

Мишунина З.А.

## ЛИТОГЕНЕЗ ФОССИЛИЗИРОВАННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ГЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ

*Статья посвящена системному исследованию эволюционных преобразований органического вещества ОВ и формирования парагенетических ассоциаций минеральных и органических соединений на последовательных этапах литогенеза, применительно к каждой геотектонической зоне, а также типизации ОВ и его миграционных продуктов, познанию морфологических и генетических связей их с минеральной основой породы, со структурными и текстурными ее формами, изучению нефтемиграционных процессов в ходе геологической истории и в связи с геотектонической зональностью земной коры.*

**Ключевые слова:** органическое вещество, литогенез, фоссилизация, парагенетические ассоциации органических соединений, нефть, битум, шунгит, графит, типы преобразования органического вещества.

Исследование некоторых основных вопросов нефтяной геологии вызывает необходимость учета влияния на литосферу множества факторов как эндогенный, так и гипергенной природы. В рассматриваемом плане главнейшими из них являются факторы литогенеза, объединяющие сложный физико-химический комплекс температуры, давления (барического и направленного стрессово-тектонического), глубинных растворов и газов. Характер сочетания этих факторов, воздействующих на минеральные и органические компоненты породы, неоднозначен. В региональном плане он контролируется геотектонической зональностью земной коры - отчетливо выраженной специфичностью эндогенных процессов для каждой геотектонической зоны, что и определяет многообразие путей литогенетического преобразования в природе.

Как известно, в результате изучения минеральной составляющей горных пород, было установлено несколько направлений и, соответственно, типов их метаморфических преобразований. Общепризнанны следующие основные типы: региональный динамотермальный метаморфизм, контактово-магматический метаморфизм и динамометаморфизм [Коржинский, 1953; Семенов, 1960; Винклер, 1979]. Иные представления сложились по этому вопросу в отношении фоссилизированного органического вещества (ОВ) - второго, столь же важного и почти постоянного компонента горных пород. Литогенез его не рассматривался на фоне геотектонической зональности земной коры - считалось, что "...существует единый путь преобразования ОВ в природе" [Генерация углеводородов..., 1976], то есть тем самым, предопределялось отсутствие прямой

связи литогенеза ОВ с геотектоникой. Однако, наряду с этим, влияние того или иного природного фактора в процессах преобразования ОВ некоторыми авторами учитывается в должной мере, хотя и не связываются с геотектонической зональностью. Это особенно отчетливо и, несомненно, вполне аргументировано, отражено в работах В.А. Успенского и О.А. Радченко [Основные пути..., 1961; Успенский, 1977].

Для понимания процессов преобразования фоссилизированного ОВ наиболее результативной оказалась особая направленность системных исследований, которая может быть определена как нефтяная петрология. Задача ее - типизация ОВ и его миграционных продуктов, познание морфологических и генетических связей их с минеральной основой породы, со структурными и текстурными ее формами. Важным разделом является изучение нефтемиграционных процессов в ходе геологической истории и в связи с геотектонической зональностью земной коры. Не меньшее значение имеет исследование эволюционных преобразований ОВ и формирования парагенетических ассоциаций минеральных и органических соединений на последовательных этапах литогенеза, применительно к каждой геотектонической зоне. Методика нефтепетрологических исследований комплексная. В основном это поляризационная микроскопия, аналитические химико-битуминологические работы, а также инфракрасная (ИК) и ультрафиолетовая (УФ) спектрометрия. Нефтепетрологические исследования позволяют реконструировать картину последовательности накопления, распределения и преобразования ОВ и его миграционных компонентов. Для решения основных теоретических и практических вопросов нефтяной геологии эта информация имеет непреходящее значение.

В объем настоящих исследований включен ряд областей с широким охватом геологического возраста отложений, их фациально-литологических типов, принадлежности к разным геотектоническим зонам. Они показали, что фактором литологических преобразований ОВ, так же как и минеральных компонентов породы, являются физико-химические условия недр, которые контролируются геотектонической зональностью земной коры, что определяет отчетливую специфичность эндогенных процессов в каждой геотектонической зоне и, таким образом, создает многообразие путей преобразования ОВ в природе.

Были выделены основные, точно диагностируемые пути и, соответственно, типы преобразования ОВ и его миграционных компонентов - твердых битумов в локальных вторичных скоплениях и нефтей в первичных залежах вне влияния гипергенных факторов. Они следующие: регионально-динамотермический, стрессово-тектонический, контактово-магматический и взрывной динамотермальный. Важно отметить, что эти направления и типы

эволюционных преобразований ОВ вполне соответствуют тем основным типам метаморфических преобразований, которые, как указано выше, уже давно были установлены в результате изучения минеральной составляющей горных пород.

Регионально-динамотермальный тип преобразования ОВ свойствен платформенным перикратонным прогибам, наложенным межгорным прогибам и миогеосинклинальным зонам прогибания. Фактором литогенеза здесь является повышение динамотермического режима отложений при погружении их в бассейне седиментации. Изменение общей структуры породы ограничивается уплотнением и связанным с ним сокращением общего объема порового пространства, что может корректироваться метасоматическими и гипергенными процессами. Минералогические новообразования представлены сульфидами, а также глауконитом и некоторыми другими силикатами. Хорошо известны преобразования глинистых минералов - гидрослюдизация монтмориллонита образование иллита и хлорита.

Путь преобразования ОВ в этих условиях охватывает широкий ряд от живых форм биосферы через промежуточный этап ферментативных процессов до фоссилизированного ОВ с его последовательными стадиями эволюции от начального диагенеза до завершения катагенеза. На глубоких и сверхглубоких уровнях седиментационных бассейнов платформенных и миогеосинклинальных зон, не затронутых магматическими внедрениями, не встречается пород собственно метаморфических, то есть преобразованных до зеленосланцевой или более высокой стадии. Начало метагенеза определяется появлением истинно метаморфических минералов с верхним пределом устойчивости около 200°C [Семенов, 1966]. Это вполне соответствует фактическим данным по геотермическим условиям глубоких прогибов, где фиксируются чрезвычайно низкие геотермические градиенты. Так, в Южно-Каспийской впадине, по данным бурения, глубинам 4600 - 6021 м соответствуют температуры 69 - 91°C. Как известно, подобный динамотермический режим в зонах регионального погружения определяется двумя факторами - высокими значениями мощности осадочных малотеплопроводных пород и возрастанием с глубиной гидростатического давления, препятствующего по принципу Ле-Шателье процессам литогенетического преобразования.

Микроскопическое петрологическое изучение показало, что ОВ в основном сохраняет здесь свои первичные связи с глинистой фракцией, как в терригенных, так и в карбонатных породах. Не нарушаются также и его первичные связи со структурными и текстурными их формами. Закономерности преобразования ОВ здесь детально изучены, поскольку большинство известных месторождений мира и перспективных на нефть территорий связано именно с этой зоной. Установлена существенная роль фациального характера отложений в

количественном содержании в составе, ОВ, выявлены особенности процессов преобразования исходного материала в различных условиях и, тем самым, определены фации наиболее благоприятные для нефтеобразования [Генерация углеводородов..., 1976; Успенский, 1977; Вебер, 1983].

По нашим аналитическим данным для ряда регионов: Волго-Уральской и Тимано-Печорской областей, Днепровско-Донецкой и Южно-Каспийской впадин, Западной Абхазии и Западных Динарид [Мишунина, 1973] различия в количественном содержании и элементном и групповом составе, как общего ОВ, так и битумных его компонентов в породах различных фациальных типов вполне укладываются в те особенности физико-географической обстановки, которые им свойственны. Это отчетливо выявляется для основных типов фаций нефтепроизводящих свит. Так, для фаций погруженного шельфа свойственна зона пелагиала с преимущественно планктонным составом биоценозов, частичной деструкцией высокомолекулярных компонентов в толще воды с нормальным газовым режимом. Это обеспечивает лишь невысокое содержание ОВ в осадке, значительную его восстановленность (осадочного характера), большое содержание углеводородов в составе хлороформенного экстракта и богатство их метаново-нафтеновыми структурами. Для фации иловых впадин характерны условия недокомпенсированности осадконакопления при высоком содержании исходной биомассы как планктонной, так и бентической, хорошая ее сохранность в условиях большей или меньшей застойности вод. В связи с этим здесь отмечается повышенное (обычно высокое или очень высокое) содержание ОВ в осадке, богатство его высокомолекулярными структурами, а в углеродном составе - ароматической фракцией.

Широкий разброс значений параметров химико-битуминологической характеристики ОВ, связанный с фациальными различиями, в полной мере проявляется лишь на начальных этапах литогенеза - диагенезе и раннем катагенезе. В дальнейшем, на стадии позднего катагенеза, как это впервые установлено О.А. Радченко [1969], происходит сглаживание качественных различий в составе ОВ - вследствие деструктивных преобразований постепенно элиминируют молекулярные структуры - показатели фациальной принадлежности, например, гуминовые кислоты, порфирины. В составе ОВ все в большей степени проявляется роль литогенетических факторов. Анализ данных по ряду объектов, аналогичных по фациальной принадлежности, то есть в условиях, когда фациальный фактор снят, и влияние факторов регионального динамотермического литогенеза проявляется в чистом виде, процесс преобразования ОВ имеет отчетливо выраженный стадийный характер [Мишунина, 1978].

В ходе литогенеза, на фоне закономерного повышения карбонизации и новообразования битумных компонентов, на начальных этапах - стадиях Б→Д (ПК→МК<sub>1</sub>) - в составе ОВ повышается содержание кислородных структур, в углеводородном составе растет относительное содержание ароматики. В дальнейшем процесс резко изменяется. На стадиях Г→К (МК<sub>2</sub>→МК<sub>3</sub>) происходит снижение содержания кислородных структур и, вместе с тем, повышается, а затем начинает резко преобладать, содержание метаново-нафтенной фракции в углеводородном составе. Эта направленность процесса продолжается до завершения катагенеза [Мишунина, 1981].

В табл. 1 приведена характеристика двух образцов из нашей коллекции, ОВ которых относится к регионально-динамотермическому типу преобразования.

Первый из них из верхнетриасовых отложений миогеосинклинальной зоны Южной Албании (район с. Дукати), глубина максимального погружения которых в бассейне седиментации не превышала 1500 м. Степень литогенетического преобразования ОВ пород соответствует здесь стадии Д (МК<sub>1</sub>). Второй образец происходит из верхнепротерозойских отложений Сибирской платформы (Нахтуйск). Максимальная глубина погружения их в бассейне седиментации определяется не менее 5500 м, а стадия литогенеза соответствует К - ОС (АК).

При сравнении характеристик элементного состава нерастворимого ОВ этих образцов отчетливо выявляется процесс карбонизации - повышается содержание углерода 66,15%→81% и, соответственно, снижается доля гетероатомов 26,27%→14,4%. В групповом составе хлороформенного экстракта ярко выражен процесс повышения потенциала нефтеобразования вниз по шкале литогенеза, т.е. от первого образца ко второму - резко повышается содержание масел (8,12%→64,33%), соответственно повышается коэффициент соотношения масел и асфальтово-смолистых компонентов (0,09→2,1). Не менее отчетливо в углеводородном составе намечается процесс метанизации - коэффициент соотношения метаново-нафтенных структур и суммы ароматических значительно повышается (1,42→8,73). В образце более высокой преобразованности (Нахтуйск) вполне определенно выражено повышение содержания углеводородов в составе ОВ, что указывает на интенсификацию процесса; нефтеобразования (0,87%→2,66%) на последующих после Д (МК) стадиях. Следует отметить, что сравниваемые характеристики ОВ относятся к отложениям, сходным по фациям. Это карбонатные отложения прибрежного шельфа открытой части моря. Как указано выше, в этом случае эволюция ОВ отражает влияние лишь литогенетических факторов.

## Преобразование состава fossilized органического вещества на путях литогенеза

Параметры химической характеристики	Типы литогенетических преобразований						
	Регионально-динамотермический		Стрессово-тектонический		Контактово-магматический		
	Зап. Динариды, Албания. В. Триас. Стадия литогенеза Д(МК <sub>1</sub> )	Сибирская платформа, Нахтуйск. В. протерозой. Стадия литогенеза ОС (МК <sub>4</sub> - МК <sub>5</sub> )	Карелия, Онежская мульда Н. протерозой. Стадия метаморфизма зеленосланцевая	Карелия. Сев. Приладожье. Н. протерозой. Стадия метаморфизма -амфиболитовая	Днепровско-Донецкая впадина. Скв. Борковская-8, инт. 3875-3927 м В. девон	Тимано-Печорская обл. Скв. Ярвож-2 инт. 4504-4507 м Н. силур	Закавказье. Скв. Саатлы-1, инт. 3626-3684 м В. юра
Элементный состав дебитуминизированного ОВ, %							
С	66,15	81,90	89,36	99,13	67,92	32,73	
Н	7,58	4,54	1,0	0,04	4,79	3,51	
N	0,86	1,53	0,86	0,57 (Н+0)	1,55	1,24	
S	9,73	5,38	6,52	0,26	24,84	62,67	
O	15,68	7,65	2,26	-	0,90		
ГЭ	26,27	14,46	9,64	0,83	27,29	63,9	
С/Н	8,73	18,0	89,36	2478,25	14,18	9,3	
Элементный состав СБЭ, %							
С	74,79	76,63	59,14	75,68	62,8	64,94	69,73
Н	7,62	11,37	9,04	12,47	8,87	8,24	8,13
М+S+O	17,69	11,0	31,82	11,85	28,79	26,28	22,14
С/Н	9,8	6,7	6,54	6,01	7,01	7,9	8,8
Групповой состав ХЭ, %							
Масла	8,12	64,33	64,52	56,53	42,42		28,6
Смолы бензольные	14,8	16,92	9,65	7,39	5,05		20,9
Смолы спиртобензольные	19,4	8,44	23,86	27,9	43,43		42,3
Асфальтены	55,9	5,35	1,31	3,97	2,09		8,2
Масла/ 2 Асф.-смол. комп.	0,09	2,1	1,88	1,43	0,83		0,4
Углеводородный состав ХЭ, %							
Метаново-нафтеновые	56,61	89,93	75,64	88,09	50,98		32,3*
Ароматические: I	41,39	0	12,63	3,3	31,7		17,48
II	0	5,2	5,34	8,61	8,82		17,22
III	0	5,1	6,39	0	8,5		33,0
Мет.-нафт./ аромат.	1,42	8,73	3,1	7,39	1,03		0,47
УВ в составе ОВ, %	0,87	2,66	1,46	0,73	14,09		1,8

\* Данные по верхнеюрским отложениям района р. М. Лаба (Сев. Кавказ)

Процессы первичной миграции битумных компонентов ОВ начинают в раннем диагенезе и охватывают весь дальнейший путь регионального динамотермального литогенеза. По существу, единым фактором их является синерезис породы и формирование вакуума или дефицита давления в образующемся трещинно-поровом пространстве, что обеспечивает фракционирование ОВ и отток наиболее подвижных его компонентов [Мишунина, 1978] Мигрирующие жидкости и газообразные флюиды в ходе литогенеза испытывают эволюционные преобразования в соответствии со стадийными изменениями состава общего ОВ. Именно поэтому нефть первичных залежей политипна, отражая в своем составе степень преобразованности всей системы: исходное ОВ - нефть - твердые битумы.

Преобразование состава нефтей в литогенезе детально изучено трудами А.Ф. Добрянского, Ал.А. Петрова, А.И. Богомолова, О.А. Радченко, В.А. Успенского, В.К. Шиманского и многих других. Направленность процессов преобразования, по существу, та же, что и для рассмотренной выше углеводородной фракции исходной ОВ. Это преимущественно деструктивные реакции, в результате которых в углеводородном составе повышается содержание низкокипящих фракций и происходит элиминирование гетероатомов. По нашим материалам [Мишунина, 1978], деструктивные реакции в углеводородной фракции исходного ОВ начинают преобладать по завершению стадии Д (МК). На последующих этапах большое значение приобретают реакции диспропорционирования, особенно диспропорционирование водорода, в продуктах которых алканы резко преобладают над аренами, что и определяет генетический тип высоко преобразованной нефти. Последовательных по степени преобразованности ряд нефтей, характеризующий данную направленность литогенеза, на начальном его этапе представлен, например, нефтями Албании (месторождение Кучево) - тяжелыми, высокосернистыми, асфальтовосмолистыми, с резким преобладанием нафтеново-ароматических структур, обогащенными порфириновыми компонентами с преобладанием ванадиевых. Заканчивается тот же ряд высоко преобразованными нефтями например, Анастасьевской (скважина 8) из глубоких горизонтов Предкавказья - легкой, парафиновой, малосмолистой, без асфальтеновой, со значительным преобладанием алканов.

Миграционные флюиды, образующие в трещинах, изолированных порах и кавернах локальные гомогенные скопления, подвергаются в литогенезе процессам полимеризации и поликонденсации. Установлено, что в соответствии со стадийным характером процесса, на первоначальном этапе образуются асфальты и асфальтиты последующим этапам свойственны классы высших асфальтитов и низших антраксолитов. Имеются многочисленные примеры, подтверждающие именно такую последовательность

преобразований. Исключительно важные исследования по вопросам классификации и условиям преобразования битумов в природе были выполнены В.А. Успенским, О.А. Радченко и их сотрудниками [Основные пути..., 1961].

Таким образом, регионально-динамотермический тип преобразования ОВ и его миграционных компонентов формируется под воздействием глубинной температуры и статического давления. Он свойствен геотектоническим условиям платформенных и миогеосинклинальных прогибов и характеризуется стадийностью процессов преобразования ограниченными пределами диагенеза и катагенеза. На каждом этапе их образуются специальные парагенетические ассоциации типов ОВ и классов битумов (в их числе и нефти). Основным геохимическим процессом преобразования исходного ОВ является карбонизация. Нефти претерпевают процессы деструкции и диспропорционирования водорода. В преобразовании твердых битумов основная роль принадлежит реакциям полимеризации и поликонденсации.

Стрессово-тектонический тип преобразования ОВ приурочен к эвгеосинклинальным зонам складчатых областей. Главнейшим фактором литогенетических преобразований в этих условиях является тектонический стресс - направленное напряжение [Коржинский, 1953]. Проявляясь в глубинных зонах, этот фактор тесно связан с сопутствующим влиянием горячих - сквозьмагматических (по Д.С. Коржинскому) - растворов. Породы реагируют на эти мощные факторы структурными и текстурными преобразованиями - появлением сланцеватости, кливажа, пластического течения, складчатости, трещиноватости, а также кристаллизацией или перекристаллизацией. Минеральная ее основа включается в стадийный процесс метаморфизма, ступени которого определяются термодинамически равновесными минеральными парагенезисами. Основные стадии (фации) метаморфизма: зеленосланцевая, эпидот-амфиболитовая, амфиболитовая, гранулитовая со свойственными им пределами температур и давлений [Семенов, 1960].

Материалом для изучения преобразования ОВ в условиях эвгеосинклинальной зоны нам послужили: породы нижнего протерозоя юго-восточной Карелии и Приладожья, триаса и пермокарбона северной и северо-восточной Албании, юры западного Копетдага, Тюбеганана и Центрального Кавказа, а также некоторых других районов. Установлено, что ОВ испытывает здесь не менее существенные преобразования, чем минеральная часть породы. В условиях подвижных горных масс стрессовой тектоники, воды высокотемпературных растворов, в особенности в присутствии металлов (Al, Fe, Сг и др.), являются сильными катализаторами в реакциях преобразования ОВ. Не меньшее значение приобретает в этом отношении газовая фаза, содержащая CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, NO, C<sub>1</sub>, CH<sub>4</sub>,



высокоактивные в жестких термодинамических условиях. Процесс преобразования ОВ стрессово-тектонической направленности как бы продолжает линию динамо термического литогенеза. Как указано выше эта последняя ограничивается на последнем этапе стадиями К-ОС (МК<sub>4</sub>-МК<sub>5</sub>), тогда как начальный этап преобразования стрессово-тектонического типа, как это установлено в породах нижнего протерозоя Карелии, соответствует зеленосланцевой стадии (фации) метагенеза. Еще большую роль в преобразовании ОВ здесь приобретают деструктивные реакции, приводящие к снижению в нем битумных компонентов, повышению в их составе углеводов, а в составе углеводородной части - к резкому преобладанию алифатических структур. Здесь уже полностью отсутствуют порфириновые структуры, гуминовые кислоты и носители оптической активности.

Примерами стрессово-тектонического типа образования ОВ, химико-битуминологическая характеристика которого приведена в таблице, послужили нам нижнепротерозойские отложения Онежской мульды (Карелия, Нигозерский карьер), метаморфизованные до начальной зеленосланцевой стадии, а также более преобразованные - до амфиболитовой стадии - отложения из того же нижнепротерозойского комплекса, но уже из Северного Приладожья (район Сортавала). Как отмечено выше, весьма характерным показателем интенсивности деструктивных реакций является карбонизация ОВ, отмечаемая резким повышением коэффициента С/Н в элементном составе нерастворимой его фракции. Для сравнительно мало метаморфизованного ОВ зеленосланцевой стадии Нигозерского карьера он соответствует 89,36, по всей Онежской мульде колеблется в пределах 42,72 - 153,67 [Мишунина, 1981], а для высоко преобразованного до амфиболитовой стадии ОВ Северного Приладожья, коэффициент С/Н достигает (см. табл. 1) 2478,25. Не менее показательны для процесса карбонизации и другие параметры состава нерастворимого ОВ, например, резкое снижение суммы гетероэлементов (9,04→0,83%) и повышение содержания углерода (89,86→99,13%). Те же тенденции прослеживаются и в составе спиртобензольного экстракта. В углеводородном составе хлороформенного экстракта хорошо выражен процесс метанизации - коэффициент соотношения метаново-нафтеновых и ароматических структур резко возрастает (3,1→7,39).

Залежи нефти в эвгеосинклинальных зонах установлены только в тех их областях, которые испытали инверсионное погружение и формирование верхнего структурного этажа после завершения складчатости и вздымания горного массива. В пределах открытых эвгеосинклинальных массивов альпийской складчатости обнаружены лишь выходы газов, как это имеет место, например, на Кавказе. Тип нефтей, генетически связанных с ОВ стрессово-тектонического типа преобразования, выражен вполне отчетливо. Это очень

легкие нефти или конденсаты, почти бессернистые, малосмолистые, обогащенные твердыми парафинами. К ним относятся, например, конденсаты Ейско-Березанского района на площадях Челбасской, Староминской и других, полученные и: палеозоя [Мишунина, 1984], а также нефти Центрального Предкавказья, например, Озек-Суатской площади, полученные и: складчатых девонских отложений. Все эти залежи связаны с глубоко погруженным крупным герцинским сооружением, отходящим от Урала на запад до района Добруджи [Мишунина, 1978]. К тому же типу относятся некоторые нефти Минусинской впадины, например, Новомихайловского и Алтайского участков. Они отличаются обогащенностью легкими фракциями, низким содержанием асфальтово-смолистых компонентов (0,6%). Фракция выкипающая до 200°C содержит до 94% метановых структур, остаток от разгонки представлен парафинами высокого молекулярного веса. Нефти этих участков генетически связаны с кембрийскими отложениями складчатого основания Минусинской впадины [Козлова, Стасова, 1963].

Твердые битумы в условиях стрессовой тектоники эвгеосинклинальной зоны представлены целым рядом индивидуальных образований, различающихся по степени структурной упорядоченности, физическим свойствам и химическому составу. В нижнепротерозойских отложениях Карелии отчетливо выявляется изменение этих свойств в зависимости от степени метаморфизма минеральной основы пород. Так, в области Онежской мульды, где в породах установлена начальная степень метагенеза, соответствующая зеленосланцевой стадии - (фации) метаморфизма, битуминозные образования, не подвергавшиеся воздействию магматических контактов, представлены классом низших антраксолитов - нерастворимой высокосернистой разностью, со сравнительно высоким выходом летучих [Мишунина, 1981]. В районе Северного Приладожья, где наблюдается последовательная смена зон более высокой степени метаморфизма - от биотитовой до гиперстеновой, битуминозные образования представлены графитом. Рентгеноструктурным анализом разновидностей его диагностируются здесь от графита - в породах начального метагенеза, через скрытокристаллический графит промежуточных стадий до явно кристаллического графита в зонах магматизации и ультраметаморфизма. С повышением степени метаморфизма, наряду с эволюцией структурной упорядоченности, совершенствуется кристаллическая структура графита - уменьшается его дисперсность и, если начальный этап метагенеза характеризуется средним размером чешуек графита в десятые доли миллиметра, то в графитовых гнейсах высокотемпературных зон зерна его достигают 0,5-2,5 см. Здесь же отмечается интенсивное перераспределение графитового вещества в породе и концентрация его в сводах микроскладок и на участках деформаций

[Бискэ, Щипцова, 1979].

В дополнение к приведенному выше материалу, следует остановиться на результатах наших микроскопических наблюдений в том же плане, тем более, что он позволяет осветить вопрос о несоответствии между химико-битуминологической характеристикой ОБ графитосодержащих пород и степенью структурной его эволюции. Указанное несоответствие заключается в заметном содержании битумных компонентов в его составе и углеводов в составе хлороформенного экстракта и, наряду с этим, - в графитовой его структуре, т.е. наличии фазы свободного углерода, определяемой термо- и рентгенографическими методами.

Петрологическое изучение графитосодержащих нижнепротерозойских пород Сортавальской и ладожской серий Северного Приладожья показало, что содержащиеся в их составе ОБ представлено в виде нескольких форм. Первая из них - собственно графит, непрозрачный, в отраженном свете темно серый слабо мерцающий. Он входит в состав микро слоистых (-0,05 мм) слюдисто-кварцевых линзовидных агрегатов, контактирующих между собой по плоскостям сдвига или волочения. Собственно графит образует также крупные сгустки неправильной формы, приуроченные к зонам смятий или трещинам. Условия залегания собственно графита, как они расшифровываются под микроскопом, указывают на миграционный его характер, частью в фазе жидкого флюида по трещинам и зонам деформаций на первоначальном этапе литогенеза, частью же - в твердой фазе, в эпоху максимума тектогенеза, когда ОБ, испытывая деструктивные преобразования, приобретает алифатическую структуру и образует гомогенные тела.

Вторая форма ОБ представлена серым матовым веществом, рассеянным в виде пылевидных частиц и хлопьев в минеральной фазе, или распределенным в ней по первичной микро слоистости. Третья форма - это ОБ коричневого цвета, в отраженном свете бледнеющие, или чаще, полностью невидимое. Оно слабо пропитывает кристаллическую минеральную массу. Встречаются сложенные им, возможно биогенные, образования - сгустки и пигментные пятна, расположенные по квадратной сетке. Часты округлые или несколько удлинённые тела, иногда полые в центре, размером до 0,01 мм. По общей микроскопической картине третья форма ОБ напоминает сингенетичное ОБ, например, в нижнекарбонных кристаллических известняках Тенгиза (Прикаспийская впадина), стадия литогенеза которых определена в пределах К-ОС (МКз-МКД) Нет сомнений, что как вторая, так и третья формы ОБ нижнего протерозоя Северного Приладожья сингенетичны породам. Еще на ранних этапах литогенеза оно ассимилировалось кристаллизующейся минеральной массой, возможно занимая дефекты в кристаллической решетке минералов. Будучи таким

образом заблокировано в ней, оно, очевидно, не испытывало действия некоторых факторов литогенеза, свойственных данной зоне, что в особенности может быть отнесено к тектоническому стрессу. Именно с этим, менее преобразованным ОВ следует связывать присутствие битумных компонентов в ОВ графитовых сланцев. Это находит подтверждение и в аналитических данных (Мишуниной З.А. и Бискэ Н.С.).

Вполне очевидно, что относительную меру содержания битумных компонентов в этом, заблокированном в кристаллической структуре ОВ, отражает коэффициент С/Н в составе аналитической фракции общего ОВ (после удаления минеральной части породы). Действительно оказалось, что наименьшие значения С/Н (199,06-204,03) относятся к слюдистым сланцам, в которых микроскопически установлено сравнительно высокое обогащение коричневым и серым ОВ, то есть сингенетичным веществом второй и третьей форм. Наибольшие значения коэффициента С/Н (466,24 -2478,25) соответствуют биотитовым гнейсам с резко преобладающим содержанием собственно графита - миграционной формы ОВ.

Битумные компоненты сингенетичного породам ОВ, наблюдаемые под микроскопом, аналитически проявляют себя присутствием Н не только во фракции общего ОВ, как это указано выше, но и с еще большей определенностью в экстрактах органических растворителей, где они охарактеризованы и химически и ИК спектрами [Мишунина, 1981]. Казалось бы, этого не должно быть, если сингенетичное ОВ заблокировано в кристаллической решетке. Однако, можно предполагать, что часть микропор в кристаллической структуре породы, заполненных ОВ, оказываются раскрытыми при предварительном дроблении пробы для подготовки к анализу и становятся доступными для растворителя. Возможность такого раскрытия микропор достаточно убедительно показана С.Н. Белецкой [1990].

Таким образом, аналитически установленное присутствие битумных компонентов в ОВ графитосодержащих сланцев вполне закономерно. Как показали микроскопические и аналитические исследования, они, вероятно, связаны с ОВ, заблокированным в кристаллической их структуре. Степень метаморфизации его не достигает графитовой стадии и, по-видимому, отражает тот уровень преобразования, который был свойствен породам на этапе его захвата при кристаллизации.

Изложенный выше материал по литогенезу ОВ в условиях эвгеосинклиальной зоны, где главным фактором преобразования является тектонический стресс, показали, что здесь формируется особый тип ОВ и его миграционных битумных компонентов - стрессово-тектонический, резко отличающийся от рассмотренного выше регионально-

динамотермического. Установлена стадийность его преобразования в пределах метагенеза - высшего этапа литогенетических преобразований, которые как бы продолжают линию диа- и катагенеза, охватывая стадии от зеленосланцевой до гранулитовой. Важно отметить, что, так же как и в условиях регионального динамо термического литогенеза, ступени стадийного процесса здесь определяются как термодинамически равновесными минеральными ассоциациями, так, с известной вероятностью, и парагенетическими органическими ассоциациями - подклассами битумов и типами ОВ.

Контактово-магматический тип преобразования ОВ свойствен областям распространения магматизма - интрузивного в геосинклинальных условиях и эффузивного - как геосинклиналях, так (для некоторых типов излияний) и на платформах. Главнейшим фактором контактового метаморфизма является температура магмы, важная роль принадлежит так же летучим веществам и термальным растворам, содержащимся в ней. Значение температурного фактора здесь значительно выше, чем в условиях стрессовой тектоники - максимальная температура достигает 1200°C, иногда и выше, а потенциал воды понижен. Минеральная основа породы в условиях высокотемпературных контактов перекристаллизовывается с образованием минеральных ассоциаций, устойчивых в данной термодинамической обстановке.

Материалом для изучения преобразования ОВ в условиях контактового метаморфизма нам послужили: эффузивно-осадочные породы юры и покрывающие их, возможно, мел - палеогеновые отложения из Саатлин-ской сверхглубокой скважины (Прикуринская впадина); нижнепротерозойские породы Карелии (Северного Приладожья и Онежской мульды); верхний девон Днепровско-Донецкой впадины (скважина Борковская и др.); породы ордовика и силура Тимано-Печорского бассейна (скважины Кочмес-3 и Ярвож-2); нижний-средний карбон Прикаспийской впадины (скважина Тенгиз-8); верхнеюрские эффузивно-осадочные породы Центрального Кавказа (Военно-Грузинская дорога); брекчии грязевых вулканов Апшерона (Кейреки) и Западной Туркмении (Гограньдаг), а также некоторые другие объекты.

В условиях высокотемпературных магматических контактов fossilized ОВ включается в процессы типа крекинга и пиролиза. По режиму и характеру конечных продуктов природный крекинг имеет, по-видимому, наибольшее сходство с технологическим методом каталитического крекинга (Т-450°C, Р - атм., катализатор - алюмосиликаты). Процессы пиролиза проводятся при Т~600-1200°C и дают преимущественно газообразные продукты. Основная особенность состава продуктов крекинга и пиролиза нефтяного сырья - повышенное содержание ароматических и непредельных углеводородов, а также

присутствие водорода - в полной мере отвечает составу углеводородной фракции ОВ подвергнувшегося высокотемпературному метаморфизму.

Сравнительное сопоставление состава ОВ контактово-магматической линии преобразования и рассмотренных выше линий - динамо термической и стрессово-тектонической показало резкое его отличие от них. Если стрессово-тектонический метаморфизм можно рассматривать в некоторых отношениях как дальнейший процесс регионально-динамотермического литогенеза, то контактово-магматический метаморфизм вносит в химическую структуру ОВ более глубокие изменения. В прилагаемой таблице приведены примеры химико-битуминологических характеристик ОВ контактово-магматической линии преобразования. Они расположены последовательно по степени воздействия магматического фактора. Это - верхнедевонские отложения, вскрытые скважиной Борковская-8 в северо-западной части Днепровско-Донецкой впадины, нижнесилурийские отложения из скважины Ярвож-2 в Тимано-Печорской области, юрские эффузивы андезит базальтового состава из Саатлинской сверхглубокой скважины (Закавказье). К сожалению, два последних объекта имеют не полную характеристику, однако, специфика эволюционных преобразований ОВ и их направленность прослеживается и здесь вполне отчетливо.

Очень показателен в этом отношении состав остаточного ОВ, где по мере усиления процесса преобразования, отмечается снижение содержания углерода ( $67,92 \rightarrow 32,73\%$ ) и, соответственно, снижение коэффициента С/Н ( $14,18 \rightarrow 9,3\%$ ) и, вместе с тем - резкое повышение содержания гетероатомов ( $27,29 \rightarrow 63,9\%$ ), в особенности серы и кислорода. Эта противоположная, по сравнению со стрессово-тектоническим типом литогенеза, направленность преобразований указывает, очевидно, на существенно иные процессы, именно на преобладание полимеризационных и поликонденсационных реакций, сопровождавшихся синтезом кислородных и сернистых соединений. В элементном составе спиртобензольного экстракта закономерное элиминирование гетероэлементов ( $28,79 \rightarrow 26,82 \rightarrow 22,14\%$ ) и постепенное увеличение коэффициента С/Н ( $7,01 \rightarrow 7,9 \rightarrow 8,8$ ) очевидно отражает процесс метаморфизма битумной части ОВ - переход в более карбонизированные формы высших классов битумов. Очень интересны данные по групповому составу хлороформенного экстракта. В табл. 1, по конечным объектам сравнительного ряда отмечается резкое снижение содержания масел ( $42,42 \rightarrow 26,6\%$ ). Коэффициент соотношения масел и суммы асфальтово-смолистых компонентов существенно снижается ( $0,83 \rightarrow 0,4$ ), то есть происходят реакции полимеризации и поликонденсации с образованием ароматических соединений в структуре асфальтенов. Эти процессы еще более

резко выражены в углеводородном составе хлороформенного экстракта. Как видно в таблице, коэффициент метаново-нафтеновые/ароматические структуры значительно снижен в ОВ верхнеюрских пород северо-западного Кавказа, залегающих в непосредственном контакте с мощными эффузивами (1,03→0,47). Важно еще отметить, что по мере интенсификации воздействия, максимум содержания ароматики переходит от низших фракций к высшим, т.е. происходит синтез все более высоко конденсированных ароматических углеводородов. Вполне закономерно при этом резкое снижение углеводородной фракции в составе ОВ (14,09→1,8%).

В процессах преобразования ОВ контактово-магматического типа нельзя не видеть сходства с технологическими процессами крекинга и пиролиза. Это сходство дополняется еще и присутствием некоторых других компонентов в составе ОВ. Так, водород - обычный продукт крекинга, был установлен в повышенных количествах в составе газовой фазы ОВ, именно в тех породах, которые прошли путь контактового метаморфизма (Определялись:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$  в газовой лаборатории ВНИГРИ под руководством Е.А. Рогозиной). Относительно повышенные содержания водорода сопровождаются в них и увеличением суммы тяжелых углеводородов. Так, в верхнеюрских отложениях Центрального Кавказа (Военно-Грузинская дорога), недалеко от контакта с эффузивами, водород определен в количестве 9,26% на сумму определяемых газов тяжелых углеводородов - 50,95%. Значения тех же показателей для нижнего протерозоя в районе Шуньги (Карелия), пронизанного пластовыми интрузиями диабазов и сложенного частично вулканогенно-осадочными родами, соответствуют 1,17% и 8,48%. Максимальных значений те же параметры - соответственно: 79,68 и 22,32% - достигают в одном из образцов верхнеюрских отложений в Гагринской антиклинали (Западная Абхазия) близ контакта с эффузивами. Однако, в некоторых случаях, там, где породы имеют гибридный генетический тип, то есть испытали воздействие как контактово-магматического фактора, так (впоследствии) и стрессово-тектонического, эта закономерность, как и можно было ожидать, нарушается - содержание тяжелых углеводородов в составе из газовой фазы имеют обычные, низкие значения. Это установлено, например, в высоко метаморфизованных породах нижнего протерозоя Северного Приладожья (Карелия), где водород и тяжелые углеводороды определены соответственно: 2,79 и 0,03% - в биотитовых гнейсах, 7,92 и 0,04% - в слюдяных сланцах, 2,1 и 0,37 - в окварцованных известняках.

Большое значение для изучения химической структуры ОВ не только контактово-магматического, но и других генетических его типов имеют оптические методы исследования, в особенности ИК спектроскопия. Последняя играет не только

вспомогательную роль, но и, в силу своей высокой информативности, имеет вполне самостоятельное значение [7]. В объем объектов диагностики по ИК спектрам входит многофункциональная количественная или полуколичественная характеристика строения нерастворимой части ОВ, битумных компонентов, а также систематика по типам и стадиям литогенеза. Высокую результативность этот метод показал в приложении к нашим материалам по ОВ контактово-магматического типа. На основе исследований в этом плане (лаборатория ВНИГРИ, руководитель - Е.А. Глебовская, сотрудники: ЕМ. Файзулина, Т.Г. Тарасе Е.М. Куликова) наметились весьма интересные выводы, имеющие принципиальное значение. Было выполнено сравнительное сопоставление по главнейшим показателям ИК шкалы, характеризующим основной углерод? скелет ОВ, наличие и меру участия в его строении различных кислородных групп и, в частности, фталатов. Фталаты являются весьма характеристическим компонентом ОВ испытывавшего высокотемпературное воздействие, как это установлено Е.А. Глебовской [1971]. В нашем материале они присущи ОВ пород разного возраста (нижний протерозой - мезозой) и строго приурочены к зонам широкого развития эффузивного и (или) интрузивного магматизма. То же можно сказать и о соединениях, диагностируемых как "связи S=O в сульфоновых кислотах и сульфооксидах", хотя отмечаются они значительно реже и, так же как и те, несомненно, требуют пристального изучения. Важно отметить, что выделено несколько групп объектов, различающихся по оптическим характеристикам ОВ, регионально приуроченных к определенным геологическим условиям в контакте магматических зонах.

ОВ первой группы по ИК спектрам хлороформного экстракта в составе основного углеродного скелета содержит преимущественно длинные алифатические цепи, ароматических структур меньше, но содержание сильно колеблется, иногда до почти равного количества с алифатическими. Кислородные соединения представлены эфирами как алифатическими, так и ароматическими. Весьма вероятно присутствие непредельных соединений. Иногда обнаруживаются связи S=O в сульфоновых кислотах и в сульфооксидах. Спектры спиртобензольных экстрактов той же группы указывают на значительно более окисленный их характер. Ароматических структур здесь больше, иногда они составляют его основной углеродный скелет. В составе кислородных соединений обычно преобладают группы ароматических эфиров. Характеристическим отличием группы в целом является присутствие фталатов, обнаруживаемое практически во всех фракциях ОВ. Изучение разности ОВ этой группы обогащает породы палеозоя и мезозоя приуроченные к зонам парагеосинклиналей и предгорных прогибов. Это - ордовик и силур севера Предуральяского прогиба (площади: Ярвож, Кочмес, Вуктыл), девон Днепре ско-Донецкой и Припятской



впадин (площади: Борковская, Грибово-Руднянская, Ельская), триас и юра Предкавказского прогиба (р. М. Лаба и Белая), верхнеюрские вулканогенные отложения Прикуринского прогиба Закавказье (скважина Саатлы-1).

ОВ второй группы, так же как и первой, в составе основного углеводородного скелета содержит главным образом компоненты алифатического характера, однако довольно значительная роль принадлежит здесь и ароматическим структурам. В единичных случаях они сопоставимы по количеству. Характерны моноциклические ароматические соединения. Кислородные соединения представлены как алифатическими, так и ароматическими эфирами, содержание которых значительно колеблется. Фталаты присутствуют в небольшом количестве, иногда они определялись как "следы" или "примесь". Объекты данной группы приурочены к нижнепротерозойским отложениям юго-восточной части Прионежье. Это районы Шуныги, Максова, Верхне-Губской, Казаранды, Каменного Бора, а также район Майсулы в Северном Приладожье. Все они расположены в области поздних карелид, в непосредственной близости от интрузии габбро диабазов. В последующей истории породы испытали метаморфизм зеленосланцевой стадии.

Третья группа отличается высоким содержанием в составе основного углеродного скелета длинных цепей нормального строения, среди которых преобладают цепи с числом  $C > 20$ . Соответственно этому ароматических структур мало. Отмечается значительное содержание углеводородов (40-66,5%), преимущественно твердых парафинов. Кислородных соединений немного, они представлены главным образом алифатическими эфирами. Фталаты присутствуют обычно в следовых количествах, иногда они отсутствуют вовсе. Объекты третьей группы, так же как и второй, относятся к нижнепротерозойским отложениям Карелии, однако, в районах Северного Приладожья, к которым они приурочены (Рускеала, Сортавала, Ихала, Хухтерву и др.), представляют собой зоны проявления метаморфизма более высоких, чем двух других групп, стадий - до гранулитовой включительно. ОВ пород третьей группы, испытавшее на первых этапах своей истории контактово-магматический метаморфизм, была затем преобразовано в стрессово-тектонических условиях.

Сопоставляя ИК характеристики всех трех групп и соответствующие им геотектонические условия, можно видеть, что некоторые индивидуальные соединения, присущие ОВ контактово-магматического типа, могут, в той или иной мере, элиминировать при последующем воздействии мощного деструктивного фактора - стрессовой тектоники. Таким образом, метод ИК спектроскопии не только способен дополнить химическую характеристику ОВ, но и выявить некоторые существенные особенности геологических

процессов.

Миграционные компоненты ОВ - нефть и твердые битумы, аккумулирующиеся в породах в виде моногенных скоплений, в условиях контактовых зон представлены формами резко отличающимися от рассмотренных выше, на иных путях литогенеза. Впервые О. А. Радченко [1965] были выделены, как определенный тип, нефти, сформированные в высокотемпературных условиях, приуроченные к ряду областей Тихоокеанского пояса - Индонезийской, Ассамо-Бирманской, Камчатской и некоторых других. Общей чертой их химической характеристики указано присутствие олефинов и необычно высокое содержание ароматических углеводородов в низших фракциях. Среди них намечено несколько геохимических типов, различающихся по содержанию серы обогащенности твердыми парафинами, содержанию асфальтово-смолистых компонентов. По нашим материалам, тип нефтей контактово-магматической зоны выражен очень ярко. Их химический облик и тенденции их преобразования в данных условиях отчетливо прогнозируются (таблица 1) по углеводородному и, отчасти групповому составу хлороформенного экстракта. Это тяжелые, обогащенные асфальтово-смолистыми компонентами разности с высоким содержанием ароматических структур. Именно такой тип свойствен нефтям месторождения Мурадханлы (Прикуринская впадина), залежи которого приурочены к юрской эффузивной толще вышележащим третичным отложениям. Нефть основной залежи - в верхах эффузивной толщи - характеризуется следующими параметрами [Месторождение нефти..., 1983]:  $P_4^{20}$  - 0,888, асфальтены - 12,76%, смолы силикагелевые - 4,44%, парафины - 4,42%. Содержание ароматических углеводородов увеличивается от 14% в низших фракциях до 19% - в высших. Нефти всех залежей месторождения относятся к типу нефтей с парафиновым основанием.

Не менее типична нефть Ельского месторождения (Припятская впадина), где, по геологическим данным интенсивная вулканическая деятельность проявилась в конце девонского времени. Залежь приурочена к среднему-верхнему девону, на глубине около 2500 м. Нефть тяжелая как по удельному весу, так и по фракционному составу. Основные ее параметры:  $P_4^{20}$  - 0,911, асфальтены - 6,1%, смолы - 23,8%, парафины - 3,7%, сера - 5,47%. В углеводородном составе содержание ароматических структур увеличивается от 15% - во фракции до 200°C до 57% - во фракции 200-500°C. В суммарном дистилляте - ароматических углеводородов 39%.

Нельзя не провести еще один пример характеристики нефти из типичной области, современного вулканизма - месторождения Рагуза на Сицилии, расположенного примерно в 100 км от кратера вулкана Этна. Залежь приурочена к карбонатному комплексу триаса, на глубине до 2650 м. Основные показатели нефти:  $P_4^{20}$  0,935, сера - 2,42%, парафин - 1,3%, кокс

- 7,1%, асфальтены - 10%. Отмечается высокое содержание смол легкой фракционной состав. Как видно, приведенные параметры не оставляют сомнений в принадлежности ее к данному типу.

Даже предварительный анализ соответствующих геологических данных показал, что нефти контактовомагматического типа имеют довольно широкое распространение. Помимо тех областей, которые выделен О.А. Радченко в пределах Тихоокеанского пояса, можно указать и другие территории, например, о. Куба и некоторые районы Калифорнии [1965]. По приведенным характеристикам нефтей иногда, правда, недостаточным, по общим геологическим данным этих регионов, именно по наличию вулканических отложений в разрезе нефтеносных или более поздних образований, влияние высокотемпературного фактора здесь можно считать вполне вероятным.

Несомненно, различия в условиях формирования, главным образом, степень температурного воздействия, а также различия физико-химического характера и минералогического состава контактирующей магмы могло способствовать формированию не однотипных нефтей. Убедительным примером такого рода может служить нефть месторождения Нафталан, расположенного в 130 км к северо-западу от месторождения Мураханлы, состав нефти которого был рассмотрен выше. Нефть Нафталана [Нефти Кавказа..., 1972] тяжелая ( $P_{420} - 0,933$ ), малосернистая ( $S - 0,15\%$ ), высокосмолистая. Содержание смол сернокислотных - 25% смол силикагелевых - 12,5%, асфальтенов - 1,13%. Углеводородный состав представлен только ароматическими и нафтеновыми структурами. Нефть обеднена легкими фракциями (до  $200^{\circ}\text{C} - 4,20\%$ ). Уникальность ее состава, так же как и лечебный эффект, связывается с высоким содержанием полициклических нафтеновых углеводородов и, главным образом нафтенов, содержащих в своем составе четырехъядерную циклопентапергидро-фенантроновую систему. Сопоставление параметров характеристики нефтей Мурадханлы и Нафталана показывает, что различия между ними весьма существенны. Нефть Нафталана отличается более высоким удельным весом, резко сниженной сернистостью, отсутствием алифатических углеводородов, более высоким содержанием асфальтово-смолистых компонентов и снижением выхода легких фракций. Если принять во внимание направленность преобразования ОЕ его битумных компонентов в условиях контактового метаморфизма (см. табл. 1), то нефть Нафталана следует считать продуктом более высокотемпературных контактовых воздействий. К сожалению, отсутствует какой либо фактический материал по глубинному геологическому строению Нафталанского месторождения, который мог бы подтвердить это представление.

Твердые битумы контактово-магматического типа - высоко конденсированные

продукты первичной миграции представлены целым рядом форм, различающихся по физико-химической характеристике, отчетливо диагностируемых под микроскопом. Так, в биогермных известняках нижнего-среднего карбона юго-востока Прикаспийской впадины, по данным скважины Тенгиз-8, твердые битумы представлены гомогенными скоплениями в открытых полостях породы - порах, кавернах и трещинах различного генезиса. Наиболее распространенная разновидность их характеризуется следующим образом. Под микроскопом в проходящем свете битум непрозрачен, имеет четкие границы с окружающей его минеральной массой. В отраженном свете - чёрный, с красноватым оттенком, с тонкозернистой кристаллической структурой и несильным блеском. Микроскопически сходен с гудроном, полученным путем медленного коксования при конечной  $T = 495^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 3,5 \text{ атм.}$ <sup>1</sup> Включения битума приурочены к участкам породы изначально лишенным остатков фауны и флоры, а также и сингенетичного ОВ. Эти участки, сложенные чистыми крупными кристаллами кальцита, содержат битум в межзерновых трещинах и порах образовавшихся в процессе молекулярной перегруппировки кристаллизующегося осадка. Именно в эти скрытые пространства, где формировался вакуум или дефицит давления и происходил отток легких компонентов ОВ (нефти). В ходе дальнейшей эволюции битумы испытывали процессы полимеризации поликонденсации. Включения битума имеют здесь своеобразную «звездчатую» форму, с центром на стыке углов кристаллов карбоната и с радиально расходящимися от него межзерновыми швами. Основная особенность данной разновидности битума - полное отсутствие пиритизации. По-видимому, элементный анализ именно этой разновидности из керна скважины 39 данного месторождения показал следующий состав, (%): С — 84,30 Н - 5,52, N - 0,63, З - 6,89.<sup>2</sup> Как видно, эти параметры вполне соответствуют классу керитов [Основные пути..., 1961]. Были установлены в кернах скважины Тенгиза и еще несколько разновидностей твердых битумов, в частности, нельзя не упомянуть единичного наблюдения в полостях остатка крупной водорослевой формы пиритизированного битума. В проходящем свете под микроскопом он черного цвета с красным оттенком, слабо просвечивающий по краям включений. В массе его видны кубические и округло-кубические кристаллы пирита, размером около 1 мм. Возможно, именно тесная связь исходного для битума ОВ с данной растительной формой явилась причиной столь интенсивной пиритизации.

Несколько иные условия проявления твердых битумов контактово-магматического типа свойственны нижнепалеозойским отложениям северо-востока Тимано-Печорского бассейна. В скважине Ярвож-2, в нижней части толщи глинистых первичных доломитов

<sup>1</sup> Образец его был, по нашей просьбе, передан нам В.В. Грибковым.

<sup>2</sup> П.А. Карпов, ВолгоградНИПИнефть, 1987 г.

ордовика, обогащенных сингенетичным ОВ, по диагенетическим трещинам несколько генераций выполненных доломитом, черный, с коричневым оттенком пиритизированны битум располагается в межзерновых каналах и по зальбандам трещин. Иногда он образует характерные «звездчатые» формы, очень сходные с установленными в биогермных известняках карбона Прикаспийской впадины По-видимому, следует предполагать здесь и сходные условия формирования пустотных пространств и сами; битумов. В вышележащих глинистых доломитах нижнего и среднего силура, обогащенных сингенетичными ОВ, условия проявления битуминозных образований весьма разнообразны. Это те же «звездчатые» формы, выполнения пор и каверн выщелачивания, а также трещин типа стилолитовых швов, образовавшихся на этапе катагенеза. Заметное место занимают и проявления в диагенетических трещинах нескольких последовательных; генераций. Однако, характер битума всех этих образований, как он диагностируется под микроскопом, однороден. Это черная, иногда с несколько коричневатым оттенком, непрозрачная разность с матовой, как бы пылевой поверхностью.

Исключительно интересны битумопроявления в осадочно-вулканогенной толще вскрытой сверхглубокой скважиной Саатлы-1 [Мишунина, 1988]. Здесь ОВ, ассимилированное внедряющейся магмой из боковых осадочных пород вулканического жерла и из ксенолитов, находилось в оптимальных условиях для высокотемпературных воздействий. В верхней части разреза скважины, до глубины 3646 м, в сгустковых слабо доломитизированных, частые органогенных известняках, чередующихся с эффузивными породами, присутствует твердый битум. Под микроскопом он непрозрачен, почти черного цвета, в отраженном - красновато-коричневый, приурочен к межзерновым каналам и порам на перекристаллизованных участках известняков. Ниже по разрезу, на глубине 6425 м, в доломите переходящем в глинистый доломитовый сланец сильно обогащенный сингенетичным ОВ, битум представлен разностью черного цвета с сильным блеском в отраженном свете. Он выполняет извилистые тонкие трещины и, в виде неправильной формы включений, распределяется по всему шлифу.

В нижней части разреза скважины, где эффузивы представлены дацитами, плагиогранитами, вторичными кварцитами, кордиеритовыми сланцами, проявления битумов незначительны. Это редкие выполнения мелких каверн темно-коричневым веществом, в отраженном свете с тускло-красноватым оттенком, с заметным блеском. Интересно отметить его связь с лейкосомом и хлоритом. По-видимому, это битум типа природного кокса. Наблюдаются, кроме того, редкие проявления по системе тонких, почти прямолинейных трещин черного, в отраженном свете светящего битума, сходного с шунгитом. Как видно,

микроскопическая характеристика битумов весьма разнообразна. Среди них различаются разности сходные с керитами, природными коксами, шунгитами. Нет сомнений, что эта разнотипность объясняется неоднородностью воздействия контактовомагматических факторов.

Не менее представительными в плане контактово-магматических преобразований являются твердые битумы Прионежской мульды Карелии. Здесь пластовая интрузия диабазов и габбро диабазов, прорывающая толщу нижнего протерозоя обогащенного ОВ и выходящая близ с. Шаньга, приурочена к концу века заонежской свиты. Эффузивные излияния датируются несколько более поздним временем. Битумопроявления в породах многочисленны и разнообразны по характеру. Ниже приведены материалы по двум наиболее примечательным образованиям - шунгиту и суйсарскому битуму. Первое из них, приуроченное к заонежской свите, расположено близ с. Шуньга. Это известная непромышленная залежь шунгита, начало изучения которой было положено еще в прошлом веке (А.А. Иностранцев). Битум изучался затем Н.А. Орловым и В.А. Успенским, В.И. Тимофеевым, Ю.К. Калинин и др. По результатам наших исследований [Мишунина, 1981], шунгит линзообразной залежи характеризуется следующим образом. Цвет черный с сильным смоляным блеском, под микроскопом в проходящем свете непрозрачный, в отраженном - темно-серый, матовый с заметной тонкодисперсной пиритизацией. Отчетливо видны две системы трещин - диагенетические линзообразные кварц-серицитовые и тектонические прямолинейно-протяженные кварцевые, пересекающиеся почти под прямым углом, что и создает отдельность. Выявлен, кроме того, особый элемент структуры - концентрические валики и секущие их радиальные трещины, расходящиеся от округлого или несколько овального кратера (размеры их ~ 2-10 мм), ограниченного валиком. По-видимому, они представляют собой следы пульсирующих выделений газа.<sup>3</sup> На некоторых участках наблюдаются многочисленные неправильно-овальной формы поры - газовые пузырьки, размером 0,02-0,2 мм, вытянутые в одном направлении, занимающие иногда 10-15% площади шлифа. Залежь шунгита сопровождается многочисленными жилами, выполненными кварцем, шунгитом и асбестоподобным минералом.

Высокая эффективность миграционных процессов, в результате которых образовалось крупное гомогенное скопление битума и многочисленные проявления его, как связанные с ним, так и расположенные в отдалении, указывают на то, что основным фактором миграции

---

<sup>3</sup> Эти образования по своему строению и механизму действия, по-видимому, являются аналогами - в субмикроскопическом масштабе - грязевых сопков и грифонов.

здесь следует считать резкие термические и сопутствующие им динамические воздействия. Условия залегания линзообразного тела, структурные и текстурные признаки битума, в частности, следы интенсивного газовыделения, с несомненностью говорят о подвижной его консистенции, может быть типа мальты, на первых этапах формирования залежи и, вероятно, об излиянии битума на дне заонежского бассейна с последующим захоронением его осадками.

Суйсарский битум - второй пример битуминозных образований Прионежья представлен иным генетическим типом. Он приурочен к туфогенным сланцам суйсарской свиты Нигозерского карьера (близ г. Кондопога) Это плоские линзы - "лепешки", диаметром до 10 см, толщиной до 1,5 см, разбитые системой радиальных и концентрических трещин синерезиса, с выцветами хлорита и пестроцветных окислов металлов на их поверхности и по трещинам. Битум черный блестящий, в шлифах под микроскопом не прозрачный, в отраженном свете светлеющий. Условия залегания включений и их структурные особенности показали [Мишунина, 1981], что миграция исходной для них нефти происходила по трещинам дна Суйсарского бассейна. Ее сгустки, плавающие на поверхности вод, окислялись до мальты или асфальта, затем погружались на дно и захоронялись осадками.

Аналитические исследования шунгита и суйсарского битума, выполненные в лабораториях ВНИГРИ достаточно подробно характеризуют их особенности. Как тот, так и другой битум оказались нерастворимыми в обычных органических растворителях. По элементному составу и данным технического анализа, они показали значительные различия:

Элементный состав, %	Шунгит	Суйсарский битум
C	96,22	86,02
H	1,36	0,13
S	0,41	10,04
N	0,79	
O	1,22	
с/н	70,75	661,69
Выход летучих	10,70	9,22
Влага	2,06	2,14
Зола	5,59	1 1 .83
Спир.	0,188	0,18

Как видно, Суйсарский битум содержит меньше водорода, чем шунгит и коэффициент C/H в нем значительно выше. Очень показательна высокая сернистость, более чем в 20 раз превышающая сернистость шунгита, а также повышенное содержание кислорода, что в сумме указывает на большую его кислотность. Зональность более высока в суйсарском

битуме, но выход летучих в нем несколько ниже. Намечаются существенные различия и по данным спектрального анализа. Так, содержание V и Ni в суйсарском битуме в общем занижено, сравнению с шунгитом, и соотношение их различно: если в шунгите более чем трехкратное преобладание Ni, в суйсарском битуме V в четыре раза больше, чем Ni. Обращает на себя внимание некоторое содержание Zr и Be в суйсарском битуме и полное их отсутствие в шунгите. Наконец, следует отметить особенность шунгит; содержание газа, связанного, вероятно, с теми микроскопическими порами, о которых упоминалось выше. Газ, извлеченный из шунгита в количестве 16 мг, содержал (% по объему): CH<sub>4</sub> - 5,18, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> - 0,042, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> - 0, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> - 0,001, H<sub>2</sub> - 0,001, N<sub>2</sub> - 78,18, CO<sub>2</sub> - 16,56, He - 0,042. Как приведенные данные, так и специальные углепетрографические исследования Мишуниной З.А. и Сарбеевой Л.И., позволяют отнести суйсарский битум к классу низших антраксолитов, то есть, образованиям менее метаморфизованным, чем шунгит, испытавшим сравнительно меньшее влияние магматического фактора. Вместе с тем, возможно, что в основе различий их спектральной характеристики и некоторых структурно-текстурных признаков лежит также и фациальный фактор - принадлежность суйсарской свиты прибрежно-морской фации, а заонежской свиты - к фации иловых впадин [Мишунина, 1978б].

Таким образом, твердые битумы в условиях контактово-магматического метаморфизма, при всем их индивидуальном разнообразии, занимают довольно узкий диапазон в спектре эволюционных преобразований - от керитов и природных коксов - в Тенгизе и Ярвоже, до высших антраксолитов в Прионежье Карелии.

Помимо твердых битумов, в вулканогенных и осадочных породах контактово-магматических зон микроскопически в шлифах установлены образования различного морфологического облика, несомненно, также имеющие миграционную природу. По обилию и степени распространенности первое место среди них принадлежит "пигментным битумам". Они представлены веществом коллоидной структуры с низким показателем преломления. Цвет - оранжево-желтый, оранжевый, оранжево-красный, изредка чисто красный, в отраженно свете темнеющий. В шлифах пигментный битум наблюдается в порах и трещинах, преимущественно в краевых участках шлифа и окаймляет его край в виде прерывистой полосы или отдельных вытеков. Отмечено изменение цвета пигментации от оранжево-красного - для включений в центральной части шлифа, до оранжево-желтого - на его периферии. Шлиф как бы играет здесь роль хромотографической колонки с последовательным выделением из ОБ гаммы компонентов различной плотности и разного



цвета. Установлено, что пигментные битумы экстрагируются канадским бальзамом<sup>4</sup> из породы шлифа в процессе его изготовления. В этом убеждает тот факт, что в параллельных шлифах, изготовленных из того же штуфа породы, но не на канадском бальзаме, на силикатном клее, подобных проявлений не наблюдалось, то есть, экстрагирования из породы шлифа пигментной фракции не происходило. Ясные следы процесса экстракции в шлифе наблюдались в виде непосредственной связи пигментных образований с включениями тонкокристаллических черных блестящих битумов, с которых они как бы растекались по открытым трещинам и по периферии шлифа. Имеется, однако, особый тип пигментных проявлений, который с большей вероятностью можно считать продуктом фракционирования нефти в процессе миграции с больших глубин под высокотемпературным воздействием. К ним, в частности, относятся обильные проявления ярко оранжево-красных битумов в парагенезе с аутигенными кристаллами корунд и другими образованиями рассматриваемым ниже в кавернах и трещинах выщелачивания известняков в скважине Тенгиз-8. Возможно, этот тип пигментных битумов - продуктов фракционирования нефти на глубине имеет более широкое распространение, чем это можно было установить нашими микроскопическими наблюдениями. Химическая структура пигментных битумов не изучалась аналитически. Однако, приведенные выше данные о составе ОБ и его миграционных компонентов контактово-магматического типа не оставляют сомнений в их природе. Они представляют собой полициклические ароматические соединения или (и) конденсированные гетероциклические структуры, многие из которых, как известно, дают начало целому ряду красителей. Они образуются в фоссилизированном ОБ и в его миграционных продуктах в высокотемпературных контактовых процессах и, как уже упоминалось, экстрагируются канадским бальзамом в микроскопических препаратах. Изредка они представляют собой продукт естественного фракционирования нефти на больших глубинах.

Пигментные битумы установлены нами в шлифах из обогащенных ОБ пород различного возраста и разных районов, которые в ходе своей геологической истории испытывали контактово-магматическое воздействие, или же тех, для которых такое воздействие следует считать вполне вероятным. Главнейшие из них еле дующие: нижний протерозой Прионежья и Северного Приладожья, венд Аяно-Майского района Восточной Сибири, ордовик и силур северо-востока Тимано-Печорской области, верхний девон Днепровско-Донецкой впадины, нижний карбон Прикаспийской впадины, юрские породы

---

<sup>4</sup> Клеющее вещество шлифа, по составу - смесь некоторых терпенов и их производных.

Западной Абхазии, Главного Кавказской хребта (район Казбека), Прикуринской впадины. Представляет большой интерес присутствие подобных же пигментных битумов в шлифах брекчий грязевых вулканов Апшерона (Ахтарма, Кировый бугор, Кейреки) \ Западной Туркмении (Гогрань-даг). Очевидно, высокотемпературные условия создаются здесь самовозгоранием газов при извержениях, часто имеющих катастрофический характер.

В природных условиях аналогичные, или сходные по характеру с пигментными битумами, образования имеют довольно широкое распространение. К ним относится, например, кертизит и его спутники, установленные в Восточных Альпах, в Калифорнии, в Закарпатье, во всех случаях связанные с гидротермальными сульфидно-ртутными месторождениями [Успенский, 1977]. По данным В.А. Успенского, кертизит Закарпатья - кристаллический минерал желтого цвета, по составу - конденсированный ароматический углеводород элементного состава (%): С - 93,64, Н - 6,10. Он приурочен к зоне контакта интрузии диорит порфирита с обогащенными ОВ аргиллитами палеогена. Совместно с кертизитом присутствует кислородосодержащий минерал карпатит, а также ряд еще мало изученных различной окраски (оранжевой, зелено-желтой, сине-зеленой и др.), также бескислородных разностей. Обнаружены здесь и темные смолистые битумы - спутники кертизита, по элементному составу близкие к высшим керитам. Нельзя не отметить, что наблюдалось у нас в шлифах под микроскопом. Представляет также большой интерес сообщение [Сорокина, Кодина, Галимов, 1986] о присутствии полициклических ароматических углеводородов (перилена, пирена, хризена и др.) в ОВ плиоценовых отложений Калифорнийского залива в условиях стрессового теплового режима. Наконец, весьма показательна недавно установленное присутствие в матрице хондрита Альенде ряда ароматических соединений: нафталина, фенантрена, антрацена и их гомологов [Zenobi et al., 1989]. Таким образом, все проявления, описание которых приведено выше, в том числе и установленные микроскопическими наблюдениями, по химической характеристике относятся к единой группе - конденсированных ароматических соединений. Все они являются продуктом природных высокотемпературных процессов преобразования ОВ.

Иные по морфологии и, как будет видно ниже, различные по составу микроскопические объекты были обнаружены нами в парагенезе с пигментными битумами. Одни из них, часто встречающиеся, определены как нитевидные кристаллы (вискеры), другие, наблюдаемые лишь в нескольких шлифах, по-видимому, представляют собой жидкие кристаллы.

Нитевидные кристаллы, как объект научных исследований и практического использования (по причине их ценных технических свойств), известны с конца 50-х годов.

Существует обширная литература о свойствах и методах их получения, а также о природных их формах, свойственных всем классам минералов [Бережкова, 1969]. Среди способов искусственного выращивания нитевидных кристаллов, наибольший интерес для нас представляет гидротермальный синтез и, особенно - реакции пиролиза, при которых, как указывается, происходит разложение бензола, циклогексана, пропана и др. Исследовались, кроме того, нитевидные кристаллы, полученные из расплавленного кварца, а также возникшие в природных гидротермальных процессах [Abrahams, Stockbridge, 1962]. Установлен их рост вдоль длинной оси кристалла и принадлежность к высокотемпературным кристаллическим формам - кристобаллиту и  $\alpha$ -кварцу. Интересно, что еще в 20-е годы получали червеобразный "графит Броди" обработкой графита смесью серной и азотной кислот при прокаливании (П.Ф. Флоренский, 1930).

Нитевидные кристаллы широко распространены во всех изученных нами породах, прошедших путь контактово-магматических преобразований. Обнаружены они и в брекчиях грязевых вулканов Апшерона. Они всегда (исключения очень редки) сопутствуют пигментным битумам. Можно было думать, что они возникают при изготовлении шлифа, когда происходит экстракция канадским бальзамом некоторых циклоароматических соединений из ОВ породы. Однако, более вероятна иная их природа.

По микроскопическим наблюдениям, среди нитевидных кристаллов выделено два типа. Первый из них представлен полупрозрачными, сложно и пластично изгибающимися нитями, шириной 15-20  $\mu$ , сохраняющейся на всем их протяжении, при значительной длине, иногда превышающей 2-3 см. Цвет - преобладающе синий и голубой, нередко фиолетовый и розовый, иногда оранжевый и ярко-красный. Кристаллы этого типа фиксируются в шлифах преимущественно на площади породы, но иногда концы их выходят за ее пределы, на площадь покровного стёкла, как бы плавающая в канадском бальзаме. Весьма эффектные их проявления обнаружены в крупных кавернах выщелачивания, о чем будет сказано несколько ниже.

Второй тип нитевидных кристаллов представлен более тонкими структурами - 10  $\mu$ , иногда с раздвоенными концами или с ответвлениями и утолщениями, а некоторые с ясно видимым центральным каналом. Они также изгибаются, иногда спирально скручиваются, но видна их большая хрупкость и ломкость. Только изредка они представлены почти прямыми, сравнительно короткими иглами с заостренными концами. В проходящем свете они прозрачны и бесцветны, выявляясь только по слабому контуру, в поляризованном свете приобретают яркие интерференционные тона. В шлифе они сосредоточены, главным образом, за краем породы - на площади покровного стёкла, но часто отмечается и в кавернах,

выполненных черным битумом. Иногда, в крупных кавернах выщелачивания они представлены как ассоциации с черным битумом, нитевидными кристаллами первого типа, пигментными битумами и аутигенными кристаллами корунда. По-видимому, именно эта типичная парагенетическая ассоциация, иногда дополненная еще и жидкими кристаллами, свойственная ряду изученных объектов (нижний карбон в скважине Тенгиз-8, верхняя юра в скважине Саатлы-1, нижний протерозой в скважине Казаранда-34 и др.) и служит доказательством, исключающим техногенную природу наблюдаемых нами нитевидных кристаллов. Для решения же вопроса о генезисе их, несомненно, имели бы большое значение электронно-микроскопические наблюдения. Однако, имеющийся в этом плане материал весьма ограничен [Шунгиты Карелии..., 1978] и не увязывается с нашими данными. Несомненный интерес представляет только одна из приведенных автором фотографий - образца "миграционного шунгита из Максова", где видны образования, совершенно подобные одной из разновидностей нитевидных кристаллов второго типа - тонких игл с заостренными концами. Снимок вполне подтверждает сингенетичность этих структур включающему их "миграционному шунгиту".

Природным аналогом наблюдаемых в микроскопических препаратах нитевидных кристаллов первого типа является недавно описанный "черный войлок из Волыни" [Чёрный войлок..., 1987], приуроченный к округлым кавернам в пегматитах контактовой зоны. Это кратко охарактеризованное образование представлено массой перепутанных тончайших волокон черно-синего цвета. Установлено его брутто-формула:  $C_{491}H_{386}NSO_{87}$ . Основываясь на ней можно думать, что наши нитевидные кристаллы первого типа представляют собой малосернистое кислородсодержащее углеродное соединение. По-видимому, к сходным по характеру образованиям относятся и некоторые спутники кертизита (см. выше), имеющие нитевидную структуру. В.А. Успенский все подобные образования относил к группе  $\gamma$ -нафтоидов - углеводородных соединений полициклической структуры, - миграционных продуктов сингенетичного ОВ.

Иной морфологический облик и, несомненно, иной химический состав имеют нитевидные кристаллы второго типа. Только предположительно, по общей микроскопической характеристике, можно думать, что они представляют собой некоторые высокотемпературные формы кварца, которые, как известно, иногда образуются в природных условиях, а также выращиваются искусственно в определенной физико-химической среде.

Жидкие кристаллы, с которыми идентифицированы некоторые структуры, наблюдаемые нами под микроскопом, были открыты в конце прошлого столетия (Lehmann

О. и др.) в некоторых органических соединениях при их растворении или плавлении. Ставшие предметом пристальных теоретических исследований, они нашли широкое применение в оптике, электронике, приборостроении. Жидкие кристаллы представляют собой особое агрегатное состояние - в пределах определенного температурного интервала - между кристаллической твердой фазой и изотропной жидкостью. Установлено [Жен де П, 1977], что они обладают двупреломлением, иногда сопровождающимся дихроизмом. Основные их типы - это одноосные кристаллы. Жидкокристаллическое (мезоморфное) состояние характерно для многих органических соединений обладающих удлиненной формой молекул и их агрегатов (блоков). Определены условия, как искусственного получения, так и природного образования жидких кристаллов.

В наших материалах жидкие кристаллы представлены следующими различными типами. В крупных кавернах выщелачивания известняков нижнего карбона (скважина Тенгиз-8), под микроскопом в поляризованном свете наблюдались округлые пятна, состоящие из concentрических полос яркой интерференционной (красной, синей, зеленой) окраски, с несколько изгибающимися, но резкими границами между ними. К центрам этих пятен приурочены друзы мельчайших прозрачных бесцветных кристаллов удлиненно-призматического облика. В проходящем обыкновенном свете жидкие кристаллы невидимы, слабо намечаются только контуры мелких кристаллов в их центрах. Вся эта структура несколько напоминает жидкие кристаллы дибензаль-бензида в поляризованном свете (А.В. Шубников, 1937 г.).

Сходные с жидкими кристаллами структуры наблюдались, кроме того, в нижнепротерозойских мета-морфизованных мергелях туломозерской свиты Карелии (скважина Казаранда-34). Здесь, в крупных кавернах, частично выполненных серицитом, кварцем и битумопроявлениями черного и оранжево-красного цвета, приурочены, как бы налагаясь сверху, полупрозрачные беловатые, округло-неправильной и угловатой формы образования. Они видны только в поляризованном свете и очень напоминают жидкие кристаллы пара-азоксианизола в поляризованном свете (А.В. Шубников, 1937 г.). По-видимому, также к жидкокристаллическим структурам относятся неправильно-овальные пятна, состоящие из чередующихся concentрических полосок неярких интерференционных окрасок первого порядка. Они приурочены к трещинам, выполненным графитом и кварцем, в хлоритовых сланцах соанлахтинской свиты Северного Приладожья. Этим и ограничивается наш материал по жидким кристаллам. Редкая встречаемость жидкокристаллической фазы в нашем материале, вероятно, связана с узким температурным диапазоном ее устойчивости и поэтому малой возможностью ее фиксации в твердом состоянии.

Таким образом, пигментные битумы, нитевидные и жидкие кристаллы, свойственные только контактово-магматическому типу литогенеза ОВ, имеют и единый источник происхождения - это ароматические углеводороды и их производные, содержащиеся в его составе. Они разнообразны структурно, представлены как циклоароматическими соединениями (поскольку составляют основу пигментных битумов и нитевидных кристаллов первого типа), так и длинноцепочечными полимерами (поскольку, именно из длинных молекул и их блоков, состоят жидкие кристаллы).

Характеристичность этих соединений для данного типа эволюционных преобразований позволяет объединить их, наряду с соответствующими типами ОВ и его миграционными компонентами, в особую парагенетическую ассоциацию. Главнейшие составляющие этой ассоциации:

1 - сингенетичное ОВ, обогащенное гетероатомами, с невысоким содержанием растворимых, преимущественно кислых, компонентов.

2 - нефти тяжелые, асфальтово-смолистые, ароматического, или нафтеново-ароматического типа.

3 - твердые битумы классов керитов и антраксолитов, а также

4 - фталаты, обнаруживаемые ИК спектроскопией и

5 - пигментные битумы, нитевидные и жидкие кристаллы, фиксируемые в породах микроскопическими методами.

Как видно, эта ассоциация существенно отличается от ассоциаций, свойственных другим, рассмотренным выше типам литогенеза. Так, для стрессово-тектонического типа был определен следующий парагенез:

1 - ОВ - высококарбонизированное, обедненное гетероатомами и растворимыми фракциями.

2 - нефти - малосмолистые, малосернистые алкановые.

3 - твердые битумы классов от высших антраксолитов до собственно графитов.

Регионально-динамотермический тип литогенеза характеризуется следующей парагенетической ассоциацией:

1 - ОВ с широким диапазоном карбонизации и обогащенности гетероатомами и растворимыми фракциями.

2 - нефти, стадийно преобразующиеся от тяжелых нафтеново-ароматических до легких алкановых, малосернистых.

3 - твердые битумы - классов асфальтов и асфальтитов.

Отчетливо выраженная специфичность парагенетических ассоциаций органических

соединений в условиях различных геотектонических зон вполне определяет многовариантность путей литогенеза ОВ и его функциональную связь с физико-химическим режимом земной коры. Данное положение, основанное на значительном наблюдательном и экспериментальном материале, важно в теоретическом плане, как раскрывающее природу эволюционных преобразований фоссилизированного ОВ. В плане практического приложения оно позволяет с иных позиций, чем это делалось ранее, подойти к оценке перспектив нефтеносности крупных территорий. Первым этапом этой оценки, наряду с общегеологическим изучением, должно быть проведено детальное геотектоническое районирование, в результате которого не только будут намечены районы различной перспективности, но и определены в первом приближении качество и типы продукции - нефтей и твердых битумов.

Впервые наблюдаемые в микроскопических препаратах пигментные битумы, а также нитевидные и жидкие кристаллы, представляют собой вполне объективные критерии принадлежности ОВ и его миграционных компонентов к контактово-магматическому типу литогенеза. Они требуют пристального изучения еще и в целях определения возможности практического использования явления природного и образования в условиях магматических контактов.

В заключение необходимо остановиться на следующем. Рассмотренные выше пути преобразования ОВ не исчерпывают всего их многообразия. Так, нами не исследована направленность изменений ОВ, имеющая особо важное значение в эволюции его состава. Это взрывной диатремальный путь литогенеза, связанный с кимберлитовым магматизмом и свойственный докембрийским эвгеосинклинальным областям, осложненным ультраосновными интрузиями в пределах щитов или активизированных платформ. Мы не имели экспериментального материала по данной линии преобразования, а соответствующая геолого-геохимическая информация оказалась недостаточной для суждения о происходящих здесь химико-битуминологических преобразованиях. Поэтому, ниже высказаны лишь некоторые обобщающие положения применительно к основной задаче исследования.

В условиях взрывного диатремального литогенеза главнейшим фактором преобразования ОВ является экстремально повышенный динамо термический режим, свойственный взрывным процессам, сопровождающим интрузии из подкорových глубин. Здесь резко выражены реакции деструкции углеродных структур и разрыв первичных связей углерода. Происходит кристаллизация свободного углерода в виде алмаза или мелко агрегатной его разновидности - борта, или же обогащенного графитом карбонадов. Графит является исходным соединением в этих реакциях. Как было показано выше, только в

эвгеосинклиналильной зоне, в условиях стрессовой тектоники, а в данном случае только в метаморфизованных породах фундамента, образуется графит. Иные источники графита в геологическом разрезе диатремальных зон отсутствуют. Нет фактических оснований предполагать поступление графита и из подкоровых глубин, поскольку мантийным условиям соответствуют иные углеродистые структуры, вероятно, типа когенита, муассанита или им подобные.

Таким образом, на пути взрывного диатремального литогенеза органическое вещество, как таковое, заканчивает свою геохимическую историю, преобразуясь в косное вещество - алмаз, и только графит, заблокированный в дефектах кристаллической решетки алмаза, свидетельствует о биогенной природе его исходных продуктов.

### Литература

- Белецкая С.Н.* Первичная миграция нефти. М., Наука, 1990, 288 с.
- Бережкова Г.В.* Нитевидные кристаллы. М., Наука, 1969, 155 с.
- Бискэ Н.С., Щипцова И.Е.* Морфологические и структурные типы углеродистого вещества в метаморфических породах Северного Приладожья // Минералогия и геохимия докембрия Карелии. Петрозаводск, КФ АН СССР, 1979. С. 123-131.
- Вебер В.В.* Условия образования и залегания нефти. Недра, 1983, 278 с.
- Винклер Г.* Генезис метаморфических пород. Пер. с англ. М., Недра, 1979, 328 с.
- Генерация углеводородов в процессе литогенеза осадков // Отв. редакторы: акад. А.А. Трофимук, д-р геол.-мин. наук С.Г. Неручев. Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР, вып. 330, 1976, 198 с.
- Глебовская Е.А.* Применение инфракрасной спектроскопии в нефтяной геохимии. Л.: Недра, 1971, 140 с.
- Жен де П.* Физика жидких кристаллов. Пер. с англ. М., Мир, 1977, 258 с.
- Козлова Л.Е., Стасова О.Ф.* К вопросу о генезисе минусинских нефтей // Проблемы сибирской нефти. Изд. СО АН СССР, 1963. С. 112-134.
- Коржинский Д.С.* Очерк метасоматических процессов. В кн.: Основные проблемы в учении о магматических рудных месторождениях. М.: Изд. АН СССР, 1953. С. 332-453.
- Месторождение нефти Мурадхаилы / Мехтиев Ш.Ф., Гасанов А.Г., Гезалов Ф.А. и др. // Нефтегазоносность западного Азербайджана. Баку, Элм 1983. С. 70 -103.
- Мишунина З.А.* Генетические типы нефтепроизводящих свит карбонатных формаций. Л., Недра, 1973, 124 с.
- Мишунина З.А.* Литогенез органического вещества и первичная миграция нефти к



карбонатных формациях. Л.: Недра, 1978, 152 с.

*Мишунина З.А.* О геохимических основах прогноза глубоких залежей по данным изучения керогена реликтов нефтеносных свит протерозоя Южной Карелии // Результаты и предпосылки поисков нефти и газа на больших глубинах. Л.: ВНИГРИ, 1978б. С. 172 - 204.

*Мишунина З.А.* Геохимия продуктов природных процессов пиролиза, тектонического стресса и регионального литогенеза // Общие закономерности литогенетических преобразований органического вещества. Л.: ВНИГРИ, 1981. С. 19 - 31.

*Мишунина З.А.* Принципиальные основы генетической классификации нефтей // Пути эволюции органического вещества в земной коре. Л.: ВНИГРИ, 1984, С. 70 - 89.

*Мишунина З.А.* Некоторые результаты нефтепетрологических исследований вулканогенно-осадочных отложений вскрытых Саатлинской сверхглубокой (СГ - 1) скважиной // Методы оценки сложных коллекторов. Л.: ВНИГРИ, 1988. С. 24 - 34.

*Мишунина З.А., Бискэ Н.С.* К геохимии углеродистого вещества докембрийских пород юго-западной и северной Карелии // Минералогия и геохимия докембрия Карелии. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 131-145.

Нефти Кавказа и западных районов Европейской части СССР // Нефти СССР. т. III. Химия, 1972, 840 с.

Основные пути преобразования битумов в природе и вопросы их классификации. Л.: Гостоптехиздат, 1961, 314 с.

*Радченко О.А.* Геохимические закономерности размещения нефтеносных областей мира. Л.: Недра, 1965, 314 с.

*Радченко О.А.* Об особенностях процесса углефикации сапропелевого вещества (в связи с проблемой нефтеобразования) //Химия твердого топлива, 1969, № 1. С. 65 - 75.

*Семеновко Н.П.* Генетическая классификация метаморфических пород и процессов // Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. М.: Госгеологтехиздат, 1960. С. 67-93.

*Семеновко Н.П.* Метаморфизм подвижных зон. Киев: Наукова думка. 1966, 298 с.

*Сорокина Т.С., Кодина Л.В., Галимов Э.М.* Геохимия полициклических ароматических углеводородов в осадочных отложениях с различным тепловым режимом. Геохимия, 1986, № 11. С. 1650 - 1659.

*Успенский В.А.* Введение в геохимию нефти. Л.: Недра, 1977, 310 с.

Черный войлок из Волыни. Знание - сила, 1987, № 9, с. 15.

Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования. Петрозаводск, 1978, 240 с.

*Abrahams S.C., Stockbridge C.D.* Whisker Growth from Quartz. Nature, 1962, V. 193, p. 670.

*Zenobi R., Philippoz J.-M., Buseck B., Zare R.* Spatialli resolved organic analysis of the Allende meteorite. *Science*, 1989, 248, N 4933.

Статья была опубликована в сборнике докладов Юбилейной конференции 70-летие ВНИГРИ "Нефтегазовая геология на рубеже веков". Том 1. Фундаментальные основы нефтяной геологии. СПб.: ВНИГРИ, 1999. С. 173-188.