. Мигрирующие УВ богаты легкими гомологами $C_9—C_{21}$ алкилбензолов, нафталинами $C_{10}—C_{12}$. Расстояние нисходящей миграции нефти составляет 250—270 м в палеозойские слои (далее фиксируется сингенетичный битумоид). Расстояние, проходимое восходящими потоками до абалакской свиты, составляет около 100 м. Выше абалакского флюидоупора в юрской зоне нефтепроявления начинает доминировать органика тутлеймской свиты. Слои ниже тутлеймских аргиллитов, на расстоянии до 20—25 м, включая верхи абалакской свиты, пропитаны мигрирующими легкими гомологами $C_{11—21}$, а компоненты тяжелее C_{24} задержаны фильтрацией или недостаточной летучестью.

2. В меловые отложения УВ переходят из юрской зоны нефтепроявлений. Мигрирующий поток легких алкилбензолов состава $C_{9—20}$ можно проследить до образцов хантымансийской свиты включительно. Нафталины и фенантроны меловых пород также имеют распределение, близкое к распределению в верхнеюрских породах. Расстояние вертикального межпластового перемещения нефтяных УВ из юрской зоны нефтепроявлений в меловые отложения можно оценить по тенденции убывания их концентраций: для алкилбензолов — почти 1000, для нафталинов — 800—900 м (до верхов викуловской свиты).

Для фенантронов закономерного изменения концентраций не выявлено, что свидетельствует о слабой миграционной способности этого класса УВ.

3. Основной предполагаемой формой нисходящей меж- и внутрипластовой миграции в пределах Рогожниковского и Северо-Рогожниковского месторождений может быть перемещение в свободной газопаровой фазе или в

водном растворе из зоны генерации/залежи. Предполагаемый механизм перемещения — поровая фильтрация и диффузия паровой фазы, не исключено перемещение с отжимаемыми водными растворами. Такой механизм обеспечит циркуляцию по пластам в основном легких алкилбензолов состава $C_{11—21}$, летучих $C_{10—12}$ нафталинов и фенантронов. Вероятной формой восходящей межпластовой миграции из юрских в меловые и дальше по разрезу отложения может быть свободная парогазовая фаза. Всплывание маловероятно ввиду отсутствия перераспределения фенантронов по меловым пластам.

В работе [Исаев и др., 2006] по данным нефтепоисковой геохимии выявлены и закартированы аномальные зоны концентраций тяжелых УВ ($C_{10}—C_{40}$), приуроченные в латеральном плане к антиклинальным ловушкам юры и неокома Верхнеяминского вала. На основе теоретической физико-химической модели залежи [Справочник ..., 1998] была выполнена нефтегеологическая интерпретация аномальных зон концентраций, согласно которой пространственная локализация зон отождествлена с внешними контурами водонефтяных контактов. Впервые с учетом интенсивности аномалий, четкости аномальных зон и состава *ароматических УВ* выполнено ранжирование ловушек по степени перспективности и рекомендована первоочередная поисково-разведочная скважина. Установленные настоящей работой дальность и механизм вертикальной миграции из залежи ароматических УВ являются *экспериментальным обоснованием ранее рекомендованных* [Исаев и др., 2006; 2008] *новых прямых геохимических поисковых признаков наличия в разрезе залежей УВ — аномальных концентраций ароматических УВ в приповерхностных отложениях.*

В работе [Исаев, Лобова, 2008] по результатам геоплотностного моделирования вдоль регионального сейсмопрофиля XIII выполнено прогнозирование зон нефтегазоаккумуляции в доплитном комплексе центральной части Западной Сибири. На траверсе Красноленинского свода (Рогожниковский вал) впервые выявлена масштабная зона разуплотнения палеозойского комплекса пород, отождествленная с резервуарами. Нефтегеологическая интерпретация геоплотностной модели [Исаев, Лобова, 2008; Исаев, 2008] позволила сделать заключение о миграции юрских нефтей в ловушки палеозойского фундамента (триаса). Геолого-разведочным подтверждением прогноза являются результаты бурения. На Рогожниковском лицензионном участке палеозой (триас) вскрыт 70

скважинами, из 11 км проходки по доюрским породам 3,5 км представлены коллекторами [Коровина и др., 2009]. Из кислых вулканитов и терригенных отложений доюрского комплекса получены притоки нефти. Установленная настоящей экспериментальной работой миграция УВ из юрских в нижележащие палеозойские отложения согласуется с интерпретационным заключением о юрском генезисе нефтей в резервуарах палеозойского фундамента.

Выводы. 1. Экспериментально установлено межпластовое перемещение тяжелых нефтяных ароматических углеводородов состава C_9 — C_{36} в разрезе Рогожниковского и Северо-Рогожниковского месторождений Красноленинского свода.

2. Построена геохимическая модель миграции углеводородов, в которой определен набор соединений, обладающих повышенной способностью к межпластовой миграции (C_{11} — C_{21} алкилбензолы, C_{10} — C_{12} нафталины) на расстоянии до 1000 м.

3. При высокой концентрации (не менее 5—10 мг/кг) миграция углеводородов происходит в свободной газопаровой фазе или в резуль-

тате всплывания в водонасыщенных пластах, при низкой (фоновой) концентрации (до 5—10 мг/кг) — в форме диффузии с перераспределением состава по размерам молекул.

4. Дальность перемещения миграционноспособных углеводородов C_{10} — C_{21} (как вверх, так и вниз по разрезу) прямо зависит от их концентрации в зоне нефтепроявления: при высоких концентрациях — активное перемещение на расстояние до 1000 м, при фоновых — на расстояние первых десятков метров (10—20 м).

5. Экспериментально установленная дальность вертикальной межпластовой миграции ароматических углеводородов позволяет рекомендовать их аномальные концентрации в приповерхностных отложениях в качестве надежных поисковых признаков.

6. Эксперимент по детальному послойному геохимическому изучению подпродуктивных отложений установил возможность миграции углеводородов из материнских отложений/залежей осадочного чехла в ловушки резервуаров фундамента.

Список литературы

- Атлас "Геология и нефтегазоносность Ханты-Мансийского автономного округа" / Под ред. Э.А. Ахпателова, В.А. Волкова, В.Н. Гончаровой, В.Г. Елисеева, В.И. Карасева, А.Г. Мухер, Г.П. Мясниковой, Е.А. Теплякова, Ф.З. Хафизова, А.В. Шпильмана, В.М. Южакова. — Екатеринбург: ИздатНаукаСервис, 2004. — 148 с.
- Гончаров И.В. Геохимия нефтей Западной Сибири. — Москва: Недра, 1987. — 179 с.
- Иванова Л.И., Исаев В.И., Коржов Ю.В. Методика лабораторных исследований тяжелых углеводородов при нефтепоисковой геохимии // Изменяющаяся геологическая среда: пространственно-временные взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов: Материалы Междунар. конф., г. Казань, 12—16 ноября 2007 г. — Казань: Фэн, 2007. — С. 356—360.
- Исаев В.И. Прогноз зон нефтегазоаккумуляции на траверсе Красноленинский свод — Ляпинский мегапрогиб (по результатам геоплотного моделирования) // Изв. Томск. политехн. ун-та. — 2008. — 312, № 1. — С. 26—33.
- Исаев В.И., Коржов Ю.В., Романова Т.И., Бочкарева Н.М. Оценка продуктивности локальных ловушек по составу тяжелых углеводородов в приповерхностных отложениях центральной части Западно-Сибирской плиты // Геофиз. журн. — 2006. — 28, № 6. — С. 58—74.
- Исаев В.И., Коржов Ю.В., Лобова Г.А., Ярков Д.М. Геохимическое прогнозирование залежей в Сургутском районе нефтедобычи // Изв. Томск. политехн. ун-та. — 2008. — 313, № 1. — С. 44—51.
- Исаев В.И., Лобова Г.А. Корреляция плотностной структуры доюрских отложений и зон нефтегазоаккумуляции вдоль регионального сейсмопрофиля XIII (центральная часть Западно-Сибирской плиты) // Геофиз. журн. — 2008. — 30, № 1. — С. 3—27.
- Коржов Ю.В., Исаев В.И., Жильцова А.А. Проблемы нефтепоисковой геохимии и обобщающая схема миграции углеводородных флюидов // Изв. Томск. политехн. ун-та. — 2011. — 318, № 1. — С. 116—122.
- Коровина Т.А., Кропотова Е.П., Минченков Н.Н., Батулин А.Ю., Николаева Е.В. Доюрское основание (ПСЭ) в Западной Сибири — объект новых представлений на природу нефтегазоносности (из опыта исследований и практического освоения Рогожниковского ЛУ) // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры. — Ханты-Мансийск: ИздатНаукаСервис, 2009. — Т. 1. — С. 214—218.
- Справочник по геохимии нефти и газа / Под ред. С.Г. Неручева. — СПб.: Недра, 1998. — 576 с.
- Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. — Москва: Мир, 1981. — 503 с.