

УДК 553.98;550.4

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ (НА ПРИМЕРЕ РОГОЖНИКОВСКОГО И СЕВЕРО-РОГОЖНИКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ)

А.А. Жильцова, В.И. Исаев, Ю.В. Коржов*

Томский политехнический университет

*Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

E-mail: zhiltsova@mail.ru

Установлено межпластовое перемещение тяжелых нефтяных углеводородов состава $C_{10}-C_{21}$ в разрезе Рогожниковского и Северо-Рогожниковского месторождений Ханты-Мансийского автономного округа на основе уникальных геохимических исследований образцов кернового материала двух разведочных скважин (718, 765). Построена геохимическая модель вертикальной миграции тяжелых нефтяных углеводородов, в которой определены соединения, способные к межпластовой миграции, предложена форма миграции, и оценена дальность перемещения веществ в рассматриваемом разрезе.

Ключевые слова:

Миграция, тяжелые нефтяные углеводороды, геохимическая модель, Рогожниковское месторождение, Северо-Рогожниковское месторождение.

Key words:

Migration, heavy oil hydrocarbons, geochemical model, Rogozhnikovsky field, Severo-Rogozhnikovsky field.

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 относят к показателям нефтегазоносности [1].

В то же время возможно вертикальное перемещение УВ состава C_8-C_{40} в надпродуктивные и приповерхностные отложения. Но связь выявляемых аномальных полей с глубинными нефтегазовыми ловушками остается недоказанной. Существующие теоретические физико-химические, петрофизические модели нефтяных залежей указывают на возможность, но не доказывают факт существования аномалий тяжелых УВ в приповерхностных горизонтах нефтеносных территорий [2].

Цель исследований — экспериментальное установление возможности и механизма вертикальной миграции тяжелых нефтяных УВ состава C_8-C_{40} от нефтяной залежи к поверхностным горизонтам разреза. А также определение 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 послойного изучения над- и подпродуктивных отложений, вскрытых разведочными скважинами 718 и 765 Рогожниковского и Северо-Рогожниковского месторождений, на содержание и молекулярно-массовое распределение нефтяных компонентов. Изучался керновый материал продуктивной (давшей притоки УВ) 765 Северо-Рогожниковской скважины и непродуктивной (без нефтепроявления) 718 Рогожниковской скважины. Последнее дало представление об углеводородном фоне осадочных отложений и позволило более обоснованно проследить миграцию 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 связана с продуктивными комплексами мезозойского возраста:



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

доюрским (отложения триаса); средне- и верхнеюрским (тюменская свита tm – пласты $ЮК_{2-6}$, абалакская ab – $ЮК_1$, тутлеймская tl – $ЮК_0$); апт-сеноманским (викуловская свита vk – пласт $ВК_1$).

Коллектора триасовых и ниже-среднеюрских отложений образуют единую в гидродинамическом отношении зону нефтенакопления. Нефтеносность данных отложений связывают с вертикальным перераспределением углеводородов 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 скважин 765 (20 образцов из средне- и верхнеюрского, апт-сеноманского комплексов и палеозойского осадочно-вулcano-

генного образования) и 718 (8 образцов апт-сеноманского комплекса и палеозойских отложений).

Методика химико-аналитических исследований

Пробы керна, после детальной литологической и текстурной характеристики, определения наличия микрофаунистических 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 н-гек-

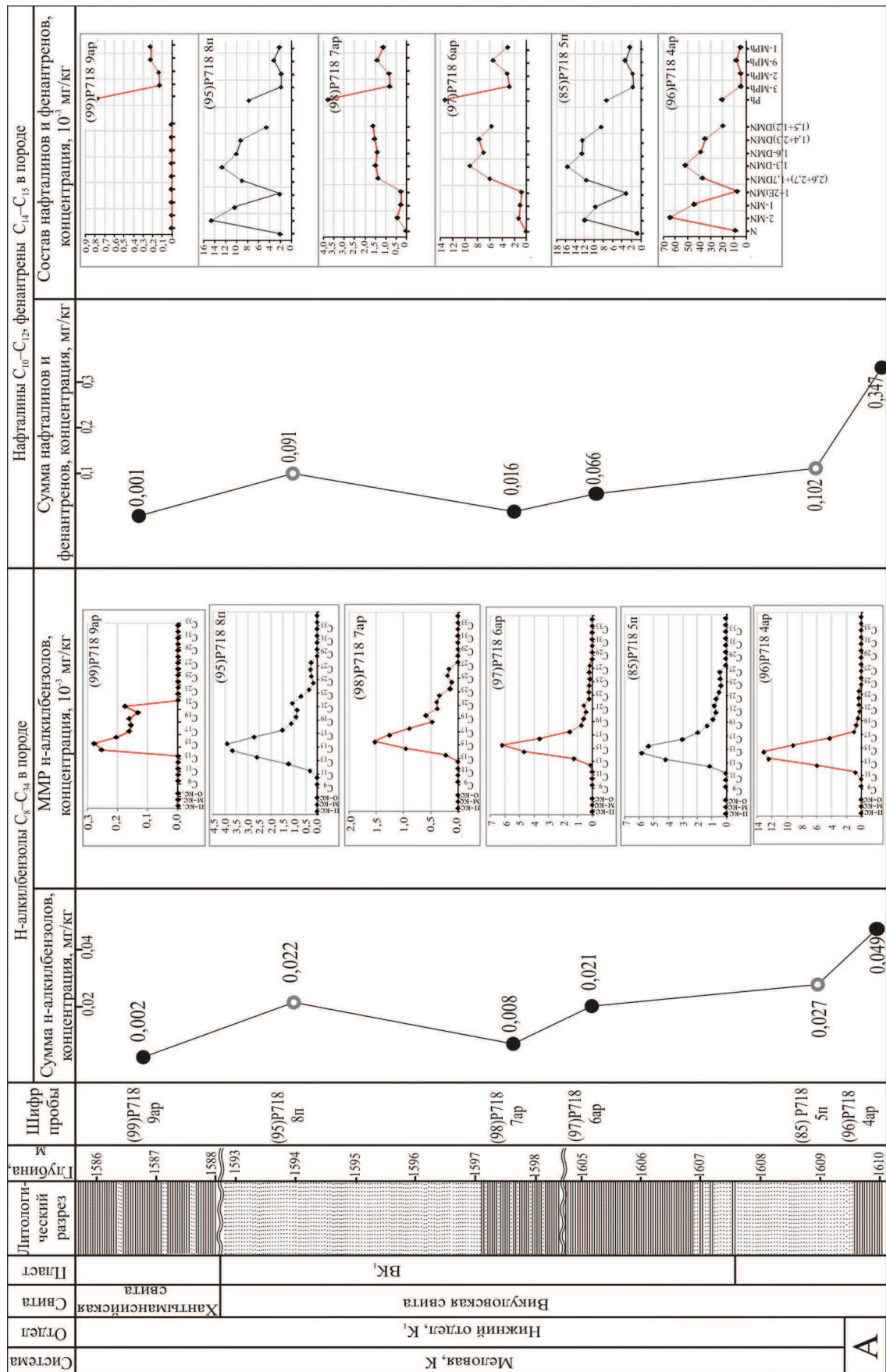
сан: хлороформ (80:20 об. %) дважды по 30 мл при энергичном перемешивании в течение 10 мин. После фильтрации экстракта на анализ отбирают аликвоту, которую концентрировали до 1 мл отгонкой на ротационном испарителе при 40 °С.

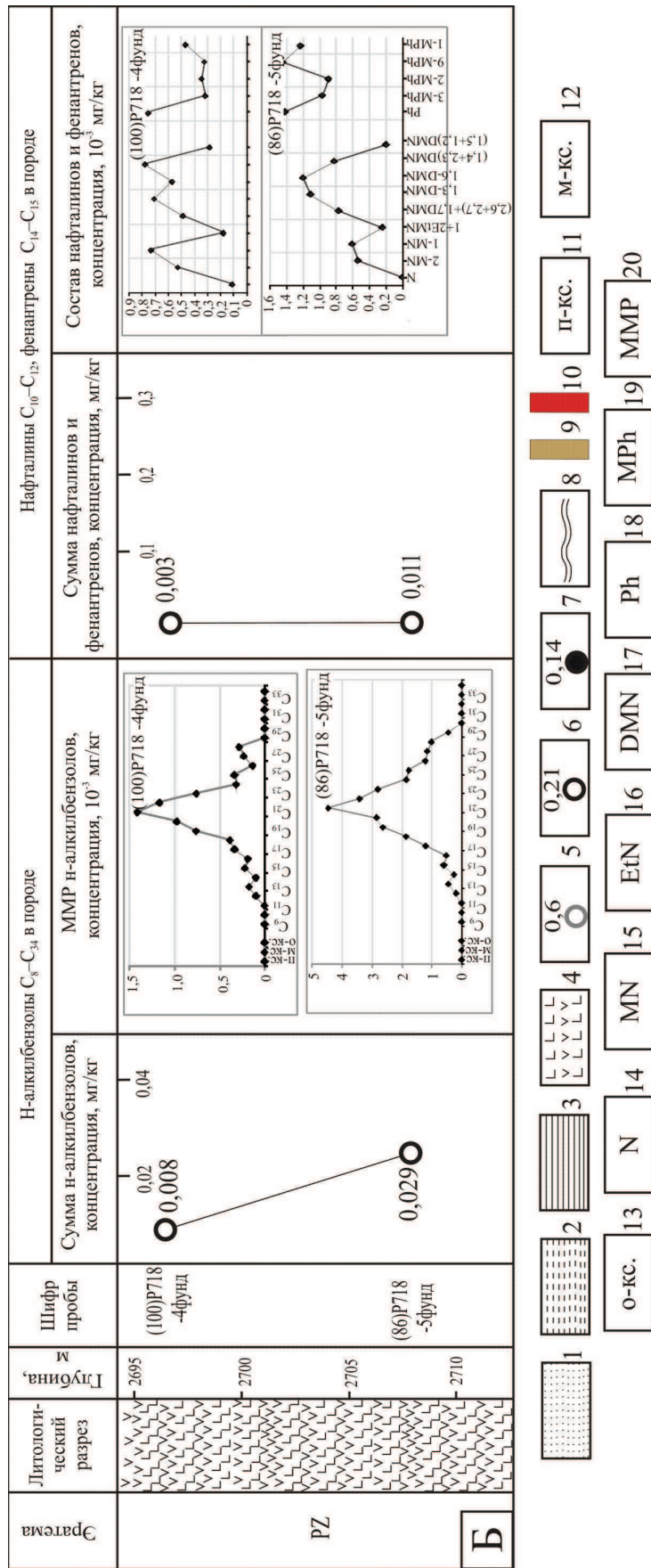
Специальные количественные эксперименты показали, что данная схема позволяет выделить из образцов алевролитов при однократной экстракции до 90...95 % УВ рядов н-алканов C_9-C_{40} , алкилбензолов C_9-C_{33} , нафталинов $C_{10}-C_{13}$, фенантронов $C_{14}-C_{16}$ [4]. В экстракте по второй ступени указанные соединения находятся на грани чувствительности метода хромато-масс-спектроме-

Таблица. Характеристика органического вещества исследованного керна глубоких скважин

Шифр образца породы	Интервал отбора, м	Свита, пласт (стратон)	Сумма экстрагированных веществ, мг/кг	Содержание в породе, мг/кг (хромато-масс-спектрометрия)					Параметр состава алканов*	
				н-алканов C ₉ -C ₄₀	изопрен-алканов C ₁₅ -C ₂₀	н-алкил-бензолов C ₈ -C ₃₄	Нафталинов C ₁₀ -C ₁₂	Фенантронов C ₁₄ -C ₁₅	K _i	П/Ф
Площадь Северо-Рогожниковская, скв. 765										
(76) CP765 10ал	1524,3	hm (K _i)	84,40	1,960	0,415	0,019	0,196	0,049	0,44	1,49
(80) CP765 9ар	1526,0	hm (K _i)	50,22	1,745	0,314	0,017	0,140	0,028	0,36	1,04
(73) CP765 8п	1546,8	vk, BK _i (K _i)	84,66	3,885	0,688	0,045	0,422	0,074	0,59	1,23
(84) CP765 7ар	1550,0	vk, BK _i (K _i)	73,36	6,445	1,616	0,059	0,530	0,056	0,50	1,43
(66) CP765 7п	1556,4	vk, BK _i (K _i)	165,70	14,835	4,878	0,233	0,689	0,058	0,45	1,40
(83) CP765 6ар	2480,3	tl (J ₃)	204,29	32,730	1,505	0,117	0,983	0,240	0,13	1,71
(67) CP765 6п	2480,1	tl (J ₃)	80,29	9,873	1,490	0,053	0,325	0,160	0,29	1,63
(82) CP765 5ар	2502,0	ab (J ₃)	5353,50	187,566	32,507	5,608	29,283	6,285	0,58	0,83
(78) CP765 4ал	2506,1	ab (J ₃)	2746,47	84,255	23,177	1,943	6,941	1,651	0,86	0,96
(79) CP765 3ар	2507,0	ab (J ₃)	644,54	129,283	4,380	0,280	2,569	1,717	0,11	1,48
(74) CP765 ал+п	2563...2565	tm, ЮК ₃₋₄ (J ₂)	116,45	8,955	0,981	0,079	2,836	0,613	0,61	3,85
(71) CP765 1п	2585,0	tm, ЮК ₃₋₄ (J ₂)	55,17	2,657	0,325	0,022	0,506	0,109	0,47	1,64
(75) CP765 0ал	2600,0	tm, ЮК ₃₋₄ (J ₂)	128,62	16,998	1,013	0,078	2,808	0,707	0,27	3,62
(70) CP765 0п	2605,0	tm, ЮК ₃₋₄ (J ₂)	88,83	2,908	0,583	0,025	0,634	0,132	0,75	2,20
(64) CP765-1п	2610,3	tm, ЮК ₃₋₄ (J ₂)	93,85	5,958	2,112	0,049	0,534	0,152	0,72	4,46
(77) CP765-1ал	2616,5	tm, ЮК ₃₋₄ (J ₂)	1741,30	254,530	12,183	0,454	7,558	1,362	0,64	5,63
(65) CP765-2п	2769,0	(Pz)	78,46	4,614	0,649	0,040	0,102	0,020	0,49	1,04
(81) CP765-3ар	2892,1	(Pz)	3014,90	120,831	16,626	5,644	35,725	8,393	0,48	1,00
(68) CP765-3п	2900,8	(Pz)	177,09	0,800	0,134	0,008	0,018	0,005	0,54	0,78
(69) CP765-4п	2903,0	(Pz)	16,14	0,145	0,033	0,002	0,0	0,0	0,57	0,58
Площадь Рогожниковская, скв. 718										
(99) P718 9ар	1586...1588	hm (K _i)	281,28	0,067	0,020	0,001	0,0	0,001	0,82	0,91
(95) P718 8п	1594,0	vk, BK _i (K _i)	54,66	0,720	0,209	0,008	0,074	0,017	1,02	1,43
(98) P718 7ар	1598,0	vk, BK _i (K _i)	53,38	0,344	0,103	0,003	0,008	0,008	0,84	1,53
(97) P718 6ар	1605,1	vk, BK _i (K _i)	50,08	0,839	0,294	0,008	0,039	0,028	0,98	1,78
(85) P718 5п	1609,0	vk, BK _i (K _i)	47,43	1,011	0,297	0,010	0,086	0,016	0,75	1,42
(96) P718 4ар	1610,2	vk, BK _i (K _i)	99,58	1,625	0,476	0,020	0,305	0,042	1,09	2,14
(100) P718-4фунд	2695,5	(Pz)	57,11	0,325	0,030	0,002	0,002	0,001	0,36	0,50
(86) P718-5фунд	2707,0	(Pz)	54,72	0,742	0,079	0,008	0,006	0,006	0,70	0,41

*Геохимические параметры состава алканов [6]: $P/F = iC_{19}/iC_{20}$ – параметр обстановки осадконакопления; $K_i = (iC_{19} + iC_{20})/(nC_{17} + nC_{18})$ – показатель источника органического вещества и обстановки осадконакопления.





трии, а при третьей экстракции чистым хлороформом — не обнаруживаются методом хроматографии. Тетра- и пентаароматические УВ могут экстрагироваться при двукратной экстракции н-гексаном: хлороформом (80:20 об. %) не полностью.

Анализ экстрактов проведен на хромато-масс-спектрометре фирмы PerkinElmer Clarus 500MS. Аналитическая колонка 30 м×0,25 мм×0,25 мкм Elite-5MS. Программирование температуры термостата 40° (5 мин) — 5°/мин — 310° (20 мин), температура инжектора 220 °С, трансферлайна — 300 °С, 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 для диапазона концентраций 0,005...0,010 мг/кг — 33 отн. %; 0,011...0,015 мг/кг — 30 отн. %; 0,90...1,30 мг/кг — 20 отн. %. Краткая характеристика органического вещества исследованных проб кернa приведена в таблице.

Концептуальные допущения, положенные в основу исследований

В качестве индикаторов миграции приняты концентрации следующих ароматических УВ, присутствующих в нефтяном флюиде, устойчивые к выветриванию и окислению [5]:

- алкилбензолы с одним заместителем нормального строения C_8 — C_{34} ;
- биароматические соединения с нафталиновым ядром, включая нафталин, 1-, 2-метилнафталины, 10 изомеров диметилнафталинов;
- триарены с фенантеновым ядром, включая фенантрен, 9-, 2-, 3-, 1-метилфенантрены.

Выяснение объективной картины межпластового перемещения УВ состава C_8 — C_{40} от нефтяной залежи в над- и подпродуктивные отложения основано и предполагает доказательств следующих допущений.

1. Слои песчаника в рассматриваемых разрезах принимаются за транзитные или накапливающие (содержащие залежь УВ) слои.
2. Генерирующими и отдающими УВ слоями являются богатые органическим веществом аргиллиты и алевролиты. Эти же слои являются естественными барьерами миграции, под/над которыми в слоях песчаника могут накапливаться повышенные концентрации мигрирующих УВ.
3. В разрезе рассматриваемого участка нефтеобразование (генерация УВ) идет гораздо менее интенсивно, чем рассеивание веществ в окружающей среде.
4. За геологическое время состав и распределение УВ в породе стабилизировались как конечный продукт генерации, накопления и последующего рассеивания веществ в разрезе отложений.

5. Перемещение тяжелых (выше C_9) УВ происходит из слоев с большей концентрацией в слои с меньшей. Обратное возможно только при значительном перепаде давления. Но аномально высокое давление в зоне нефтепроявления на рассматриваемом участке не зафиксировано.
6. Существующий массообмен можно зафиксировать при послойном исследовании над- и подпродуктивных пород на содержание нефтяных УВ. С определенной достоверностью может быть оценено расстояние перемещения мигрирующих веществ.

Исследования распределения углеводородов в разрезе отложений Рогожниковского и Северо-Рогожниковского месторождений

Распределение ароматических УВ в разрезе над- и подпродуктивных отложений в двух разведочных скважинах Рогожниковская 718 и Северо-Рогожниковская 765 представлено на рис. 2, 3.

В пределах непродуктивной скважины 718 максимальные концентрации идентифицированных УВ в аргиллитах составляют 2,5 мг/кг, в песчаниках — 1,4 мг/кг (таблица). Для алкилбензолов меловых отложений (пласт ВК₁) характерны узкие молекулярно-массовые распределения с доминированием 4—5 гомологов в интервале C_{13} — C_{17} (рис. 2), образовавшихся в окислительных условиях (отношение пристана к фитану от 1,4 до 2,1). В некоторых прослоях аргиллита в составе нафталинов и фенантронов отчетливо заметна эмиграция легких гомологов C_{10} — C_{11} и накопление немигрирующего фенантрена. Соседние выше и ниже лежащие песчаники, напротив, обогащены подвижными нафталинами, мигрирующими в них в результате диффузии или с пластовыми водами. В хантымансийской свите hm, играющей роль глинистой крышки викуловским коллекторам, нафталины C_{10} — C_{12} вообще не зафиксированы, что более всего напоминает результат водной промывки (рис. 2, А). Не исключено, что на данном участке в пределах меловых отложений активно циркулируют водные растворы. Это объясняет и отсутствие нефтепроявлений, и узкие гомологические ряды циркулирующих УВ, и «промытые» по составу нафталинов прослои 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 молекулярно-массовому распределению, то есть нефтеобразование из рассеянного органического вещества идет (об этом свидетельствуют низкие значения показателя K_i), но из-за низких концентраций не обеспечивает образование залежей (рис. 2, Б).

Концентрация идентифицированных углеводородов в слоях аргиллитов юрского возраста **в скважине 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 песча-

никах 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 скважине 718 (таблица).

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

Исследованный из низов тюменских отложений алевролит характеризуется широким (нефтяным) распределением *n*-алкилбензолов C_9 – C_{34-36} , максимумом, приходящимся на C_{13-29} , и пониженным содержанием легких гомологов C_{9-12} . В соседних с ним вышележащих образцах песчаника и алевролита фиксируются легкие гомологи C_{9-21} . Эти легкие мигрирующие углеводороды можно проследить вверх по юрскому разрезу на расстояние 100 м до абалакских глин, которые, очевидно, являются для них серьезным барьером (рис. 3, Б, В).

Выше абалакского флюидоупора в верхнеюрской зоне нефтепроявления начинает доминировать органическое вещество тутлеймской (аналог баженовской) свиты. Для *n*-алкилбензолов тутлеймских аргиллитов характерно типично нефтяное, широкое унимодальное распределение C_9 – C_{34-36} с размытым максимумом на C_{13} – C_{23} . Все нижележащие слои на расстояние до 20...25 м, включая верхи абалакской свиты, пропитаны мигрирующими легкими гомологами *n*-алкилбензолов C_{11} – C_{21} , а компоненты тяжелее C_{24} задержаны фильтрацией или в результате недостаточной летучести (рис. 3, Б, В).

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

Основной формой миграции, обеспечивающей такое распределение веществ, может быть перемещение в свободной газопаровой фазе или всплывание из зон генерации. Причем циркулируют по пластам в основном легкие алкилбензолы состава C_{11-21} , летучие C_{10-12} нафталины и, возможно, фенантрен. Именно эти вещества достаточно равномерно распределяются в нижней и верхней частях юрской зоны нефтепроявления.

Низе — в палеозойские (рис. 3, Г), и выше — в меловые (рис. 3, А) отложения углеводороды также проникают. Из нижнеюрских алевролитов в палеозойские слои нисходяще мигрируют легкие алканы и алкилбензолы состава C_{11} – C_{22} , насыщая не только песчаники, но и плотные слои аргилли-

та. Перемещение прослеживается на расстояние до 250...270 м от тюменских отложений (рис. 3, Г и 4, Б). В меловые отложения из тутлеймской свиты восходящей миграцией переходит узкий ряд легких алканов и алкилбензолов состава C_{9-20} . Их поток можно проследить до образцов хантымансийской свиты, включительно (рис. 3, А).

Нафталины и фенантроны меловых пород имеют распределение, близкое к верхнеюрским.

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

Наиболее вероятная форма нисходящего перемещения 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 тяжелых УВ также перемещается вниз, но отслеживается на расстояние до 150 м.

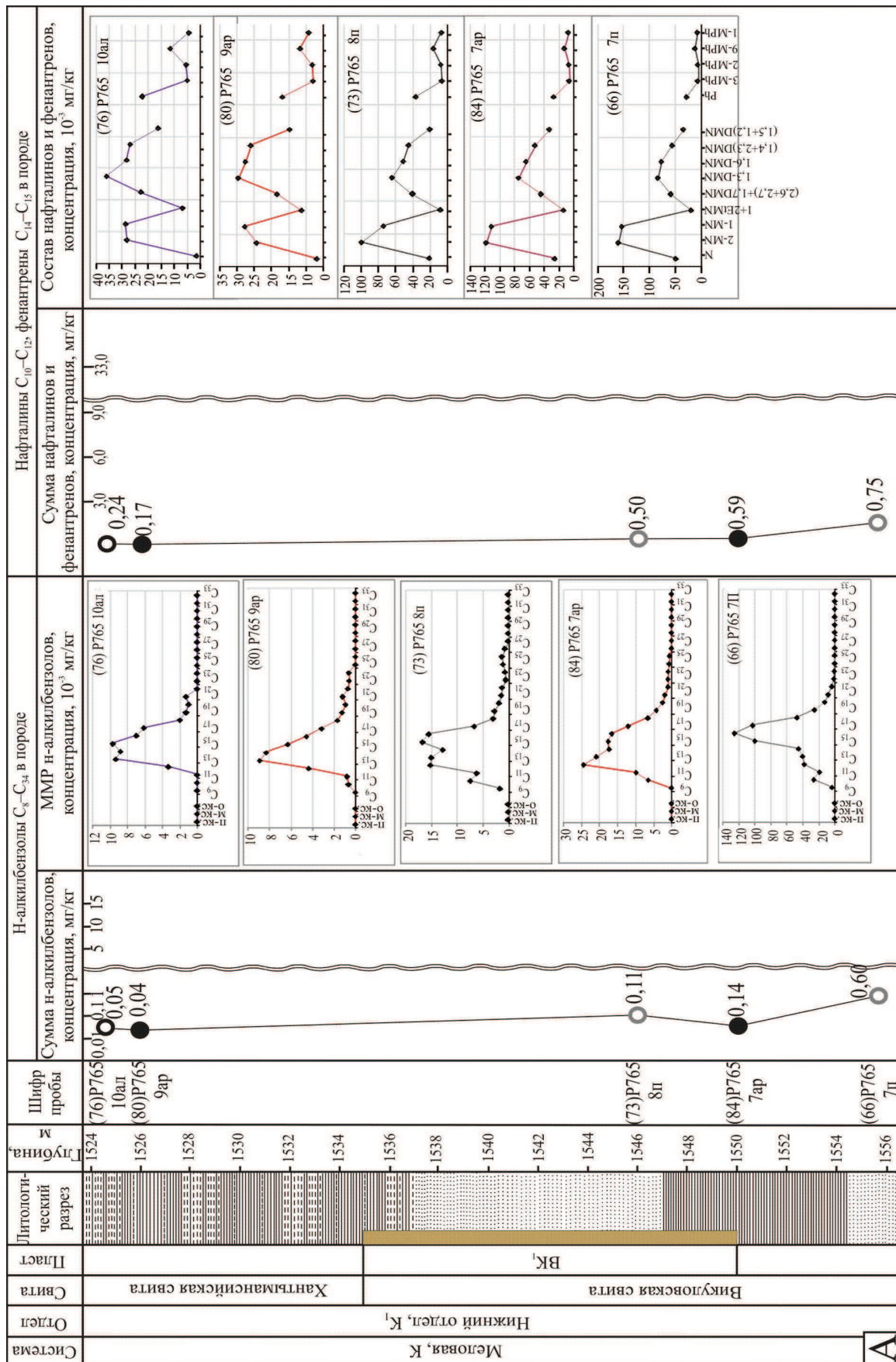
Вероятной формой восходящей межпластовой миграции из юрских в меловые и дальше по разрезу отложения может быть свободная парогазовая фаза. Всплывание маловероятно по причине отсутствия перераспределения фенантронов по меловым пластам.

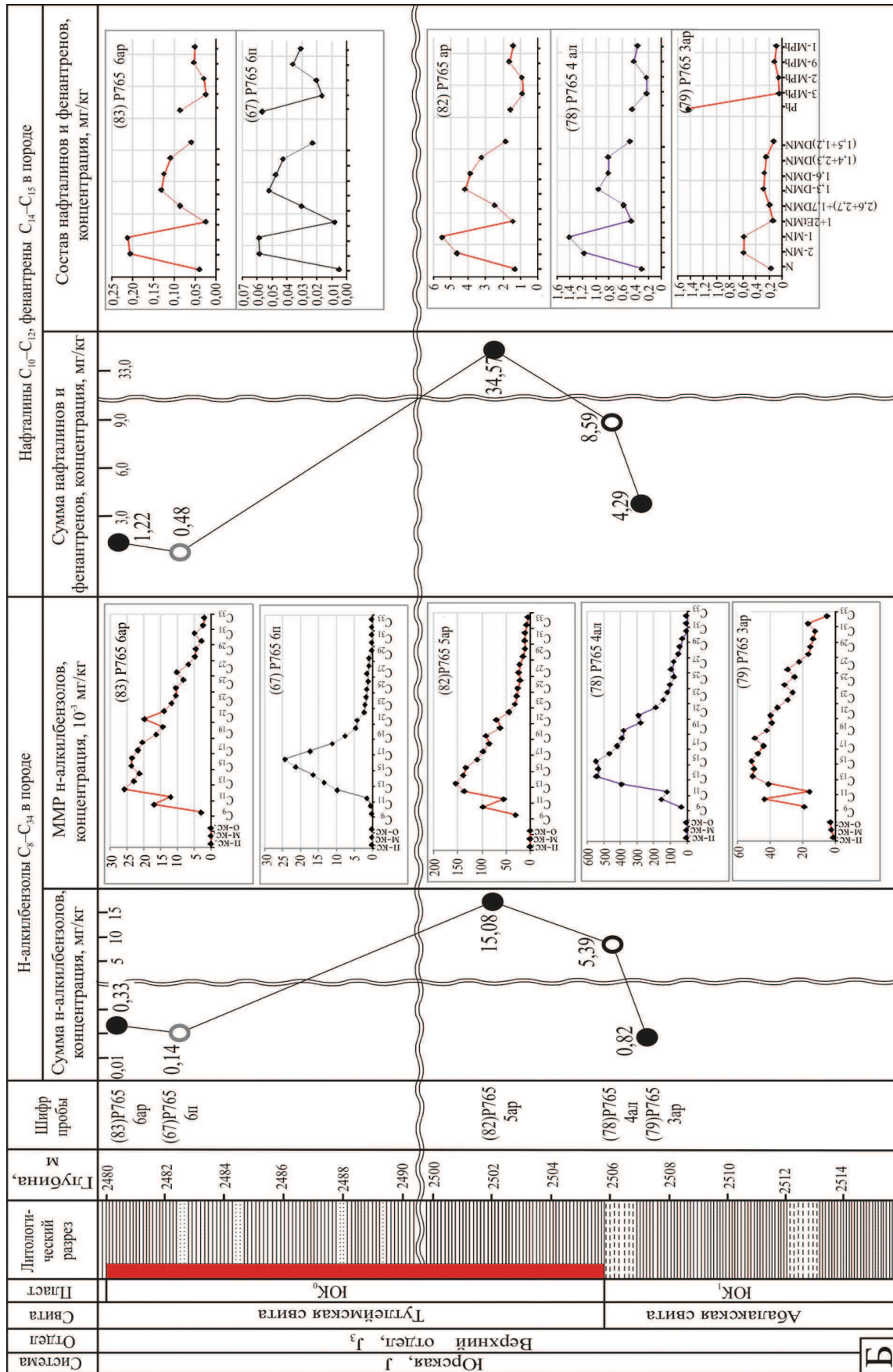
Геохимическая модель вертикальной миграции углеводородов

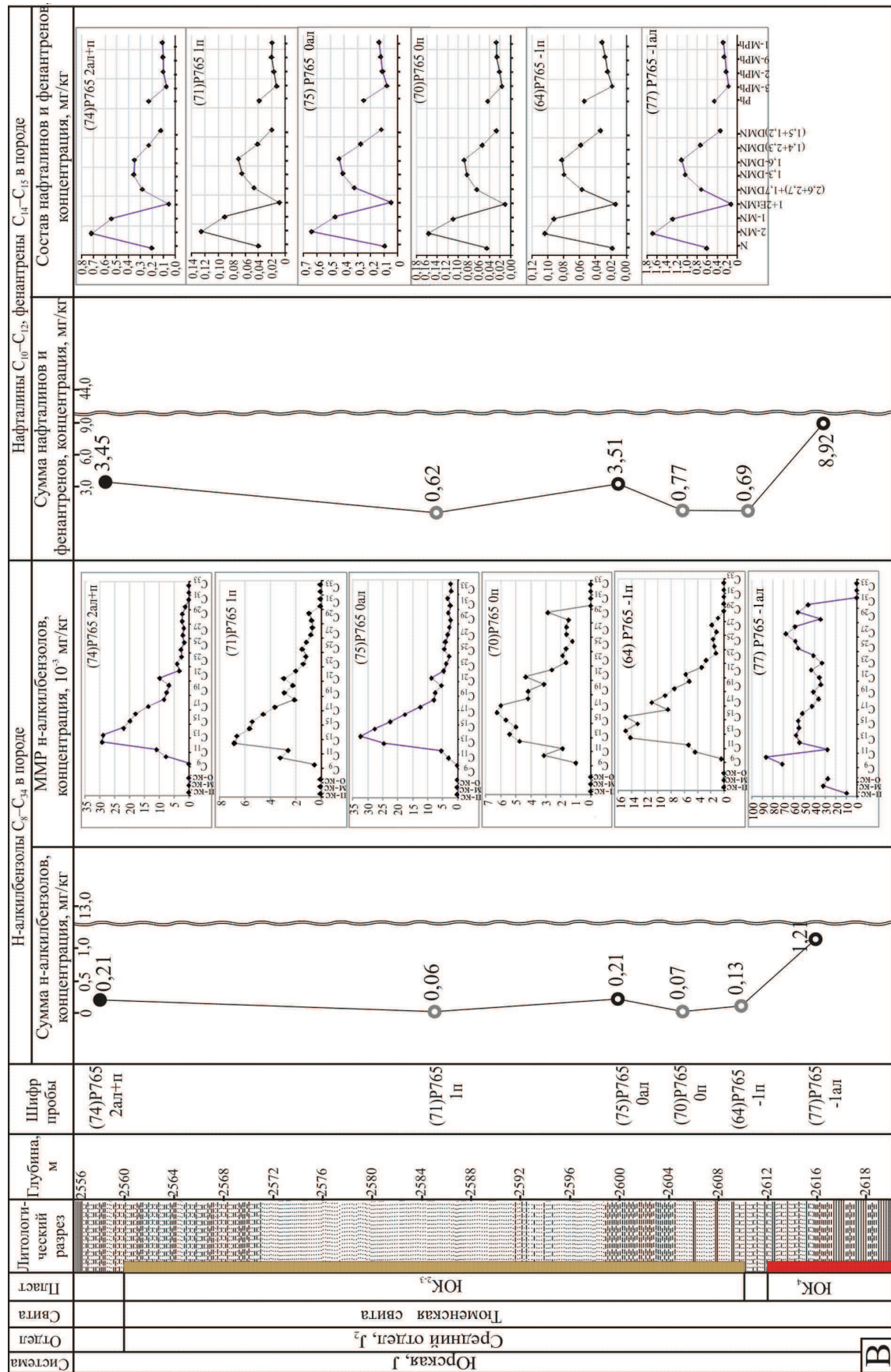
Результатом исследования послойного распределения нефтяных углеводородов в разрезе меловых, юрских и палеозойских отложений Рогожниковского и Северо-Рогожниковского месторождений явилось составление схематичной геохимической модели меж- и внутрипластовой вертикальной миграции (рис. 4, А, Б).

В разрезе отложений исследуемых месторождений можно отметить особенности модели:

1. Обширная зона юрского нефтепроявления сформирована в результате активных межпластовых перетоков из низов среднеюрского отдела (низ тюменской свиты) и из верхних отделов тутлеймской свиты. Миграция из низов тюменской свиты происходит как в нижележащие палеозойские отложения, насыщая песчаники и прослои аргиллита, так и в вышележащие пласты, заполняя углеводородами 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 проходное восходящими потоками до абалакской свиты составляет около 100 м. Выше абалакского флюидоупора в юрской зоне нефте-







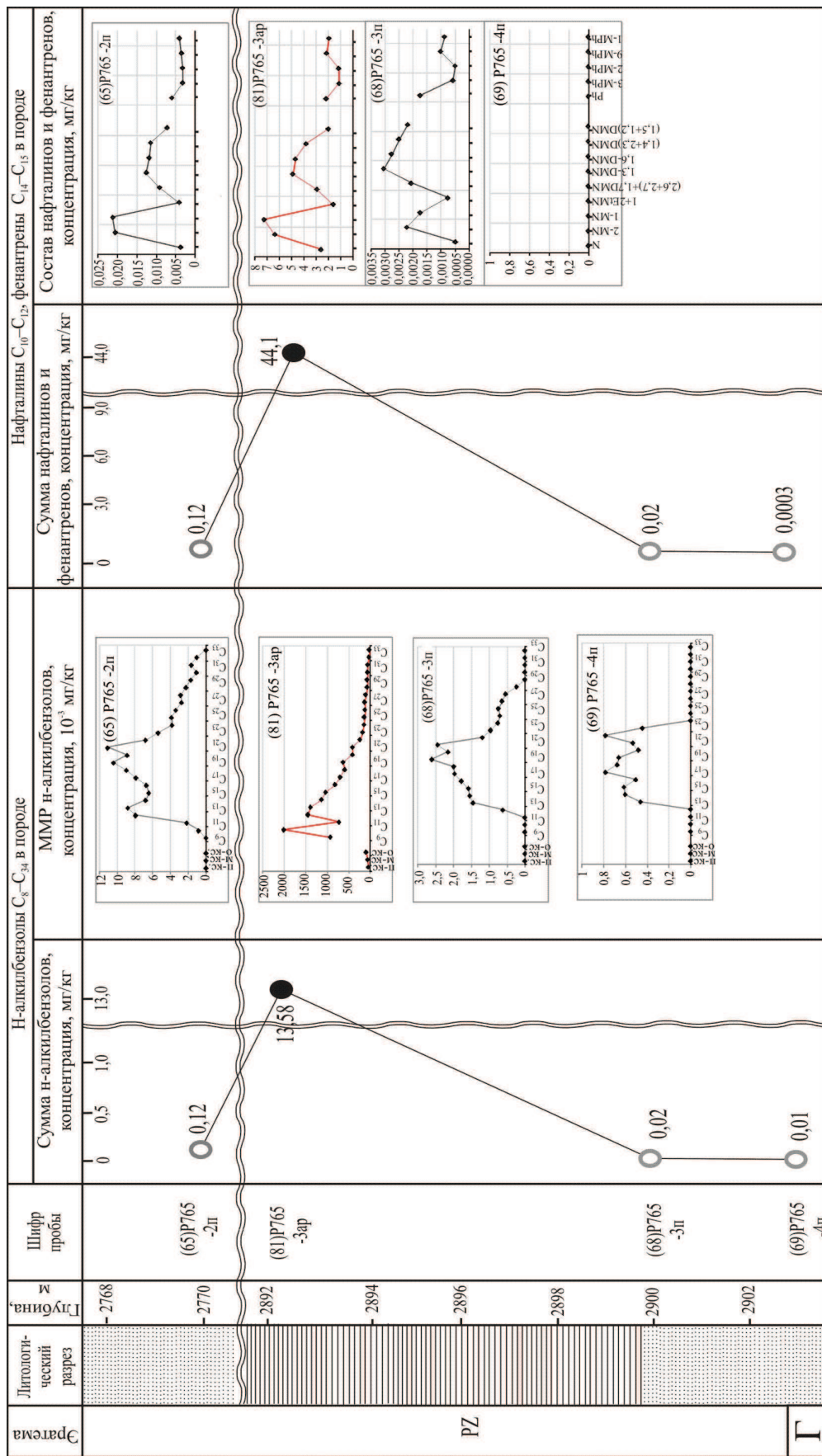


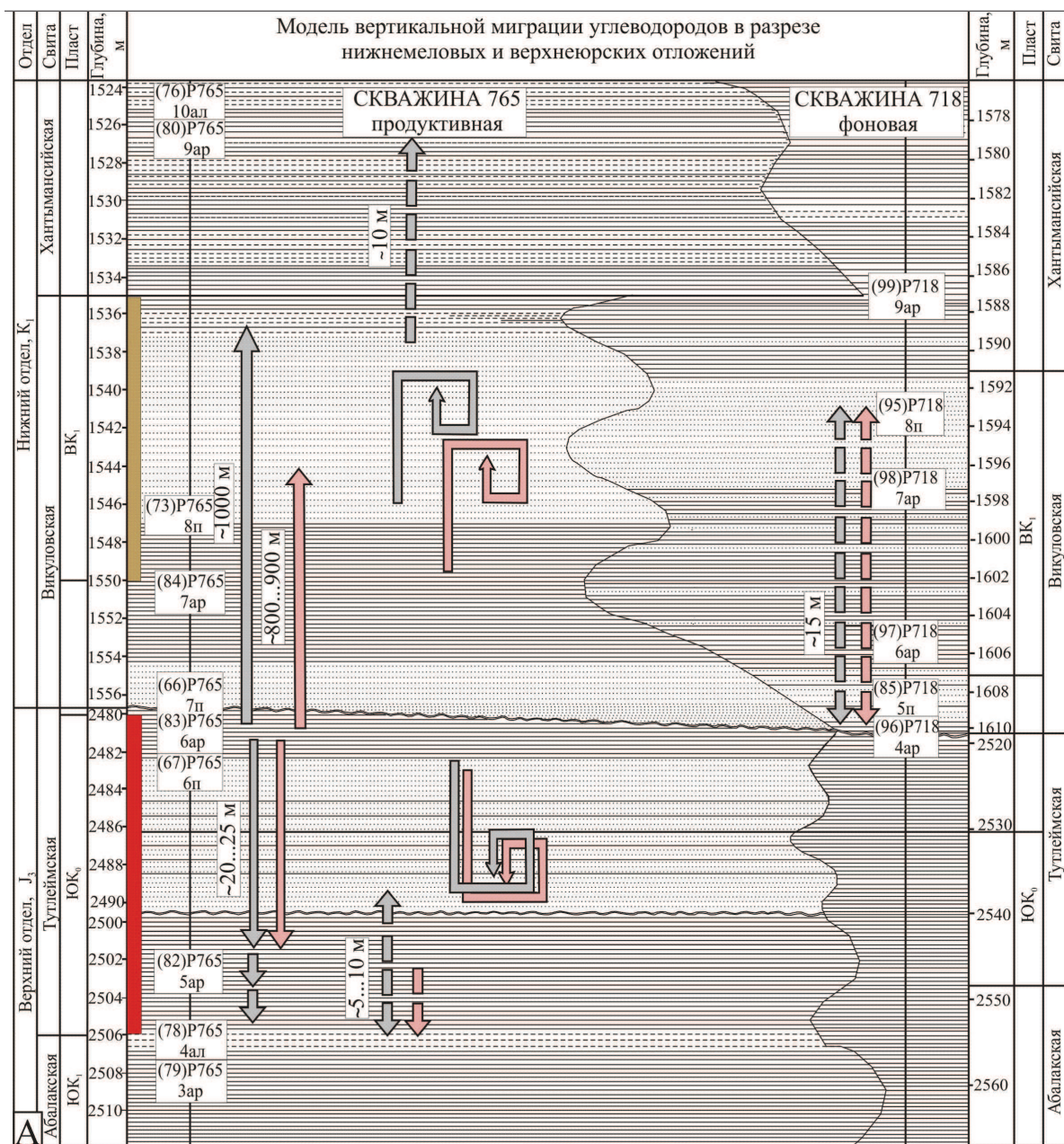
Рис. 3. Распределение ароматических углеводородов в разрезе нижнемеловых (А), верхнеюрских (Б), среднеюрских (В) и палеозойских (Г) отложений Северо-Рогожниковская 765 (условные обозначения те же, что и для рис. 2)

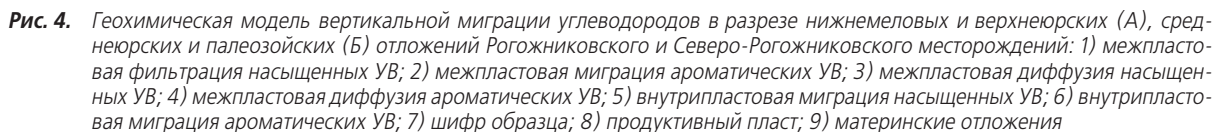
- проявления начинает доминировать органика тутлеймской свиты. Слои ниже тутлеймских аргиллитов, на расстояние до 20...25 м, включая верхи абалакской свиты, пропитаны мигрирующими легкими гомологами C_{11-21} , а компоненты тяжелее C_{24} задержаны фильтрацией или недостаточной летучестью.
- В меловые отложения УВ переходят из юрской зоны нефтепроявлений. Мигрирующий поток легких алкилбензолов состава C_{9-20} можно проследить до образцов хантыманийской свиты, включительно. Нафталины и фенантроны меловых пород также имеют распределение близкое верхнеюрским. Расстояние вертикального межпластового перемещения нефтяных углево-

дородов из юрской зоны нефтепроявлений в меловые отложения можно оценить по тенденции убывания их концентраций: для алкилбензолов – почти 1000 м, для нафталинов – 800...900 м (до верхов викуловской свиты).

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

- 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. Предполагаемый ме-





ханизм 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 фенантрена. Вероятной формой восходящей межпластовой миграции из юрских в меловые и дальше по разрезу отложения может быть свободная парогазовая фаза. Всплывание маловероятно по причине отсутствия перераспределения фенантронов по меловым пластам.

Выводы

1. Экспериментально установлено межпластовое перемещение тяжелых нефтяных ароматических углеводородов состава C_9-C_{36} в разрезе Рогожниковского и Северо-Рогожниковского месторождений Ханты-Мансийского автономного округа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по геохимии нефти и газа / под ред. С.Г. Неручева. — СПб.: Недра, 1998. — 576 с.
2. Коржов Ю.В., Исаев В.И., Жильцова А.А. Проблемы нефтепоисковой геохимии и обобщающая схема миграции углеводородных флюидов // Известия Томского политехнического университета. — 2011. — Т. 318. — № 1. — С. 116–122.
3. Атлас «Геология и нефтегазоносность Ханты-Мансийского автономного округа» // под ред. Э.А. Ахпателова, В.А. Волкова, В.Н. Гончаровой и др. — Екатеринбург: ИздатНаукаСервис, 2004. — 148 с.
4. 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: Матер. Междунар. конф. — Казань, 12–16 ноября 2007 г. — Казань: Изд-во «Фэн», 2007. — С. 356–360.
5. 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 // Геофизический журнал. — 2006. — Т. 28. — № 6. — С. 58–74.
6. Гончаров И.В. Геохимия нефтей Западной Сибири. — М.: Недра, 1987. — 179 с.
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 расстояния до 1000 м.
3. При высокой концентрации (не менее 5...10 мг/кг) миграция углеводородов происходит в свободной газопаровой фазе или в результате 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) имеет прямую зависимость от их концентрации в зоне нефтепроявления: при высоких концентрациях — активное перемещение до 1000 м, при фоновых концентрациях — на расстояние первых десятков метров (10...20 м).

Поступила 02.03.2012 г.