

В.Н. ФЛОРОВСКАЯ
Л.И. ОВЧИННИКОВА

ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ
МИКРОСКОПИЯ
БИТУМИНОЗНЫХ
ВЕЩЕСТВ

В. Н. ФЛОРОВСКАЯ, Л. И. ОВЧИННИКОВА

ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ
МИКРОСКОПИЯ
БИТУМИНОЗНЫХ
ВЕЩЕСТВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1970

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Московского университета

ВВЕДЕНИЕ

Все существующие в настоящее время методы изучения битуминозных веществ основаны на предварительном извлечении этих веществ из вмещающих их горных пород и минералов, т. е. неизбежно влекут за собой нарушение генетических связей, существующих между органическим веществом и средой. Люминесцентная микроскопия является методом, с помощью которого вещество изучается непосредственно в горной породе. Поэтому в общей схеме люминесцентно-битуминологического анализа этот вид исследования выполняется на первом этапе, т. е. вслед за просмотром образцов под люминесцентной лампой и капельно-люминесцентным анализом («Руководство по методике люминесцентно-битуминологических исследований», 1966). Люминесцентная микроскопия позволяет изучать свойства, состав и формы залегания битуминозных веществ и минералов углерода, находящихся в горных породах в виде микровключений в парагенезисе с сопутствующими им минералами.

При изучении люминесценции природных веществ под микроскопом используются ультрафиолетовые лучи в области 250—400 *м.м.* Многие органические и неорганические вещества после облучения начинают люминесцировать, испуская видимый и невидимый глазом свет с характерным для каждого вещества спектром. При люминесцентно-микроскопическом изучении горных пород используются те же свойства люминесценции (цвет, интенсивность и продолжительность послесвечения), которые используются при качественном и количественном люминесцентно-битуминологических анали-

зах (Флоровская, 1957). Применение спектральных насадок позволяет, кроме того, изучать спектр люминесценции органических веществ и минералов в том или ином участке образца.

За последние годы этот способ изучения битуминозных веществ разрабатывался в числе методов и приемов, применяемых при люминесцентно-битуминологических исследованиях, проводимых с целью изучения и поисков нефтяных и газовых месторождений (Олли, 1964; Бордовская, 1967; Саркисян, 1967; Щепеткин, 1966). Интерес к люминесцентной микроскопии вызван необходимостью дальнейшей разработки теории происхождения нефти (Вассоевич, Абрамсон, 1964; Родионова, Окунькова, 1967). Особое значение приобретает люминесцентная микроскопия в связи с изучением трещиноватых коллекторов (Смехов и др., 1958). Представляется важным, что методом люминесцентной микроскопии можно устанавливать пути миграции нефтяных углеводородов по порам, трещинам и кавернам, а следовательно, судить о путях миграции и о направлении перемещения этих веществ. При диагностике битуминозных веществ, содержащихся в изверженных горных породах и минералах, с помощью люминесцентной микроскопии становится возможным освещение вопросов о роли углеродистых веществ в процессах, связанных с эволюцией магмы, в частности, в процессах минералообразования и рудообразования.

Метод люминесцентной микроскопии находит применение в различных областях геологии, особенно в связи с изучением разнообразных растительных остатков как ископаемых (Александров, Свешникова, 1956; Аммосов, Ермакова, 1955), так и современных (Красильников, Звягинцев, 1959).

Использование метода люминесцентной микроскопии требует знаний по петрографии осадочных, изверженных и метаморфических горных пород. Совершенно необходимым является также понимание причин и основных закономерностей люминесценции битуминозных веществ, а также знание техники всех вариантов люминесцентно-битуминологического анализа. Полезными оказываются также навыки в области цветного фотографирования, с помощью которого желательнее фиксировать результаты наблюдений.

Широкое распространение битуминозных веществ, нахо-

дящихся в состоянии рассеяния в осадочных породах, не могло не обратить на себя внимания при петрографическом изучении этих пород. Однако своеобразие физических свойств этих веществ — их небольшая твердость, разнообразная окраска, зависящая от количества и качества смолисто-асфальтовых компонентов, отсутствие характерных морфологических особенностей — очень затрудняло, подчас делая невозможной, их диагностику. Очень часто в пределах шлифа битуминозные вещества, богатые смолами, оказывались похожими на целый ряд темноокрашенных минералов марганца и железа, а также всевозможных окисных соединений и углистых включений. Микроскопические же размеры этих образований не позволяли выделить их в пределах образца для анализа другими методами. Таким образом, даже в петрографии осадочных пород битуминозным веществам уделялось минимальное внимание, и лишь отдельные исследователи, как например, В. Б. Татарский (1955), приводили некоторые данные по диагностике этих веществ в шлифах.

Значительно бóльшие возможности для изучения микроскопических включений битуминозных веществ открылись после применения ультрафиолетовых лучей. Это позволило отличать битуминозные вещества от целого ряда минералов железа и марганца, похожих на них по окраске и форме выделения. В отличие от последних, битуминозные вещества кроме способности люминесцировать в ультрафиолетовых лучах характеризуются свойствами растворимости в органических растворителях.

Люминесцентно-микроскопическое изучение горных пород основано на сочетании приемов петрографического исследования с использованием ультрафиолетового освещения и приемами люминесцентно-битуминологического анализа.

Применение люминесцентной микроскопии для изучения битуминозных горных пород в нашей стране началось сравнительно недавно (Флоровская, Мелков, 1946). Мало сведений по этому вопросу имеется пока и в иностранной литературе (Dhere, Hradil, 1934; Maler, 1958; Wetzel, 1960; 1962). Поэтому данная работа ставит целью изложить наиболее простые и доступные приемы изучения горных пород и содержащихся в них битуминозных веществ с помощью люминесцентной микроскопии, по возможности систематизи-

ровать их, и на ряде конкретных примеров дать рекомендации по интерпретации получаемых результатов.

В настоящей работе использованы материалы ряда организаций и отдельных исследователей. Авторы считают своим долгом выразить благодарность профессору И. А. Конюхову, любезно предоставившему образцы пород с данными о их пористости и проницаемости для приготовления искусственных препаратов. Глубокую благодарность авторы выражают также профессорам Е. А. Кузнецову и М. Г. Валяшко, которые взяли на себя труд просмотреть рукопись и высказали ряд ценных замечаний. За участие и помощь в оформлении графических приложений авторы сердечно благодарят О. Г. Ожгихину.

ГЛАВА I

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА, СОСТАВ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ БИТУМИНОЗНЫХ ВЕЩЕСТВ

В основе люминесцентно-микроскопических исследований лежат наблюдения за люминесцентными свойствами и характером распределения люминесцирующих микровключений. При этом, если для изучения характера распределения битуминозных веществ оказывается вполне достаточным проведение люминесцентно-микроскопических исследований, то для определения их содержания люминесцентно-микроскопические наблюдения приходится сопровождать данными люминесцентно-битуминологического анализа. Кроме того, для изучения нелюминесцирующих образований люминесцентно-микроскопические исследования приходится сочетать с наблюдениями в обычном поляризационном микроскопе. Это вызывается необходимостью фиксировать одновременно и такие углеродистые вещества, которые не обладают способностью люминесцировать.

Диагностика битуминозных веществ под люминесцентным микроскопом производится путем изучения свойств люминесценции этих веществ и их состава, осуществляемого в сочетании с некоторыми приемами люминесцентно-битуминологического анализа, а выделение генетических типов производится на основе изучения характера распределения битуминозных веществ как между собой, так и с вмещающими их горными породами и минералами. В связи с необходимостью привлечения всех этих данных при люминесцентно-микроскопических исследованиях ниже приводятся сведения об основных свойствах битуминозных веществ, используемых при этом виде исследования, а также составе и генетических типах битуминозных веществ.

Люминесцентные свойства нефтей и битуминозных веществ следует рассматривать как результат сложного взаимодействия большого числа составляющих их веществ, весь

ма разнообразных по своему составу и строению. Они присутствуют в нефти в различных количественных соотношениях и образуют систему, изменяющуюся от истинного раствора к коллоидному раствору.

Руководствуясь данными по люминесценции органических соединений, входящих в состав нефти (Флоровская, 1957), мы полагаем, что видимой люминесценцией характеризуются лишь смолистые вещества, ароматические углеводороды, а также порфирины. Являясь постоянным компонентом нефти и присутствуя в количествах не менее 1%, смолистые вещества различного молекулярного состава доминируют среди всех этих веществ. Они характеризуются соответственно различными цветами люминесценции: от голубого, через желтый, до коричневого — т. е. изменяются в тех же пределах, что и цвета люминесценции нефтей.

Большой экспериментальный материал по люминесценции нефтей показывает, что их способность люминесцировать является типичным признаком. Эта способность свойственна им так же, как запах и цвет, и зависит от химического состава нефтей (как цвет и удельный вес). Геологические условия образования, состав вмещающих горных пород и другие геологические факторы косвенно влияют на эту способность; от этих факторов зависит состав нефти.

Зависимость люминесцентных свойств нефтей от их химического состава удобнее всего рассмотреть на некоторых примерах. В качестве таких примеров выбраны малосмолистые, смолистые и высокосмолистые нефти, изученные на кафедре геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ.

Эти нефти были охарактеризованы с помощью физико-химических параметров (удельный и молекулярный вес, показатель преломления, компонентный и элементарный состав) и люминесцентных параметров (люминесцентно-капиллярная характеристика, кривая концентрационного тушения люминесценции, люминесцентно-капиллярная характеристика масел, смол и асфальтенов). Приводимые физико-химические параметры нефтей (табл. 1) и их люминесцентно-капиллярные характеристики (рис. 1) отражают разнообразие люминесцентных свойств и состава этих нефтей. Малосмолистая нефть (рис. 1, а) из скв. 39 горизонта рики верхнемайкопских отложений Дылыма (Дагестанская АССР) характеризуется значительной высотой подъема по капиллярным порам, голубым цветом люминесценции основной зоны и наличием светло-голубых подзон в краевой части вытяжек. Смолистая нефть (рис. 1, б) из зурмакентского горизонта майкопских отложений Ленинкента резко отличается от предыдущей люминесцентными свойствами: менее значительной высотой подъема по капиллярным порам, ярко-желтым цветом лю-

люминесценции основной зоны и наличием светло-желтых узких подзон. Высокосмолистая нефть из песчаников девона месторождения Ярега (Ухта) имеет, так же как и предыдущая нефть, меньшую высоту подъема по капиллярным порам (рис. 1, в), но отличается коричневым цветом люминесценции основной зоны и наличием желтых подзон в краевой части вытяжки.

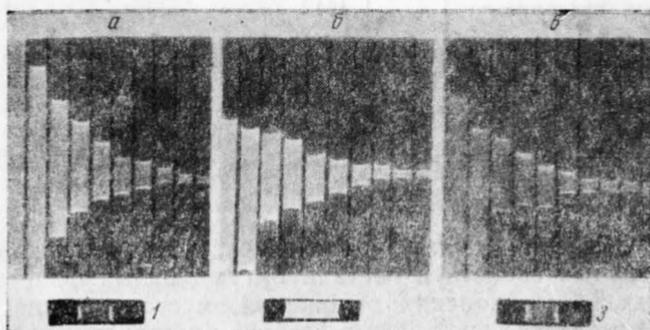


Рис. 1. Люминесцентно-капиллярные характеристики нефтей (серия вытяжек на полосках фильтровальной бумаги, полученных из растворов нефтей в хлороформе с концентрациями, убывающими от 10 до 0,02 мг/мл): а — малосмолистой нефти месторождения Дылым (голубая люминесценция — 1); б — смолистой нефти месторождения Ленинкент (желтая люминесценция — 2); в — высокосмолистой нефти месторождения Ярега (коричневая люминесценция — 3)

При сопоставлении люминесцентных свойств нефтей с физико-химическими параметрами, характеризующими их состав, между ними обнаруживается прямая зависимость. Цвет люминесценции и высота подъема по капиллярам определяются количеством и молекулярным составом присутствующих в нефтях смолисто-асфальтеновых веществ. Высота подъема раствора по капиллярным порам зависит также от присутствия в составе нефтей твердых углеводородов.

Разнообразие люминесцентных свойств нефтей, проявляющееся в капиллярных вытяжках, позволяет сопоставлять эти свойства как между собой, так и со свойствами битуминозных веществ. По соотношению углеводородной и смолистой частей они представляют собой вещества, с одной стороны, приближающиеся по составу к нефти, а с другой — обогащенные смолистыми веществами и асфальтенами, резко от нее отличающиеся.

Физико-химические параметры нефтей

Физико-химические параметры	Малосмолистая нефть месторождения Дылым	Смолистая нефть месторождения Ленинкент	Высокосмолистая нефть месторождения Ярега (Ухта)
Удельный вес	0,8225	0,8459	0,9433
Показатель преломления при 20° n_D^{20}	1,4640	1,4639	1,5303
Молекулярный вес	215	193	347
Компонентный состав:			
масла	96,08	94,61	66,16
смолы	3,20	4,50	30,00
асфальтены	0,05	0,10	3,80
Твердые углеводороды	0,67	0,79	—

В качестве примера приводятся результаты изучения люминесцентных свойств и состава битуминозных веществ, выделенных из майкопских отложений месторождения Озек-Суат. И в составе нефтей, и в составе битуминозных веществ этого месторождения было установлено присутствие изометановых, н-метановых, нафтеновых и нафтеново-ароматических углеводородов, а также твердых высокомолекулярных углеводородов. Однако при сходстве состава углеводородной части было обнаружено различие в составе и содержании смолистых веществ. По люминесцентным свойствам битуминозные вещества из песчаника (рис. 2, а) оказываются более близкими к нефти, чем битуминозные вещества из глин (рис. 2, б).

Таким образом, приведенные сведения о люминесцентных свойствах нефтей и битуминозных веществ показывают, что способность природных органических веществ люминесцировать находится в тесной связи с химическим составом этих веществ. Отсюда вытекает возможность сочетать люминесцентно-микроскопические наблюдения с изучением состава битуминозных веществ горных пород.

В состав нефтей входят следующие элементы: углерод, водород, сера, азот и кислород. В качестве небольшой, но почти всегда присутствующей примеси в нефтях содержатся микроэлементы: V, P, K, Ni, I, Si, Co, Mg, Pb, Ag, Au, Cu, Ti, U, Sn, As. Углерод (83—87%) и водород (11—14%) составляют в нефтях 97—99% их состава. Остальная часть приходится на долю серы (0,004—4,7%), кислорода (0,06—3,6%) и азота (0,02—1,25%). Среднее суммарное содержание серы, кислорода и азота составляет 1—2%, иногда увеличиваясь до 3—6% за счет серы.

Битуминозные вещества по сравнению с нефтями характеризуются еще более изменчивым элементарным химическим составом: углерод (79—87%), водород (9—12%) и сера (1,5—10%); или: углерод (70—85%), водород (8—11%) и кислород (1—16%).

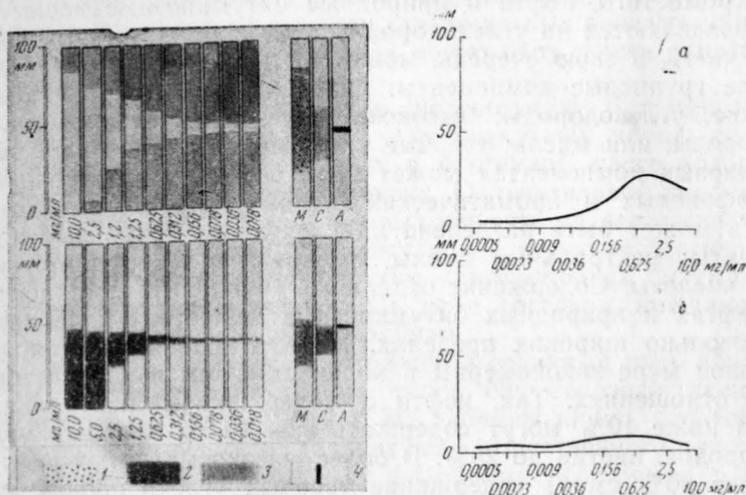


Рис. 2. Люминесцентные параметры битуминозных веществ месторождения Озек-Суат:

a — люминесцентно-капиллярная характеристика битуминозного вещества из песчаника; характеристика составляющих его групповых компонентов (масла, смолы, асфальтены) и кривая концентрационного тушения раствора битуминозного вещества в хлороформе; *b* — то же для битуминозного вещества из глины.

Цвета люминесценции: 1 — голубой; 2 — коричневый; 3 — желтовато-коричневый; 4 — нелюминесцирующая зона

Пять главнейших химических элементов нефтей и битуминозных веществ образуют в них сотни и тысячи (учитывая изомеры) различных индивидуальных соединений. Преобладающими среди них являются различные углеводороды. В нефтях и их дистиллятах установлено присутствие следующих групп соединений: 1) метановые или парафиновые (насыщенные, предельные) углеводороды; 2) нафтоновые или полиметиленовые (циклопарафиновые) углеводороды; 3) ароматические углеводороды; 4) кислородные соединения; 5) сернистые соединения; 6) азотистые соединения; 7) смолистые вещества; 8) зола; 9) вода.

Каждая из этих групп состоит из большого числа разнообразных индивидуальных соединений. Большинство их еще не выделено из нефтей и битуминозных веществ и химически не изучено. Нефти и битуминозные вещества могут быть

разделены современными аналитическими приемами на группы близких по свойствам (температура кипения, растворимость, способность подниматься по капиллярным порам, молекулярный вес и т. д.) индивидуальных соединений, называемых групповыми компонентами.

Кроме того, нефти и природные битуминозные вещества подразделяются на углеводородную и смолистую части. Первая часть, в свою очередь, может быть разделена на следующие групповые компоненты: низкокипящие (до 250°), или легкие, углеводороды; высококипящие, или тяжелые, углеводороды, или масла; твердые углеводороды. В первых двух групповых компонентах может быть определено содержание парафиновых и ароматических углеводородов. Смолистая часть может быть разделена на следующие групповые компоненты: нейтральные смолы, асфальтены и асфальтогеновые кислоты. Содержание отдельных групповых компонентов в нефтях и природных битуминозных веществах колеблется в довольно широких пределах. Но эти колебания в значительной мере закономерны в количественном и в качественном отношениях. Так, нефти с содержанием нейтральных смол ниже 10% могут содержать 0,2—10,0% твердых углеводородов, иногда до 25%. В более высокосмолистых нефтях (более 20% смол) содержание твердых углеводородов уже не превышает десятых долей процента. В асфальтах — веществах, обогащенных смолами (11—33%) и асфальтенами (5—77%), твердых углеводородов и вообще предельных углеводородов не наблюдается.

Содержание асфальтенов в нефтях обычно всегда меньше содержания нейтральных смол (иногда в десятки раз). Увеличение содержания в нефтях и асфальтах смолисто-асфальтеновых веществ сопровождается уменьшением содержания углеводородов, вообще и низкокипящих их фракций в частности.

Изменение соотношения групповых компонентов в составе битуминозных веществ сопровождается изменением их свойств, в том числе цвета и интенсивности люминесценции. Разнообразие свойств и состава битуминозных веществ, содержащихся в горных породах, может выявляться в зависимости от характера их распределения.

По отношению к вмещающим породам и минералам различают сингенетические, или автохтонные, битуминозные вещества — образованные одновременно с вмещающими породами, и эпигенетические, или аллохтонные — генетически с ними не связанные. Сингенетические и эпигенетические битуминозные вещества могут содержаться в горных породах либо совместно, либо раздельно. Совместное нахождение битуминозных веществ генетически различных типов может свидетельствовать в одном случае о том, что эпигенетические битум-

минозные вещества в данной толще явились результатом геохимических преобразований сингенетичных битуминозных веществ; в другом — подобное совместное нахождение свидетельствует о телескопировании эпигенетичных битуминозных веществ на сингенетичные и ничего не говорит об их образовании в пределах одной и той же толщи пород. В этом случае вопрос о генетической природе битуминозных веществ даже с помощью микроскопии не всегда может быть решен однозначно (Холодов, 1960).

Преимущественное развитие сингенетичных битуминозных веществ особенно характерно для осадочных пород, содержащих органическое вещество, в биогенной массе которого часто отмечается углистый детрит. Отличительной особенностью сингенетичных битуминозных веществ является связь их состава и форм залегания с составом и структурой вмещающих горных пород. Особенностью эпигенетичных битуминозных веществ является их связь не с составом вмещающих пород, а с их физическим состоянием.

В табл. 2 схематически отражен возможный путь образования генетически различных типов битуминозных веществ для осадочных горных пород. Из таблицы видно, что состав битуминозных веществ зависит от вещественного состава вмещающих горных пород, их физического состояния, а также степени метаморфизма.

Руководствуясь результатами изучения химического состава, состояния и форм залегания битуминозных веществ во вмещающих породах, можно установить их генетический тип. Решать этот вопрос следует только в комплексе с геолого-геохимическими данными, характеризующими условия залегания битуминозных веществ. В частности, весьма надежные данные могут быть получены при наблюдении за распределением битуминозных веществ в штуфе под люминесцентной лампой или люминесцентным микроскопом. Только в этих условиях удастся наблюдать характер соотношения битуминозных веществ с сопутствующими минералами и вмещающими породами. Первичная диагностика битуминозных веществ может осуществляться при выполнении капельнолюминесцентного анализа (табл. 3). Таким образом, при определении генетического типа битуминозных веществ в исследуемых образцах горных пород приходится руководствоваться общепринятым приемом минералогических исследований, когда генерация того или иного минерала определяется не по составу, а по характеру соотношения изучаемого минерала с другими минералами вмещающей горной породы.

Как известно, химический состав минерала, образующего несколько генераций, существенно не меняется. Изменения химического состава минералов проявляются в наличии примесей, определяемых в различных генерациях минералов

Зависимость состава битуминозных веществ от литологии пород

Характер осадков	Пелитовые осадки	Глинисто-карбонатные осадки	Песчано-глинистые осадки	Карбонатные и галогенные осадки	Терригенные, карбонатные и галогенные осадки
Стадия литогенеза	Седиментогенез	Диagenез	Эпигенез		Метаморфизм
Зона гипергенеза	В случае приповерхностного залегания пород органическое вещество (ОВ) окисляется до CO_2 и H_2O . Битуминозные вещества обогащаются смолами и обедняются углеводородами				
Зона катагенеза	Исходное органическое вещество содержит много кислых смол, жирных кислот и очень мало углеводородов	В битуминозных веществах увеличивается количество нейтральных смол, асфальтенов и углеводородов	Битуминозные вещества песчаных прослоев значительно обогащены нейтральными смолами, асфальтенодами и углеводородами	В участках массивных пород, трещинах и кавернах битуминозные вещества обедняются углеводородами за счет естественного фракционирования	В составе битуминозных веществ увеличивается содержание смол, асфальтенов и карбоидов и уменьшается количество углеводородов
Генетический тип	Сингенетичные битуминозные вещества		Сингенетичные и эпигенетичные битуминозные вещества		

только люминесцентными и спектральными методами. В противоположность этому генетические типы битуминозных веществ характеризуются более резким различием как в составе, так и в люминесцентных свойствах. Поэтому представляется целесообразным более подробно остановиться на характеристике основных генетических типов битуминозных веществ.

Т а б л и ц а 3

Диагностика битуминозных веществ при капельно-люминесцентном анализе

Первичное определение породы и признаков ее битуминозности в белом свете	Облучение ультрафиолетом и определение битуминозных текстур	Капельно-люминесцентные реакции в ультрафиолетовых лучах
Для всех разновидностей пород признаки битуминозности отсутствуют	Люминесценция, характерная для битуминозных веществ, отсутствует	Эффект отрицательный Слабое свечение всей смоченной органическими растворителями поверхности образца Слабое свечение смоченной растворителями поверхности образца и наличие точечных и трещинных битуминозных текстур
	Определяются точечные, трещинные, селективно-насыщенные, кавернозные и другие битуминозные текстуры	Интенсивное свечение смоченной поверхности образца и битуминозная вытяжка в ультрафиолете после испарения растворителя
Устанавливаются признаки битуминозности (окраска, битуминозные текстуры)	Битуминозные текстуры ярко обнаруживаются по характерным цветам люминесценции	Интенсивное свечение смоченной поверхности образца, маскирующее битуминозные текстуры, и битуминозная вытяжка в ультрафиолетовом и дневном свете после испарения растворителя

Сингенетические битуминозные вещества. К настоящему времени наиболее полно изучен состав сингенетичного битуминозного вещества из осадочных горных пород. Его образование происходит одновременно с накоплением и преобра-

зованием различных осадков в стадии седиментогенеза и диагенеза. Исходным материалом для сингенетичного битуминозного вещества служат разнообразные органические остатки (отмершие организмы, продукты их частичного разложения и другие вещества). Изменение органического вещества протекает при взаимодействии с минеральным веществом осадка, а также при непосредственном взаимодействии биохимических и физико-химических процессов, развивающихся в осадке, и позже — в формирующейся горной породе.

Продуктами преобразования исходного органического вещества являются различные газы (CH_4 , H_2S , CO_2) и жидкие, реже вязкие или твердые битуминозные вещества, заполняющие поровые пространства горной породы или частично сорбированные минералами. Кроме нейтральных битуминозных веществ, часто включающих углеводороды, рассеянное органическое вещество содержит также и кислые компоненты, недоразложившиеся органические остатки и гуминовые вещества. Количественные соотношения всех этих веществ могут быть самые разнообразные и зависят от конкретной геолого-геохимической обстановки, в которой протекало преобразование органического вещества.

По отношению к исходному органическому веществу сингенетичные битуминозные вещества бывают относительно обеднены кислородом, водородом и обогащены углеродом. В целом их можно рассматривать как своеобразный геологический индикатор, отражающий изменение физико-химических условий среды ранней стадии формирования осадочных горных пород (сингенез, диагенез). Обычно они имеют пластовую форму распределения.

При исследовании рассеянного органического вещества девонских отложений Русской платформы Н. М. Галактинова (1961) среди сингенетичных битуминозных веществ выделила по свойствам и составу три геохимических типа. Выделенные типы характеризуются различной растворимостью в органических растворителях и различным элементарным составом.

Для кислого типа отмечается высокая растворимость в спирто-бензоле, средняя — в хлороформе, низкая — в бензоле, ничтожная — в петролейном эфире. Элементарный состав хлороформенного экстракта изменяется в пределах: $\text{C} = 71\text{—}76\%$; $\text{H} = 8\text{—}9\%$; $\text{O} + \text{N} + \text{S} = 15\text{—}21\%$.

Сапропелевый тип битуминозного вещества характеризуется высокой растворимостью в спирто-бензоле, повышенной — в хлороформе и бензоле и несколько повышенной — в петролейном эфире. Элементарный состав хлороформенного экстракта несколько отличается от элементарного состава кислого типа: $\text{C} = 75\text{—}82\%$; $\text{H} = 8,5\text{—}9,2\%$; $\text{O} + \text{N} + \text{S} = 9\text{—}16,5\%$.

Битуминозное вещество восстановленного типа, по Н. М. Галактионовой, обнаруживает повышенную растворимость в петролейном эфире, бензоле, хлороформе и высокую в спирто-бензоле. Элементарный состав хлороформенного экстракта: $C=77-81$; $H=11,0-11,8\%$; $O+N+S=7-12\%$.

Эпигенетические битуминозные вещества. Среди эпигенетических битуминозных веществ могут быть выделены по меньшей мере три типа. Первый тип — эпигенетические по отношению к месту захоронения органического вещества, второй тип — эпигенетические по отношению к толще отложений, содержащей органическое вещество, и третий — эпигенетические по отношению к залежи нефти, от которой они мигрировали.

Эпигенетические битуминозные вещества первого типа испытывают некоторое перемещение от местонахождения органического вещества до ближайшей пористой среды, могущей концентрировать продуцируемые углеводороды. Эпигенетические битуминозные вещества второго типа оказываются приуроченными к трещинам, секущим всю толщу отложений, содержащих сингенетичное битуминозное вещество. И, наконец, третий тип эпигенетических битуминозных веществ может быть генетически связан с миграцией их от газо-нефтяной залежи через толщи пород, а также с перемещением нефти по тектонически нарушенным зонам. Для поисковых целей представляет большой интерес возможность выделения эпигенетических битуминозных веществ, возникающих в результате миграции углеводородов от газо-нефтяной залежи.

Идея о существовании потока углеводородов от газо-нефтяной залежи была впервые высказана В. А. Соколовым. В его работах (1956) было показано, что перемещение углеводородов от нефтяной залежи к дневной поверхности не ограничивается только явлениями диффузии и эффузии. Перемещающиеся от нефтяной залежи углеводороды взаимодействуют со средой, через которую они диффундируют, частично окисляются, и, наконец, разлагаются на воду и углекислоту. Взаимодействие мигрирующих углеводородов со средой выражается в разнообразных геохимических процессах. В результате образуются эпигенетические по отношению к вмещающим породам битуминозные вещества (Флоровская, 1957).

На наличие эпигенетических битуминозных веществ в породах верхнеживетского и нижнешигровского горизонтов в юго-восточных районах центральных областей Русской платформы указывает Н. М. Галактионова. Они характеризуются высокой растворимостью в органических растворителях и пониженной — в спирто-бензоле. Элементарный состав хлороформенного экстракта: $C=84-86\%$; $H=11-12\%$; $O+N+S=2-4\%$. Эти битуминозные вещества встречаются в пористых породах или приурочены к трещинам.

По данным О. В. Барташевич (1964), эпигенетические битуминозные вещества присутствуют в келловей-оксфордских отложениях юго-восточных районов Туркмении. Они имеют резко выраженный нейтральный характер. В хлороформном экстракте преобладает маслянистая фракция (50—80%). Выявленные скопления эпигенетических битуминозных веществ объясняются Барташевич как результат миграции их из ниже лежащих отложений.

Все перечисленные типы эпигенетических битуминозных веществ могут встречаться изолированно и независимо друг от друга или находиться во взаимосвязи друг с другом. В частности, примером такого взаимодействия могут служить своеобразные псевдоморфозы эпигенетических битуминозных веществ по сингенетическим, установленные в нижнемеловых отложениях по р. Белой (Атанасян, Сергеева, 1965).

Все вышеописанные эпигенетические битуминозные вещества были установлены в горных породах по общему высокому их содержанию, элементарному составу, а также по преобладанию хлороформного экстракта над спирто-бензольным. В дополнение к указанным данным для выделения генетических типов битуминозных веществ необходимо изучение их форм залегания в горных породах, что возможно лишь с применением метода люминесцентной микроскопии.

ГЛАВА II

ЗАВИСИМОСТЬ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ НЕФТЕЙ И БИТУМИНОЗНЫХ ВЕЩЕСТВ ОТ ХАРАКТЕРА ВМЕЩАЮЩИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Применение люминесцентной микроскопии при изучении горных пород требовало обоснования тех разнообразных эффектов люминесценции, которые возникали за счет различия в составе и физических свойствах как вмещающих горных пород и минералов, так и содержащихся в них нефтей и битуминозных веществ. В связи с этим представляла интерес постановка опытов по изучению люминесценции нефтей разного состава при искусственном пропитывании ими различных горных пород. Из образцов горных пород были выбраны светлые кварцевые песчаники и известняки, хорошо проницаемые и практически не содержащие битуминозных веществ. Изготовленные из этих пород аншлифы просматривались под люминесцентным микроскопом, затем на их поверхность наносилась капля нефти и порода вновь просматривалась в ультрафиолетовых лучах. Изучение аншлифов пород сразу после пропитывания их нефтями было интересно тем, что позволило наблюдать люминесценцию не только смолистых веществ, легко фиксируемых в аншлифах, но также легких углеводородных компонентов, как правило, теряющихся при хранении образцов, при подготовке их к анализу и даже в процессе некоторых видов анализа.

Для определения люминесцентных свойств нефтей разного состава под микроскопом было проведено пропитывание песчаника малосмолистыми, смолистыми и высокосмолистыми нефтями, а также нефтями, содержащими твердые углеводороды. При этом было замечено, что малосмолистые нефти мгновенно впитывались в пористую породу. Они почти не окрашивали ее, но в то же время вызвали яркую люминесценцию голубого цвета. Оказалось, что наибольшая интенсивность люминесценции связана с пористыми участками

горных пород, насыщенными нефтью. Сами же обломки минералов в песчанике, будучи покрыты всего лишь тонкой пленкой нефти, люминесцировали менее ярко. Естественного фракционирования нефти в породе не отмечалось (рис. 3, а).

Для смолистых нефтей также было замечено, что они быстро впитывались в породу, окрашивали ее в желтый или коричневатый цвет и вызывали люминесценцию ярко-желтого цвета. Однако в этом случае по краю пропитанного нефтью участка образца удалось наблюдать процесс естественного фракционирования, выразившийся в появлении зон, характеризовавшихся присутствием различных компонентов нефти. Зона углеводородных компонентов, характеризующихся голубой люминесценцией, имела неровные очертания и различную ширину для нефтей разного состава. Иногда наблюдалось разделение углеводородной зоны на две подзоны: внутреннюю — светло-голубую, отвечающую по характеру свечения наиболее низкомолекулярным смолам, и наружную подзону — фиолетово-синюю, отвечающую по характеру люминесценции ароматическим углеводородам (рис. 3, б).

По сравнению с малосмолистыми и смолистыми нефтями высокосмолистые нефти более медленно впитывались в породу, образуя на поверхности ее черное маслянистое пятно. Под микроскопом образцы песчаников, пропитанных этой нефтью, люминесцировали желтовато-коричневым цветом. Для этой нефти процесс естественного фракционирования оказался еще более ярко проявленным (рис. 3, в).

Нефти, содержащие в своем составе твердые углеводороды, например нефти месторождения Западный Челекен (7—11%), впитывались в пористую породу с большим трудом. Однако и в этом случае цвет люминесценции также зависел от количества присутствовавших смол (рис. 3, г). Под микроскопом не всегда отмечался процесс естественного фракционирования нефти. Сильно парафинистая нефть месторождения Зимняя Ставка (41% твердых углеводородов) совершенно не впитывалась в породу, образуя на ее поверхности выпуклый шарик или воскообразную корочку. В ультрафиолетовых лучах высокопарафинистая нефть месторождения Зимняя Ставка имела голубовато-серый цвет люминесценции (рис. 3, д).

Было замечено, что при пропитывании нефтями различного состава пористых пород под микроскопом наблюдается люминесценция того же цвета и интенсивности, как и на капиллярных вытяжках, приготовленных из тех же нефтей. Однако в отличие от капиллярных вытяжек в породе отмечался ярко проявленный процесс естественного фракционирования нефтей. Из рис. 3 видно, что подвижные углеводороды в горной породе образуют зоны с голубой люминесценцией, благодаря чему они легко могут быть обнаружены. Очевид-

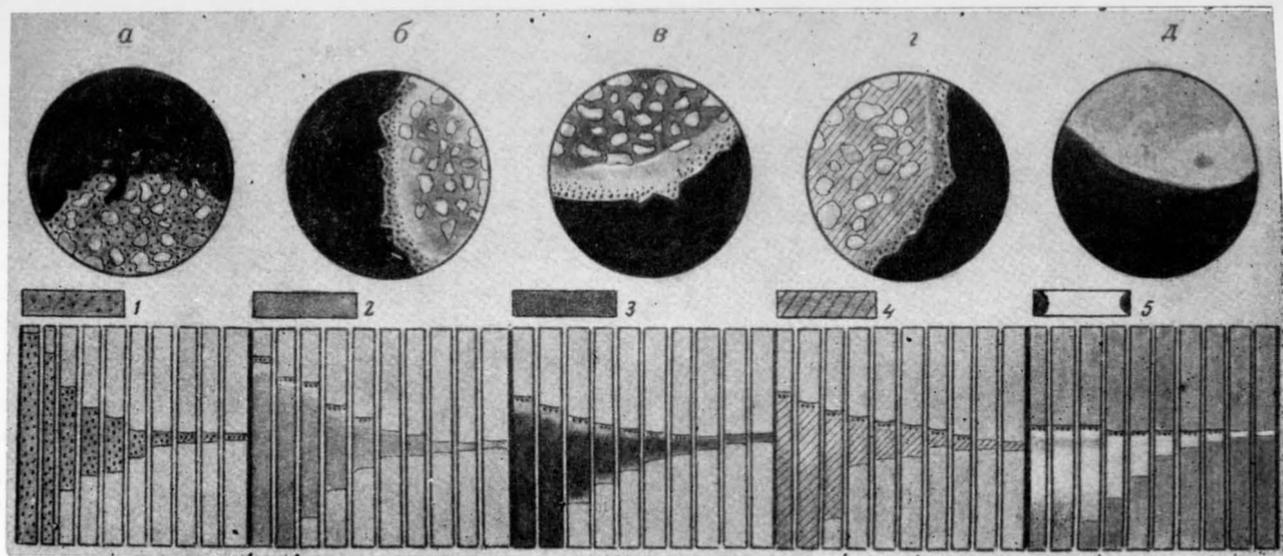


Рис. 3. Сопоставление характера люминесценции нефтей различного состава в песчанике с их люминесцентно-капиллярными характеристиками:

а — нефть месторождения Дылым (ДагАССР); *б* — нефть месторождения Дагаджик (п-ов Челекен); *в* — нефть месторождения Дузлак (ДагАССР); *г* — нефть месторождения Зап. Челекен; *д* — нефть месторождения

Зимняя Ставка (Грозненская область). Цвета люминесценции: 1 — голубой; 2 — желтый; 3 — оранжевый; 4 — коричневый; 5 — серый

но, пористая порода так же способствует разделению нефти на групповые компоненты и особенно выделению ее углеводородной части, как и фильтровальная бумага, применяемая при капиллярно-люминесцентном анализе.

Для интерпретации люминесцентно-микроскопических наблюдений, помимо описания люминесцентных свойств нефтей и битуминозных веществ, извлеченных из горных пород, а также тех эффектов люминесценции, которые выявляются при искусственном пропитывании нефтями горной породы, необходимы сведения об особенностях люминесценции естественных нефтепроявлений и некоторых природных минералов углерода.

Для изучения под микроскопом люминесцентных свойств у нефтей, находящихся в естественном залегании в горных породах, были выбраны закированные песчаники, которые благодаря залеганию вблизи поверхности всегда оказываются обедненными легкими компонентами по сравнению с нефтями. Закированные песчаники изучались под люминесцентным микроскопом, а наблюдаемые эффекты люминесценции интерпретировались с помощью люминесцентно-капиллярных характеристик, полученных для экстрактов, выделенных из этих образцов. Было отмечено, что в зависимости от состава нефти, пропитываемой песчаную породу, менялся и цвет ее люминесценции. Смолистые нефти, насыщающие песчаник, люминесцировали ярким желтым (рис. 4, а) цветом. При этом менялась и яркость люминесценции. Наибольшей яркостью характеризовались сами зерна минералов, покрытые пленкой нефти. Меньшая яркость характерна для межзерновых участков, где концентрируются смолисто-асфальтеновые компоненты нефти.

Тяжелые окисленные нефти, прочно цементирующие закированные песчаники, люминесцировали темно-коричневым цветом. При этом зерна минералов так же, как и во всех ранее приведенных случаях (рис. 4, б), люминесцировали более светлым цветом, чем цементирующая их нефть.

Темные и густые парафинистые нефти, внешне похожие на окисленные смолистые нефти, но отличающиеся по содержанию твердых углеводородов, характеризовались люминесценцией голубовато-серого цвета (рис. 4, в), обычно отмечаемой для твердых углеводородов с примесью низкомолекулярных смол. Зависимость люминесцентных свойств, изображенных на рис. 4, от состава закированных песчаников может быть иллюстрирована данными их группового состава, приводимыми в табл. 4.

Характерно, что цвет люминесценции закированных песчаников под микроскопом очень близок к цвету люминесценции капиллярных вытяжек этих нефтей (рис. 4).

Сопоставление результатов наблюдений под люминесцентным микроскопом песчаников, искусственно пропитанных нефтью, и песчаников, встречающихся в природных условиях,

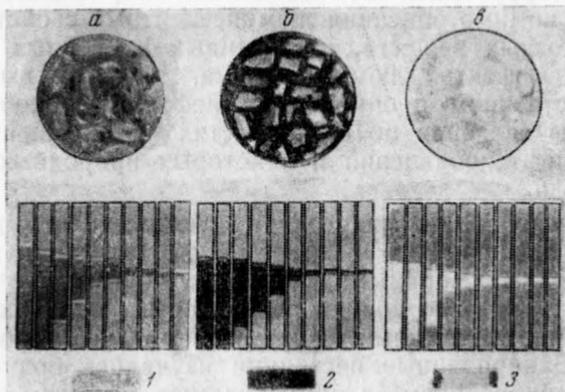


Рис. 4. Сопоставление характера люминесценции песчаников различных закировок (ув. $\times 60$) с люминесцентно-капиллярными характеристиками извлеченных из них нефтей:

а и *б* — песчаник п-ова Челекен; *в* — песчаник п-ова Мангышлак.

Цвета люминесценции: 1 — желтый; 2 — коричневый; 3 — серый и голубой

показывает, что различие в люминесцентных эффектах у таких образцов связано главным образом с различием яркости люминесценции. В песчаниках, содержащих свежие нефти, отмечалась более интенсивная люминесценция, что обусловлено повышенным содержанием углеводов. В заки-

Таблица 4

Групповой состав нефтей из закированных песчаников

Р а й о н	Компонентный состав, %		
	масла	смолы	асфальтены
Полуостров Челекен (рис. 4, <i>а</i>)	90,38	9,36	0,26
Полуостров Челекен (рис. 4, <i>б</i>)	53,65	31,12	11,23
Полуостров Мангышлак (рис. 4, <i>в</i>)	94,20	5,35	0,45

рованных песчаниках эта особенность отсутствует, что находится в полном соответствии с люминесцентно-капиллярной характеристикой, отражающей состав насыщающей их нефти. На люминесцентно-капиллярных характеристиках, приведенных на рис. 4, видно, что нефти, содержащиеся в закированных песчаниках, обеднены углеводородными компонентами.

Люминесцентные свойства под микроскопом изучались также и для некоторых минералов углерода, представляющих собою широко распространенные в природе горючие полезные ископаемые, такие как, например, асфальт и озокерит. Ниже приводятся основные характеристики по их составу и люминесцентным свойствам (данные химической лаборатории кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых).

Асфальт — характеризуется коричневато-черным цветом, иногда с типичным запахом нефти, высокой вязкостью. В качестве примера был исследован образец асфальта с оз. Розовый Порсугель (п-ов Челекен). Асфальт на этом озере отлагается вдоль берега за счет уплотнения и окисления нефти, выделяющейся вместе с газом со дна озера. По мере приближения к берегу, в сторону суши асфальт становится более твердым и черным.

Состав асфальта по результатам химического анализа фракций, полученных методом хроматографии, приводится в табл. 5. Углеводороды составляют в нем около 42%. Твердые углеводороды в составе асфальта отсутствуют. Высокое содержание смол и асфальтенов обуславливает темную окраску минерала.

Люминесцентные свойства асфальта (рис. 5) отражают его состав. Люминесцентно-капиллярная характеристика показывает темно-коричневый цвет люминесценции основной зоны (рис. 5, а). Концентрационное тушение люминесценции в растворе отмечается при 0,626 мг/мл вещества. Люминесцентно-капиллярная характеристика масел, смол и асфальтенов свидетельствует, что в составе асфальта преобладают смолы средне- и высокомолекулярные, люминесцирующие желтым и коричневым цветом, и асфальтены, характеризующиеся черной нелюминесцирующей зоной (рис. 5, б).

Под микроскопом асфальт имеет люминесценцию коричневого цвета. Он обнаруживает слабую слоистость, которая подчеркивается тем, что в мельчайших порах, послонных трещинах и линзовидных участках, заполненных песчаным материалом, концентрируются легкие углеводородные компоненты, люминесцирующие голубым цветом (рис. 5, в). По-видимому, они проникают в эти участки при миграции углеводородов, имеющей место в асфальте при потере им легких компонентов в условиях поверхностного выветривания.

Состав и свойства хроматографических фракций асфальта и озокерита

Параметры	Фракции					
	петролейно-эфирная	четырёххлористо-углеродная	бензольная	спиртобензольная	асфальтены	
Асфальт	Внешний вид фракции	вязкая, прозрачная, светло-медового цвета	твёрдая, блестящая, непрозрачная, темно-бурая	полутвёрдая, темно-красная, блестящая	чёрная, хрупкая, непрозрачная, на просвет темно-красная	чёрные, порошкообразно-кристаллические
	Содержание фракции, %	41,81	6,95	12,70	36,52	26,00
	Показатель преломления при 20° (n_D^{20})	1,5085	—	—	—	—
	Плотность фракции (d_4^{20})	0,9232	—	—	—	—
	Молекулярный вес	415	—	—	—	—
	Элементарный состав:					
	C	87,56	85,80	81,70	78,10	76,95
	H	12,22	9,96	10,62	10,59	7,85
	N + O + S	0,22	4,24	7,68	11,31	15,30
	Озокерит	Внешний вид фракции	твёрдая, зеленовато-жёлтая, непрозрачная	пылевидная, бурого цвета, во всех фракциях церезины	твёрдая, блестящая, бурая	твёрдая, блестящая, хрупкая
Содержание фракции, %		85,90	1,55	5,39	6,16	—
Показатель преломления при 20° (n_D^{20})		1,4440	—	—	—	—
Плотность фракции (d_4^{20})		—	—	—	—	—
Молекулярный вес		590	—	—	—	—
Элементарный состав:						
C		85,90	84,59	84,31	83,80	—
H	14,10	13,39	11,14	9,78	—	
N + O + S	0,00	2,02	4,55	6,42	—	

Другой минерал органического происхождения — **озокерит** встречается в природе в форме жил и пластовых залежей. На Челекене жильный озокерит представляет собой вязкий по консистенции минерал, воскоподобный, имеющий окраску от желтого до коричневатого-черного цвета. В пластовой залежи озокерит цементирует песчаную породу, а будучи извлеченным из нее, в чистом виде напоминает жильный озокерит.

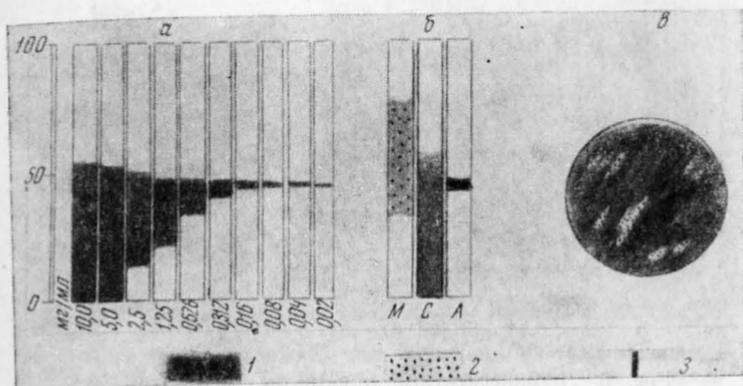


Рис. 5 Люминесцентные параметры асфальта:
а — люминесцентно-капиллярная характеристика асфальта;
б — люминесцентно-капиллярная характеристика масел, смол и асфальтенов, входящих в состав асфальта; *в* — люминесценция асфальта в аншлифе под микроскопом (ув. $\times 60$).
 Цвета люминесценции: 1 — коричневый; 2 — голубой и светло-желтый; 3 — нелюминесцирующая зона

Люминесцентные параметры озокерита приводятся на рис. 6. Цвет люминесценции основной зоны коричневатожелтый или желтый (рис. 6, *а*). Концентрационное тушение люминесценции в растворе наступает при содержании 1,25 мг/мл вещества. Люминесцентно-капиллярная характеристика масел, смол и асфальтенов показывает, что в составе озокерита почти отсутствуют асфальтены, а смолы присутствуют только низко- и среднемолекулярные (рис. 6, *б*).

Под микроскопом жильный озокерит обнаруживает своеобразную люминесценцию голубовато-серого цвета с желтоватым оттенком. Цвет люминесценции озокерита напоминает цвет люминесценции высокопарафинистых нефтей. Иногда внутри минерала наблюдаются пустоты и каверны. Стенки их люминесцируют более ярко светло-желтым цветом за счет примеси смолистых веществ (рис. 6, *в*). Химический состав асфальта и озокерита приводится в табл. 5.

В озокерите углерод парафиновых структур составляет около 90% петролейно-эфирной фракции. Примесь смолистых веществ не превышает в нем 14%, тогда как в асфальте она составляет более 50%.

Изучение люминесцентных свойств некоторых природных минералов органического происхождения показало, что под микроскопом в них выявляются такие особенности, которые

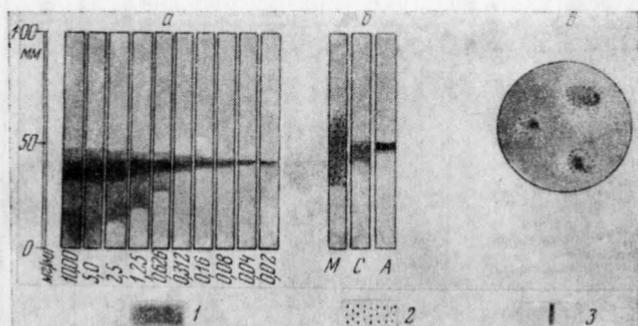


Рис. 6. Люминесцентные параметры озокерита: *a* — люминесцентно-капиллярная характеристика озокерита; *b* — люминесцентно-капиллярная характеристика масел, смол и асфальтенов, входящих в состав озокерита; *v* — люминесценция озокерита в аншлифе под микроскопом (ув. $\times 60$).

Цвета люминесценции: 1 — желтый и коричневый; 2 — голубой; 3 — нелюминесцирующая зона

не устанавливаются при выполнении химического и люминесцентно-битуминологического анализов. Так, в асфальте наблюдались точечные участки с микроскоплениями углеводов, а в озокерите — смолистых веществ.

Заканчивая рассмотрение различных факторов, определяющих характер люминесценции битуминозных веществ и некоторых минералов углерода, необходимо остановиться на тех, которые связаны с процессом извлечения битуминозных веществ из горных пород. При выполнении различного рода анализов, связанных с экстракцией битуминозного вещества из горных пород, воздействию на них органических растворителей, температуры и других факторов, могут наблюдаться частичные изменения в составе этих веществ (Порфирьев, Гринберг, 1962). Такие изменения, несомненно, сказываются на люминесцентных свойствах вещества. Было подмечено, что заметные изменения состава и свойств битуминозных веществ отмечаются для тех горных пород, которые содержат их в небольших количествах. Кроме того, более подвержены измене-

нию люминесцентных свойств при экстракциях легкие битуминозные вещества.

На рис. 7 показано изменение люминесцентных свойств битуминозного вещества, извлекавшегося из глины различными способами. Битуминозное вещество в ненарушенном образце горной породы распределялось неравномерно в виде отдель-

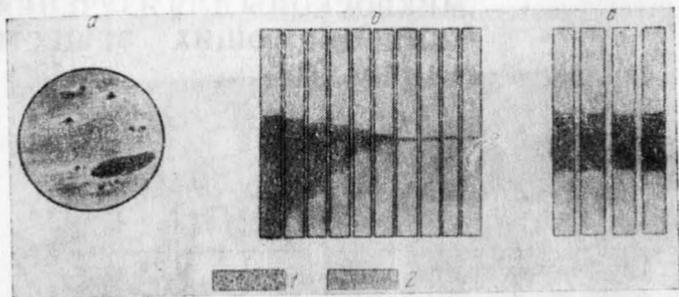


Рис. 7. Сопоставление цвета люминесценции:

a — наблюдаемого в горной породе (ув. $\times 60$), *б* — на капиллярных вытяжках при холодном экстрагировании в кюветах; *в* — на капиллярных вытяжках при горячем экстрагировании в аппарате Соклета с последующим испарением растворителя.

Цвета люминесценции: 1 — голубой — для неизменного маслянистого битуминозного вещества; 2 — желтовато-зеленый — для того же вещества, подвергнутого изменению в процессе нагревания и испарения растворителя

ных точек и линз, располагавшихся по слоистости (рис. 7, *a*). Оно обнаруживало голубой цвет люминесценции. При экстракции битуминозного вещества хлороформом на холоду оно не меняло своих свойств. На капиллярных вытяжках наблюдался тот же голубой цвет люминесценции (рис. 7, *б*). Тождество цветов люминесценции битуминозного вещества в горной породе и на капиллярных вытяжках свидетельствует о том, что при люминесцентно-битуминологическом анализе качественный состав битуминозных веществ существенно не меняется. Наоборот, нагревание при экстракции с последующим испарением растворителя вызывает изменение люминесцентных свойств битуминозных веществ, что проявляется на капиллярных вытяжках (рис. 7, *в*). Следовательно, различие в люминесцентных свойствах битуминозных веществ и их естественные изменения должны наблюдаться лишь непосредственно в образце горной породы и под микроскопом. Эти наблюдения могут сопоставляться только с параметрами, полученными при выполнении люминесцентно-битуминологического анализа. Данные других методов могут быть использованы дополнительно для характеристики состава изучаемых битуминозных веществ.

ГЛАВА III

МИКРОСКОПЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И МИНЕРАЛОВ

Как было показано выше, люминесцентная микроскопия открывает новые возможности в изучении битуминозных веществ. Вместе с тем, успех исследований в этой области в значительной мере зависит от выбора микроскопа и умения максимально использовать его технические возможности (Siedentopf, 1905; Henbest, 1945). В нашей стране за последнее время созданы модели ультрафиолетовых микроскопов МУФ-1, МУФ-3 и люминесцентных микроскопов МЛ-1 и МЛ-2 конструкции Е. М. Брумберга (1939—1956). Все эти установки снабжены источником ультрафиолетового излучения, позволяющим изучать явления люминесценции.

В люминесцентных микроскопах источником ультрафиолетовых лучей могут служить ртутно-кварцевые лампы ПРК-2, ПРК-4, ПРК-5, ПРК-7, СВД-120, ДРШ-250, ДРШ-500 и ДРШ-1000 (рис. 8), состоящие из кварцевой колбы с впаянными в нее двумя токоведущими электродами, а в лампах ДРШ — еще и третьего — электрода поджига. Внутри колбы находится дозированное количество ртути. Лампы наполнены аргоном. При дуговом разряде между концами токоведущих электродов в парах ртути в лампе образуется видимое и ультрафиолетовое излучение. В первый момент после поджига дуговой разряд в лампе происходит в атмосфере аргона. После нескольких минут горения дуги ртуть в лампе испаряется и разряд происходит уже в атмосфере паров ртути при давлении 6—7 атм в лампах ПРК и 25—35 атм в лампах ДРШ. Величина плотности ртутных паров влияет на параметры ламп. При разгорании ламп увеличивается лучистый поток (даваемая лампой облученность предмета). Практически лампа считается разгоревшейся, если ее лучистый поток достигает 80—90% предельного значения.

Напряжение на электродах лампы относительно слабо зависит от напряжения сети. Значительно бóльшую зависимость от напряжения обнаруживает мощность лампы и ток разряда. При изменении напряжения сети на 10% происходит изменение тока на 22% и мощности на 35% (Мейер и Зейтц, 1952). Перегрузка рабочих параметров лампы ведет к ее преждевременному разрушению, а недогрузка — к медленному разгоранию и недостаточному лучистому потоку. Поэтому не-

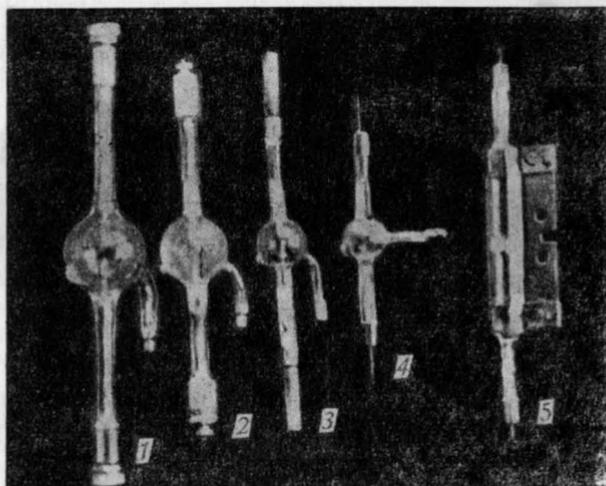


Рис. 8. Ртутно-кварцевые лампы, используемые при люминесцентно-микроскопических исследованиях:
1, 2, 3 — ДРШ; 4 — СВД-120; 5 — ПРК

обходимо для обеспечения нормальной нагрузки лампы к имеющемуся напряжению сети подобрать определенную величину добавочного сопротивления. В результате длительной работы ртутных ламп наблюдается уменьшение лучистого потока, что связано с образованием налета на стенках ламп из продуктов распыления электродов. Падение интенсивности лучистого потока бывает вызвано также частым включением и выключением ламп. При режиме непрерывного горения лампы уменьшение лучистого потока происходит медленнее.

Шарообразные лампы сверхвысокого давления отличаются большой яркостью световой дуги. Раскаленные пары ртути в них дают линейчатый спектр ультрафиолетового излучения в интервале длин волн 310—390 мкм. В этой области выделяется линия 365 мкм, характеризующая абсолютную отдачу энергии для паров ртути.

Для получения отдельных участков ультрафиолетового

спектра применяются различные светофильтры. Светофильтры служат для выделения из сложного излучения узкого пучка лучей с заданным спектральным составом, который может быть использован для измерения или возбуждения люминесценции изучаемого вещества. Все материалы, обладающие свойством пропускать излучение волны только определенной длины, могут служить светофильтрами. Существуют также

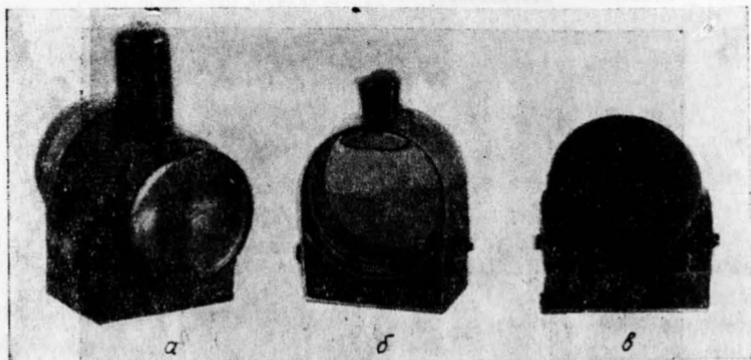


Рис. 9. Светофильтры для люминесцентной микроскопии:
а — газовый в кювете с кварцевыми стеклами; б — жидкостный в кювете с кварцевыми стеклами; в — стеклянный определенного состава

фильтры, пропускание которых постоянно (но не равно единице) в некотором интервале длин волн, они называются нейтральными фильтрами. Фильтры могут быть стеклянные, жидкостные, с органическими или неорганическими веществами, и желатиновые. Применяются в качестве светофильтров также тонкие прозрачные слои некоторых металлов и газы.

Все разнообразие светофильтров можно представить в виде четырех больших групп: 1) фильтры, отсекающие полностью коротковолновую часть спектра и пропускающие длинноволновые лучи; 2) фильтры, отсекающие длинноволновую часть спектра и пропускающие коротковолновые лучи; 3) фильтры, пропускающие излучение только в узкой спектральной области и имеющие как коротковолновую, так и длинноволновую границу — эти фильтры применяются для измерительных целей; 4) нейтральные фильтры, которые могут ослаблять излучение в определенной области длин волн.

В зависимости от цели исследования, могут использоваться наборы или сочетания светофильтров. На рис. 9 приведены фотографии некоторых светофильтров из набора деталей люминесцентного микроскопа МУФ-1.

Широкое практическое использование люминесцентного анализа стало возможным лишь после появления стеклян-ного светофильтра Вуда. В состав его входит до 12% окиси никеля, небольшое количество кобальта, окись бария. Никель и кобальт обуславливают черный цвет светофильтра (рис. 9, в). Интенсивность ультрафиолетовых лучей, проходящих через светофильтр, зависит от его толщины. Обычно светофильтры Вуда имеют толщину 2—3 мм.

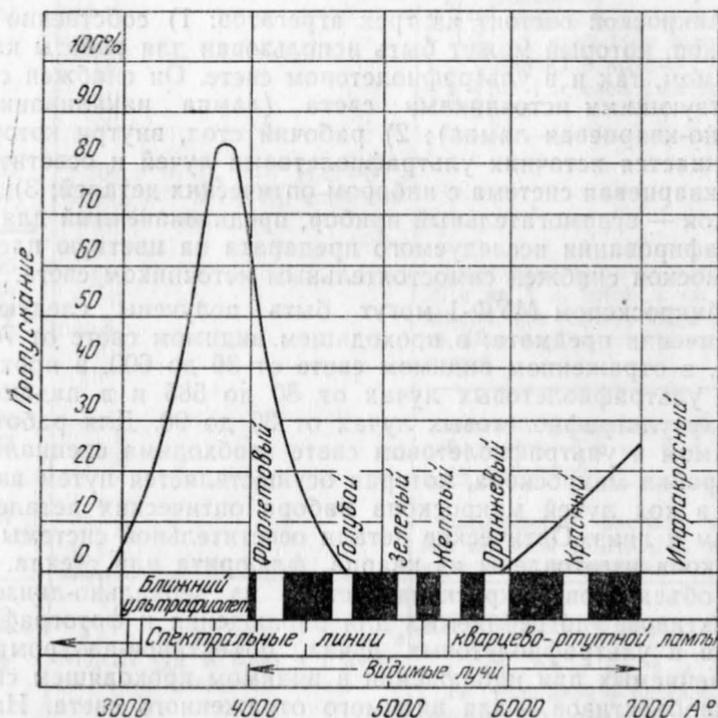


Рис. 10. Схематизированная спектральная характеристика (кривая пропускания) теплоустойчивого светофильтра

Жидкостные светофильтры представляют собой растворы различных веществ, помещенных в кварцевые кюветы (рис. 9, а). В табл. 6 приводится набор светофильтров по Боуэну, устанавливаемых последовательно от источника света (I, затем II). Стекланные светофильтры теплоустойчивы, имеют максимум пропускания в области 3600 Å. Каждый светофильтр характеризуется своей спектральной пропускательной способностью, которая может быть изображена либо в форме длин волн, либо в форме кривой (рис. 10).

Конструкции ультрафиолетовых микроскопов разных марок имеют много общего. Первая модель конструкции Е. М. Брумберга (МУФ-1) наиболее сложна по устройству. Это большой исследовательский биологический микроскоп, предназначенный для изучения прозрачных препаратов в видимом и ультрафиолетовом проходящем свете в диапазоне длин волн от 250 до 400 мкм, а также непрозрачных веществ в видимом и ультрафиолетовом свете, падающем сверху на препарат.

Микроскоп состоит из трех агрегатов: 1) собственно микроскоп, который может быть использован для работы как в видимом, так и в ультрафиолетовом свете. Он снабжен соответствующими источниками света (лампа накаливания и ртутно-кварцевая лампа); 2) рабочий стол, внутри которого помещается источник ультрафиолетовых лучей и осветительная кварцевая система с набором оптических деталей; 3) хромоскоп — вспомогательный прибор, предназначенный для фотографирования исследуемого препарата на цветную пленку. Хромоскоп снабжен самостоятельным источником света.

Микроскопом МУФ-1 могут быть получены следующие увеличения предмета: в проходящем видимом свете от 70 до 1935, в отраженном видимом свете от 36 до 600, в проходящих ультрафиолетовых лучах от 80 до 585 и в падающих сверху ультрафиолетовых лучах от 30 до 90. Для работы в видимом и ультрафиолетовом свете необходима специальная настройка микроскопа, которая осуществляется путем введения в ход лучей микроскопа набора оптических деталей — призм и линз. Оптические детали осветительной системы микроскопа изготовлены из кварца, флюорита или стекла. Набор объективов микроскопа состоит из зеркально-линзовых объективов, употребляемых для наблюдения и фотографирования в ультрафиолетовых лучах, объективов-апохроматов, применяемых при наблюдении в видимом проходящем свете, и эпиобъективов — для видимого отраженного света. Набор окуляров также предназначен для визуального наблюдения и фотографирования изучаемых веществ.

Оптические детали осветительной системы микроскопа помещаются внутри рабочего стола на оптической скамье. Там же располагаются светофильтры, необходимые для выделения отдельных участков ультрафиолетового спектра. Смена оптических деталей производится в процессе работы без нарушения общей юстировки прибора. Управление подвижной частью осветительной системы осуществляется с помощью рукояток и кнопок, выведенных на поверхность микроскопа. Фотографирование ведется путем последовательного изображения предмета на трехпольную фотокамеру или с применением фотонасадки.

Светофильтры для наблюдения наиболее интенсивных спектральных линий кварцево-ртутной лампы (по Боуэну *)

Длина волн, Å	Светофильтр I	Светофильтр II
2480 2537 2655		Cl_2 — газ при 1 атм, слой 3 см толщиной 0,108 г I_2 + 0,15 г KI в 1 л воды, слой 1 см толщиной HgCl_2 в воде, 45 г на 1 л, слой 1 см толщиной или KI в воде — 1,7 г на 1 л, слой 1 см толщиной
2755 2802	200 г $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ + 50 г CoSO_4 в 1 л H_2SO_4 , слой толщиной 10 см	
2895 2925 2970 3030		шавелевая кислота в воде — 20 г на 1 л, слой 1 см толщиной, или $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в воде, 15 г на 1 л, слой 1 см толщиной
3126 3132		кислый фталевокислый калий в воде 5 г на 1 л, слой 1 см толщиной
3341		насыщенный раствор мочевой кислоты ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3\text{N}_4$) в воде, слой 1 см толщиной
3650		светофильтр Вуда
4047	4,4 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + 150 г NH_4OH (уд. в. 0,88) в 1 л воды, слой толщиной 10 см	в CCl_4 , 7,1 г на 1 л, слой 1 см толщиной + раствор солянокислого хинина в воде, 10 г на 1 л, слой 2 см толщиной
4358		75 г NaNO_2 в 100 см ³ воды, слой 2 см толщиной
5461	13 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + 0,44 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 50 см ³ H_2SO_4 в 1 л воды, слой толщиной 10 см	светофильтр Корнинг-512, толщиной 5 мм (дидимное стекло)
5770 5791		светофильтр Корнинг-344, толщиной 3,5 мм (оранжевое стекло)

* Pringsheim, Vogel, 1943.

Микроскоп МУФ-2 ультрафиолетовый (модернизированный) также предназначен для исследования препаратов в видимом и ультрафиолетовом свете. Наблюдение ведется в диапазоне длин волн от 250 до 400 мкм. Для веществ, люминесцирующих в ультрафиолетовых лучах, микроскоп может быть использован как люминесцентный. Вертикальный осветитель дает возможность производить исследования минераграфических, минералогических и других непрозрачных объектов в падающих ультрафиолетовых лучах. Микроскоп включает два основных агрегата: сам микроскоп вместе с осветительной системой, установленный на устойчивом амортизированном основании, и самостоятельный прибор — хромоскоп, предназначенный для фотографирования изучаемых препаратов. В комплект прибора входят следующие светофильтры.

1. Газовый светофильтр, представляющий собой кварцевую кювету, заполненную смесью хлора и брома. Фильтр пропускает участок ультрафиолетового спектра в интервале от 250 до 280 мкм.

2. Одновременно с газовым светофильтром может быть установлен жидкостный светофильтр, служащий для выделения спектральной линии 280, 265 или 254 мкм, который представляет собой кювету с кварцевыми стенками, заполненную специальным раствором. Для выделения линии 280 мкм применяется водный 60%-ный насыщенный раствор 4-амино-фталемида, для выделения линии 265 мкм — 3%-ный водный раствор натровой селитры, для выделения линии 254 мкм — водный раствор иода или иодистого калия (для иода концентрация $1 \cdot 10^{-4}$, для иодистого калия $1,4 \cdot 10^{-4}$ г/см³).

3. Стенки одной из кювет, прилагаемых к микроскопу, представляют собой светофильтр из стекла УФС-1. Кювета заполняется водным раствором хромата калия концентрации $2,5 \cdot 10^{-4}$ г/см³ и пропускает спектральную линию ртутного спектра 313 мкм.

4. Светофильтр УФС-1, смонтированный на вращающемся диске.

Оптическая система микроскопа и его оптические детали юстируются на заводе при изготовлении микроскопа, поэтому при установке прибора не требуется дополнительной юстировки.

Упрощенный биологический ультрафиолетовый микроскоп МУФ-3М (рис. 11, а) так же, как и предыдущие модели, предназначен для визуального исследования микропрепаратов, обладающих избирательными областями поглощения в ультрафиолетовом спектре. Он может быть использован и для изучения препаратов в свете их люминесценции, возбуждаемой сине-фиолетовым участком спектра и ультрафиолетовыми лучами с длиной волны в 313 или 365 мкм, при освеще-

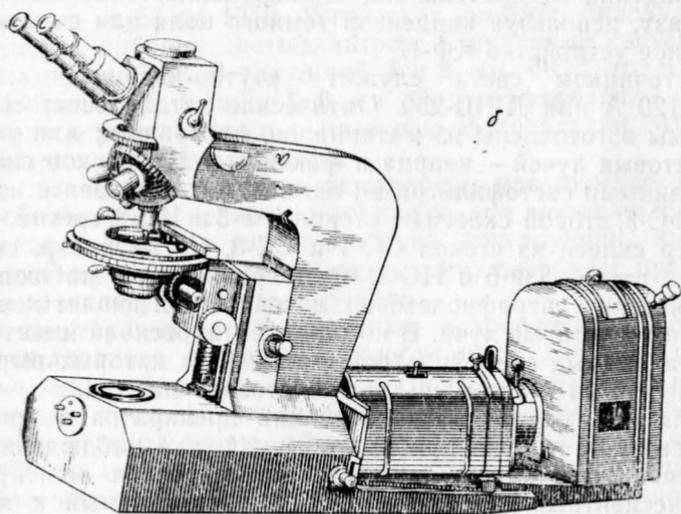
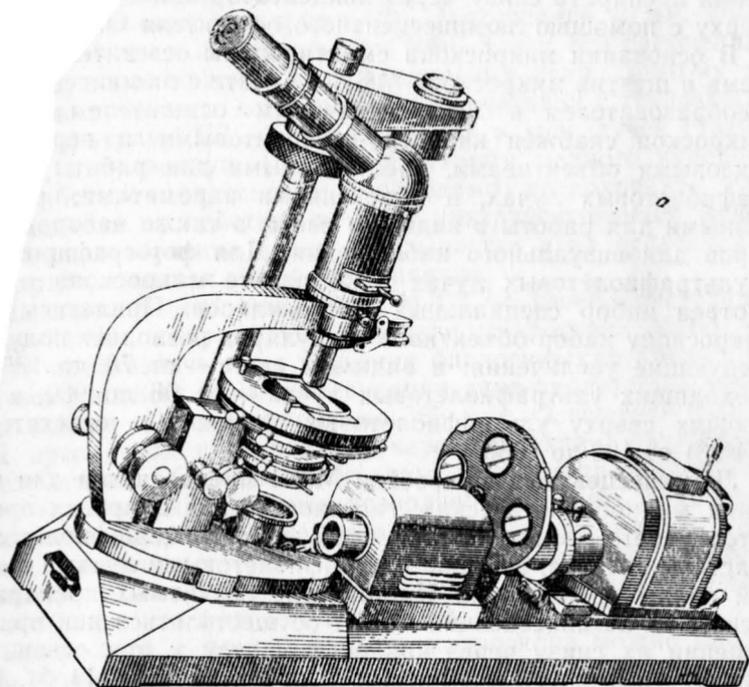


Рис. 11. Ультрафиолетовые и люминесцентные микроскопы:
а — МУФ-3М; б — МЛ-1

щении препарата снизу через конденсатор или освещении его сверху с помощью люминесцентного осветителя ОИ-17.

В основании микроскопа смонтированы осветительная система и штатив микроскопа МБИ-1 вместе с люминесцентным преобразователем и люминесцентным осветителем ОИ-23. Микроскоп снабжен кварцево-флюоритовыми и зеркально-линзовыми объективами, рассчитанными для работы в ультрафиолетовых лучах, и объективами ахроматами, рассчитанными для работы в видимом свете, а также набором окуляров для визуального наблюдения. Для фотографирования в ультрафиолетовых лучах в комплекте микроскопа предусмотрен набор специальных фотоокуляров. Прилагаемый к микроскопу набор объективов и окуляров позволяет получать следующие увеличения: в видимом свете — от 70 до 1350, в проходящих ультрафиолетовых лучах — от 96 до 980, в падающих сверху ультрафиолетовых лучах (с осветителем ОИ-23) от 129 до 1656.

Люминесцентный микроскоп МЛ-1 предназначен для изучения микробиологических, гистологических и других препаратов в свете люминесценции, возбуждаемой сине-фиолетовым участком спектра, а также ультрафиолетовыми лучами с длиной волны до 365 мкм. Наблюдение изучаемых препаратов в свете их люминесценции может осуществляться как при освещении их снизу через конденсатор, так и при освещении сверху через опак-иллюминатор и объектив (рис. 11, б). При освещении объектов сверху, через опак-иллюминатор, для возбуждения люминесценции одновременно можно освещать их снизу, используя конденсор темного поля или фазово-контрастное устройство КФ-1.

Источником света служит ртутно-кварцевая лампа СВД-120 А или ДРШ-250. Оптические детали осветительной системы изготовлены из материалов, прозрачных для ультрафиолетовых лучей — кварца и флюорита. Микроскоп снабжен стеклянными светофильтрами: один из них изготовлен из стекла УФС-3, второй склеен из стекол ТФ-5 и НС-3, третий светофильтр склеен из стекол СС-4 и СС-8. Светофильтр, склеенный из стекол ТФ-5 и НС-3, предохраняет глаз наблюдателя от действия ультрафиолетовых лучей, он поглощает короткие ультрафиолетовые лучи. В комплекте микроскопа имеется набор накладных светофильтров, каждый из которых выделяет определенный участок ультрафиолетового спектра.

Для наблюдения люминесценции препаратов в проходящем свете настройка прибора обычная, для наблюдения люминесценции в падающем свете на микроскоп монтируется люминесцентный осветитель ОИ-23. Прилагаемый к микроскопу набор объективов и окуляров позволяет получать увеличения от 63 до 1575. Фотографирование объектов может производиться как при помощи микрофотонасадки МФН-1,

так и фотокамерой аппарата «Зенит». Микроскоп снабжен стеклянными светофильтрами: ФС-2, толщиной 2 мм, ФС-1, толщиной 4 мм и светофильтром УФС-3. Все эти светофильтры пропускают красные и инфракрасные лучи. Поэтому необходимо применять светофильтры в сочетании с теплозащитными фильтрами СЗС-14 и СЗС-7 или в ходе лучей ставить кювету, наполненную 4%-ным раствором медного купороса. При работе с микроскопом необходимо предохранять глаз наблюдателя от действия прямых ультрафиолетовых лучей. Длительное облучение вредно сказывается и на исследуемом препарате, вызывая его обесцвечивание.

Люминесцентный микроскоп МЛ-2 по своей конструкции очень близок к предыдущей модели микроскопа МЛ-1. Он также предназначен для изучения биологических препаратов при возбуждении их люминесценции сине-фиолетовым участком спектра с длиной волны до 365 мкм. Освещение изучаемых препаратов производится через объектив падающими сверху лучами. Особенностью этого микроскопа является то, что его оптическая система позволяет применять смешанное освещение изучаемых объектов, т. е. можно сочетать освещение препарата сверху светом, возбуждающим его люминесценцию, с одновременным освещением его снизу по методу темного поля или фазового контраста.

Кроме того, с помощью этого микроскопа можно наблюдать люминесценцию препаратов в видимой части спектра в проходящем и отраженном свете в темном поле. Набор объективов и окуляров микроскопа позволяет получать на нем увеличения от 53 до 1350. Микроскоп снабжен бинокулярной насадкой и набором светофильтров. Стеклопленочные светофильтры включают: УФС-3 толщиной 3 и 5 мм, ФС-1 толщиной 2 и 4 мм и СС-15 толщиной 2 мм. Фотографирование на микроскопе осуществляется с помощью фотонасадки МФН-10, входящей в комплект прибора.

Из приведенного обзора аппаратуры для люминесцентно-микроскопических исследований видно, что новые модели, все более компактные и упрощенные по конструкции, вместе с тем отличаются улучшением оптики, что позволяет проводить более разносторонние исследования.

В конструкции люминесцентных микроскопов отсутствует поляризационное устройство, необходимое для определения оптических свойств минералов в горных породах. В настоящее время приходится одновременно с люминесцентным микроскопом использовать обычный поляризационный микроскоп. Этого можно было избежать, если бы люминесцентные микроскопы позволили изучать не только люминесцирующие битуминозные вещества, но и вмещающие их нелюминесцирующие минералы и горные породы (Шустов, 1962). Не всегда достаточная яркость освещения препаратов вызывает не-

обходимость использования дополнительной аппаратуры (Бутслов, Корн, Муромцев, 1961).

По мере усовершенствования приемов микроскопического изучения вещества в ультрафиолетовых лучах и улучшения конструкции приборов, при одновременном изучении химического состава битуминозных веществ, методы визуальных наблюдений люминесценции будут постепенно заменяться более точными методами измерения констант вещества с помощью спектральных приборов, монтируемых на микроскопы. Об этом свидетельствуют огромные успехи люминесцентной спектроскопии в различных областях, в том числе и в ряде геологических наук. Это даст возможность обнаружить спектральными методами битуминозные вещества в породах

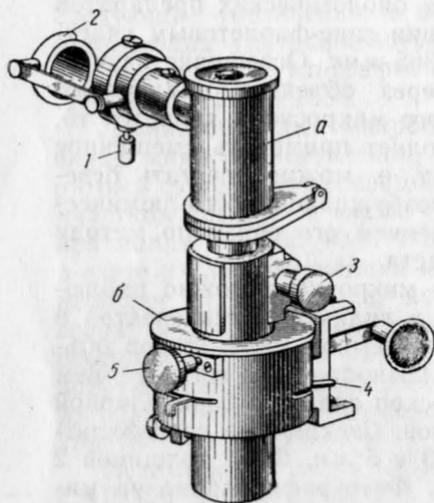


Рис. 12. Спектральная насадка СПО-1 к люминесцентному микроскопу: а — верхняя спектральная часть насадки со шкалой длин волн (1 и 2); б — нижняя окулярная часть насадки с устройством для фокусировки (3), включения призмы (4) и регулирования ширины щели (5)

и минералах непосредственно под микроскопом, точно определить их состав методами спектрального анализа, выяснить их особенности и характер распределения как результат физико-химических процессов, протекавших в горных породах в течение геологического времени.

В частности некоторые возможности в люминесцентной микроскопии открываются с применением спектральных насадок. В последнее время промышленностью выпускаются спектральные насадки АУ-16 и СПО-1. Они позволяют получить спектральную характеристику цвета люминесценции битуминозных веществ. Область применения насадок лежит в видимой части спектра — от 400 до 750 мкм. Спектральные насадки устанавливаются на окулярную трубку люминесцентного микроскопа. Настройка их осуществляется по цветному спектру ртутной лампы (зеленая линия 546 мкм). Насадки

состоят из верхней — спектральной и нижней — окулярной частей (рис. 12). С помощью окулярной части насадки выбирают участок образца, а с помощью спектральной — получают его характеристику. Определение границ спектральных линий проводится по шкале длин волн, находящихся в поле зрения насадки.

Применение спектральных насадок позволяет получить характеристику битуминозных веществ не только при их равномерном распределении в породе, но и при их заполнении трещины, каверны и т. д. Это особенно важно для установления генетических типов битуминозных веществ.

Недостатком метода люминесцентной микроскопии является то, что под микроскопом трудно различаются свободные и связанные формы битуминозных веществ. Они имеют иногда одинаковый цвет люминесценции, в связи с чем для их диагностики под микроскопом приходится прибегать к анализу экстрактов. Такого рода определения требуют большой затраты времени и, кроме того, приходится нарушать естественное залегание битуминозных веществ в горных породах.

Большие трудности в применении метода связаны с использованием цветной фотографии. Последняя требует специального помещения и квалифицированного фотографа, владеющего навыками цветного фотографирования.

ГЛАВА IV

МЕТОДИКА ЛЮМИНЕСЦЕНТНО-МИКРОСКОПИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ БИТУМИНОЗНЫХ ВЕЩЕСТВ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Люминесцентно-микроскопическое изучение имеет целью выяснение процессов, приведших к образованию битуминозных веществ, на основании исследования люминесцентных свойств, особенностей состава, содержания и характера распределения этого вещества в горной породе. Такого рода изучение особенно важно для дисперсных битуминозных веществ, включения которых не определяются макроскопически, а светлая окраска не позволяет исследовать их петрографическим методом.

Характер распределения дисперсных битуминозных веществ и соотношение их с вмещающими породами и минералами определяются обычными методами минералогического анализа. Минеральная часть породы (кроме минералов, люминесцирующих в ультрафиолетовых лучах) изучается петрографическим методом. Также в петрографических шлифах с применением реакций с органическими растворителями исследуются окрашенные разности битуминозных веществ.

Для определения количественного содержания и оценки качественного состава битуминозных веществ люминесцентно-микроскопические наблюдения применяются в комплексе с химическими и спектральными исследованиями. Детальные данные о составе битуминозных веществ, полученные другими методами, способствуют познанию строения изучаемых битуминозных веществ.

Люминесцентно-микроскопические исследования битуминозных веществ представляют собой прямое продолжение и развитие люминесцентно-битуминологического анализа, теоретические основы которого были разработаны В. Н. Флоровской и В. Г. Мелковым (1946), А. А. Ильиной (1956) и др. Люминесцентные свойства битуминозных веществ проявляют-

ся совершенно одинаково как в крупных скоплениях, так и в мельчайших включениях в породе.

Цвет люминесценции зависит от химического состава вещества: от соотношений в составе битуминозных веществ химически различных групп соединений (масла, смолы, асфальтены). Эти соотношения определяют и физические свойства вещества. С увеличением удельного веса битуминозных веществ, а в составе их — смол и асфальтенов цвет люминесценции веществ меняется в порядке изменения цветов видимой части спектра: фиолетовый, голубой, желтый, оранжевый, бурый, темно-коричневый.

Интенсивность люминесценции определяется не только составом, но и содержанием битуминозного вещества. Эта зависимость, положенная в основу количественного люминесцентно-битуминологического анализа, является прямой лишь при сравнительно малых концентрациях вещества. Последнее обстоятельство делает необходимым выполнение анализов параллельно с микроскопическими исследованиями. Описание вариантов люминесцентно-битуминологического анализа, которые рекомендуется использовать одновременно с методом люминесцентной микроскопии, приводится в «Руководстве по методике люминесцентно-битуминологических исследований» (1966).

Так как интенсивность люминесцентного излучения всегда значительно меньше интенсивности возбуждающего света, то при люминесцентно-микроскопических исследованиях решающим фактором становится контрастность изображения. Отсюда вытекает важность способа приготовления препаратов, их толщина и др. Не менее важен при люминесцентно-микроскопических наблюдениях и выбор минимального увеличения, так как яркость изображения обратно пропорциональна квадрату увеличения.

Варианты методик и технические средства, используемые для их применения. При петрографическом методе изучения битуминозных веществ (Татарский, 1948; Белоусова, Туаев, 1949; 1955), получившем широкое применение в геологии нефти, в шлифах под микроскопом хорошо контролируется распределение окрашенных компонентов, богатых смолами и асфальтенами. Однако в обычных шлифах не поддаются определению неокрашенные битуминозные вещества, наиболее подвижные и образующие разнообразные формы залегания. Существующие в настоящее время методики люминесцентно-микроскопического изучения битуминозных веществ в горных породах сводятся к трем вариантам.

Ветцелем (Wetzel, 1939; 1959) предложен способ изучения битуминозных веществ в обычных петрографических шлифах с применением органических растворителей. Растворители вводятся в шлиф подобно иммерсионным жидкостям. Диаг-

ностика битуминозных веществ основана на способности этих веществ растворяться в органических растворителях. Этим способом не могут четко фиксироваться неокрашенные компоненты битуминозных веществ из-за голубоватой люминесценции канадского бальзама.

Г. Н. Колпенский (1958, 1959) разработал способ изучения битуминозных веществ в тонких шлифах без покровного стекла, приготовленных на нелюминесцирующей основе. Им использована возможность как визуальных наблюдений за распределением битуминозных веществ в шлифе, так и диагностика их состава путем применения органических растворителей. Для этого весь шлиф последовательно погружался в набор органических растворителей и после каждого погружения производилось фотографирование шлифа.

Третий вариант методики состоит в изучении битуминозных веществ в аншлифах. Ветцель и Колпенский указывали на возможность изучения битуминозных веществ в более плотном слое. В наших исследованиях этот вариант методики являлся основным (Флоровская, Овчинникова, 1958; 1963). Несложное приготовление препаратов позволило проводить массовый просмотр образцов в аншлифах и затем выборочно готовить шлифы без покровного стекла. Диагностика битуминозных веществ осуществлялась путем сопоставления их люминесценции с данными анализов экстрактов.

Как показывает опыт, изучение горных пород методом люминесцентной микроскопии может проводиться в проходящем или падающем ультрафиолетовом свете. В зависимости от этого готовятся и препараты для исследования. Для изучения горных пород в проходящих ультрафиолетовых лучах готовятся специальные тонкие шлифы, а для изучения горных пород в падающих ультрафиолетовых лучах — аншлифы. Наиболее простой способ — приготовление аншлифов. Применяемые для изготовления прозрачных шлифов клеящие вещества не должны иметь собственной люминесценции, так как это препятствует исследованию препарата. Обязательным условием является также подбор таких клеящих средств, которые могли бы сохраняться без изменения при длительном хранении препаратов. Такое широко применяемое при приготовлении обычных петрографических шлифов клеящее средство, как канадский бальзам, не может быть использовано для приготовления люминесцентно-микроскопических препаратов из-за его люминесценции. Кроме того, нагревание породы, применяемое в процессе изготовления обычных шлифов, может привести к потере легко улетучивающихся при этом компонентов.

При первых попытках изготовить специальные шлифы для люминесцентной микроскопии была использована фотожелатина (Колпенский, 1958). Шлифы получались хорошего ка-

чества, но долго сохраняться не могли, так как вода вызывала разбухание желатины и появление слабой люминесценции. В дальнейшем были сделаны попытки применения в качестве клеящего вещества обычного силикатного клея или жидкого стекла (Елизарова и др., 1962). Недостатком этого клея является его низкий показатель преломления (1,450), иногда наблюдаемая люминесценция и неполная прозрачность.

Хорошим клеящим веществом может служить акриловый клей (показатель преломления близок к канадскому бальзаму). С акриловым клеєм шлифы должны готовиться без нагревания. Недостаток клея состоит в том, что при попадании в него незначительных количеств примесей он начинает люминесцировать; в то же время этот клей дефицитен и дорогостоящ.

Во ВНИГРИ разработан новый состав клея Т. Э. Барановой и Б. Н. Билаловой (1961). Это раствор 20%-ного полибутилметакрилата бисерного в ксилоле или параксилоле. Навеска полибутилметакрилата бисерного опускается в определенное количество растворителя и отстаивается в течение 3 суток при периодическом взбалтывании 3—4 раза в сутки. Полученный таким способом клей имеет показатель преломления 1,50 при температуре 22°, прозрачен и не люминесцирует. При приготовлении шлифов нагревание также не рекомендуется. Применение этого клея требует большой осторожности, так как ксилол является хорошим растворителем и может менять распределение вещества.

Особенность изготовления прозрачных шлифов для люминесцентной микроскопии заключается не только в подборе специального нелюминесцирующего клея, но и в методике обработки препарата. Во ВНИГНИ, под руководством Г. П. Колпенского была разработана методика приготовления препаратов «сухим» способом. По этой методике образец горной породы высотой 5 см раскалывается или распиливается в нужном направлении на две половины (рис. 13). С одной частью образца проводится капельно-люминесцентный анализ, а затем и весь последующий комплекс люминесцентно-биоминералогических исследований. Другая часть образца используется для приготовления прозрачных шлифов. Для этого образец шлифуется с двух сторон на шлифовальном станке без применения воды. В результате этой операции получают пластинку с параллельными плоскостями, толщиной 3—4 мм для крепких пород и 5—6 мм для более рыхлых и слонстых пород. Пришлифованная пластинка может быть распилена на более мелкие пластинки для изготовления прозрачного петрографического шлифа, аншлифа и специального шлифа для люминесцентной микроскопии.

В дальнейшем поверхность пластинки, предназначенной для изготовления шлифа, стачивается на более мелкозернистом карборундовом круге, а затем на стекле с помощью специальных абразивов и доводится до блеска на сукне. Отполированную поверхность пластинки покрывают клеем и приклеивают к предметному стеклу. Далее пластинку плотно прижимают к стеклу с помощью пресса, в качестве которого может служить винтовой зажим Гофмана.

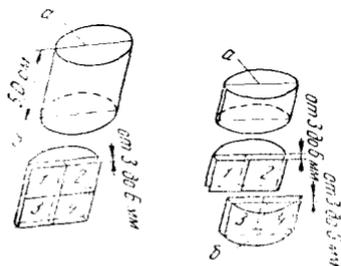


Рис. 13. Приготовление пластинок для шлифов из куска корунда (по Елизаровой, 1962): а — плоскость раскалывания зерна; б — стачивается или скалывается

Последующая обработка образца заключается в шлифовании сначала на грубом наждачном круге без применения воды до толщины 1 мм, а затем на мелкозернистом круге и стекле с теми же абразивами. Окончательная толщина шлифа не должна превышать 0,5—0,1 мм. Поверхность готового шлифа можно дополнительно отполировать на сукне.

Изготовление тонких прозрачных шлифов рекомендуется для битуминозных пород, а также для тех разновидностей пород, в которых присутствуют окисленные битуминозные вещества, имеющие темную окраску и слабую люминесценцию. В этом случае в шлифе хорошо вырисовываются очертания микровключений битуминозных веществ или их компонентов, а также особенности вмещающей минеральной части породы. Это создает возможность изучения структур битуминозных участков в образце. Совершенно необходимо изготовление тонких прозрачных шлифов и для глинистых пород. В тонком срезе глинистого образца значительно лучше различаются глинистые минералы, их слоистое расположение и люминесценция участков, содержащих битуминозное вещество.

Изготовление прозрачных шлифов представляет собой трудоемкий процесс, а срок их сохранности сравнительно небольшой. Со временем шлифы портятся из-за изменений, происходящих в клеящем веществе.

При изготовлении аншлифов для люминесцентно-микроскопических исследований исключается возможность применения каких бы то ни было связующих веществ для придания образцу прочности, так как применяемые для этой цели вещества обычно обладают собственной люминесценцией.

Поэтому сыпучие и хрупкие образцы пород не могут быть использованы для приготовления аншлифов. Их приходится просматривать под микроскопом в порошке.

В зависимости от характера битуминозного вещества, заключенного в горной породе, аншлифы могут быть приготовлены двумя способами.

1. При наличии в горной породе включений мягких и вязких битуминозных веществ образцы пород шлифуются на металлическом диске с использованием грубого шлифовального порошка и воды. Шлифованная поверхность образца тщательно промывается водой. К таким образцам горных пород не рекомендуется применение более тонкой полировки, так как мелкий шлифовальный порошок может концентрироваться в мягком веществе битуминозного вещества и мешать при дальнейшем его исследовании.

2. Для подавляющего большинства горных пород, содержащих в своем составе включения твердых битуминозных веществ или тонко рассеянное битуминозное вещество, рекомендуется шлифовка образца на металлическом диске и последующая полировка его поверхности на сукне и стекле. В процессе шлифования образец тщательно промывается водой для удаления шлифовального порошка, а перед полированием — высушивается при комнатной температуре.

Приготовление аншлифов, особенно в случае, когда не требуется доведения поверхности образца до полированного состояния, требует мало времени и может выполняться самим исследователем при проведении люминесцентно-микроскопических исследований. Часто в процессе работы бывает необходимо освежить поверхность образца или просмотреть его другую плоскость. Это легко выполнимо, если в лаборатории имеется небольшой портативный шлифовальный станок (рис. 14).

Изготовление аншлифов для люминесцентно-микроскопических исследований можно произвести из всех разновидностей пород как осадочных, так и изверженных. Особенно хорошо диагностируется в аншлифах эпигенетичное битуминозное вещество, богатое углеводородами и потому люминесцирующее ярким голубым и желтоватым цветом.

Как было указано выше, изготовление аншлифов — более простой и быстрый способ подготовки образца для люминесцентно-микроскопических исследований. Он незаменим при массовом просмотре kernового материала для общей оценки характера распределения битуминозных веществ в горных породах изучаемого района. После такого рекогносцировочного просмотра всех образцов в аншлифах, делается выборочный отбор образцов для приготовления из них тонких прозрачных шлифов. Сочетание тех и других приемов наблюдения позволяет с достаточной детальностью изучать рассеянное би-

туминозное вещество горных пород и особенно характер его распределения.

Кроме перечисленных трех вариантов методики люминесцентно-микроскопического изучения битуминозных веществ, применимых к различным горным породам, С. В. Икорским (1966) разработана методика, позволяющая изучать включения битуминозных веществ в полостях минералов изверженных горных пород. Из среза кристалла минерала готовится



Рис. 14. Шлифовальный станок (портативный), на котором могут быть изготовлены аншлифы для люминесцентно-микроскопических исследований

толстый шлиф (десятые доли миллиметра) на канадском бальзаме и полируется с одной стороны. После определения содержащихся в нем включений (путем просмотра на поляризационном микроскопе) шлиф помещается в органический растворитель для удаления канадского бальзама. В промышленности спиртом пластинке затем изучаются включения битуминозных веществ по их люминесценции при освещении препаратов сверху падающими ультрафиолетовыми лучами. Для контроля за состоянием битуминозного вещества в полостях минералов они подвергаются нагреву в микротермокамере, устанавливаемой на поляризационном микроскопе МИН-8. Нагрев производится дважды, сначала до температуры 330—350°, когда битуминозное вещество частично переходит в газообразное состояние с выделением жидкой фазы, и вторично, после остывания до температуры 420—440°, когда битуминозное вещество полностью переходит в газообразное состояние.

Все изменения в состоянии и свойствах битуминозных веществ, вызываемые действием высоких температур, могут наблюдаться путем изучения и фотографирования их люминесценции под микроскопом. Предложенная методика позволяет изучать одну из наиболее труднодоступных для исследования форм залегания битуминозных веществ — в виде включений в минералах.

Диагностика битуминозных веществ. С помощью люминесцентно-микроскопического изучения битуминозных веществ могут решаться вопросы, связанные с оценкой их состава и содержания, характера распределения, форм залегания и генетических типов.

При люминесцентно-микроскопическом изучении битуминозных веществ в горных породах путем визуальных наблюдений по цвету и интенсивности люминесценции получают примерную характеристику их состава и содержания. Дальнейшие исследования заключаются в уточнении содержания битуминозных веществ и их качественного состава путем выполнения люминесцентно-битуминологических анализов. Люминесцентно-микроскопические наблюдения позволяют также решать вопрос о примерном соотношении битуминозных веществ с другими групповыми компонентами органического вещества. Путем выполнения соответствующих анализов (определение $S_{орг}$, гуминовых кислот и др.) эти соотношения получают точную количественную характеристику.

Определение под микроскопом содержания битуминозных веществ должно выполняться в однотипных по минералогическому составу породах. В первой серии изучаемых образцов проводится сопоставление наблюдаемой люминесценции битуминозных веществ с цифровыми данными люминесцентно-битуминологических анализов. Все последующие определения производятся путем сравнения, а также учета площади занятых битуминозными веществами участков.

Изучение под микроскопом качественного состава битуминозных веществ оказывается наиболее эффективным в том случае, когда они пространственно обособлены от других компонентов органического вещества. В этом случае состав битуминозных веществ определяется по шкале цветов люминесценции, принятой для этих веществ в люминесцентно-битуминологическом анализе (Флоровская, 1957).

При изучении характера распределения битуминозных веществ в горных породах предварительно проводится изучение минералогического состава пород и их структурных особенностей в петрографических шлифах. После этого в ультрафиолетовых лучах устанавливается распределение битуминозных веществ. Таким путем выясняется приуроченность их к определенным участкам горных пород и отдельным минералам, а также связь их с основными структурными особенностями пород (согласно со слоистостью, в трещинах, пустотах, порах, цементе и т. д.). При этом еще раз проводятся наблюдения, устанавливающие ассоциацию битуминозных веществ со всем органическим веществом породы (гуминовые кислоты, остаточное органическое вещество и т. д.) или их обособление и дальнейшее естественное фракционирование на составляющие более узкие группы (масла, смолы, асфальте-

ны). Полученные путем люминесцентно-микроскопических наблюдений данные характеризуют особенности залегания битуминозных веществ, отражающие процессы, происходившие в горных породах.

При люминесцентно-микроскопических наблюдениях иногда можно определить формы связи битуминозных веществ с породой. Известно, что в горных породах битуминозные вещества находятся как в свободном, так и связанном состоянии. Свободные битуминозные вещества извлекаются из пород органическими растворителями, а связанные — только после предварительного разрушения минеральной части пород кислотами. В зависимости от условий образования пород связь битуминозных веществ с породообразующими минералами может быть механической, сорбционной, химической и др. При обработке пород кислотами минеральная часть подвергается полному, частичному или едва заметному разложению, в связи с чем и экстракция битуминозных веществ производится с различной полнотой. Химический состав связанного битуминозного вещества наиболее полно изучен К. Ф. Родионовой (1964). Некоторые исследователи различают по форме связи с породой полусвязанные, связанные и слабосвязанные битуминозные вещества (Чайковская, 1961). Все перечисленные формы связи битуминозных веществ с вмещающими их породами изучены недостаточно. Сложность изучения этих форм заключается в том, что не все породы разрушаются при действии на них слабых кислот, а применение сильных кислот может привести к разрушению битуминозных веществ.

В образцах пород, содержащих свободные и связанные битуминозные вещества, под микроскопом наблюдается свечение тех и других в одной гамме цветов (голубой, желтый, коричневый). Однако связанные битуминозные вещества в минералах, в отличие от свободных, имеют более высокую интенсивность люминесценции. Кроме того, для связанных битуминозных веществ оказывается характерным более равномерное распределение в минералах, чем для свободных. Минералы, содержащие связанные битуминозные вещества, имеют, по большей части, более резкие очертания. Контуры минералов служат границами распределения связанных битуминозных веществ.

Выполненные под микроскопом наблюдения за признаками, характеризующими формы нахождения битуминозных веществ, также в дальнейшем должны уточняться с помощью люминесцентно-битуминологических анализов. Непосредственно под микроскопом выполняются микрореакции с органическими растворителями. Свободные битуминозные вещества устанавливаются по эффекту люминесценции при нанесении на поверхность образца капли хлороформа (на острие минера-

логической иглы), а связанные — при нанесении капли кислоты и затем капли спирто-бензола. Более точные данные получаются при определении количества связанных битуминозных веществ люминесцентным или химическим методами.

Порядок наблюдений. Люминесцентно-микроскопическое изучение горных пород включает ряд последовательно выполняемых приемов.

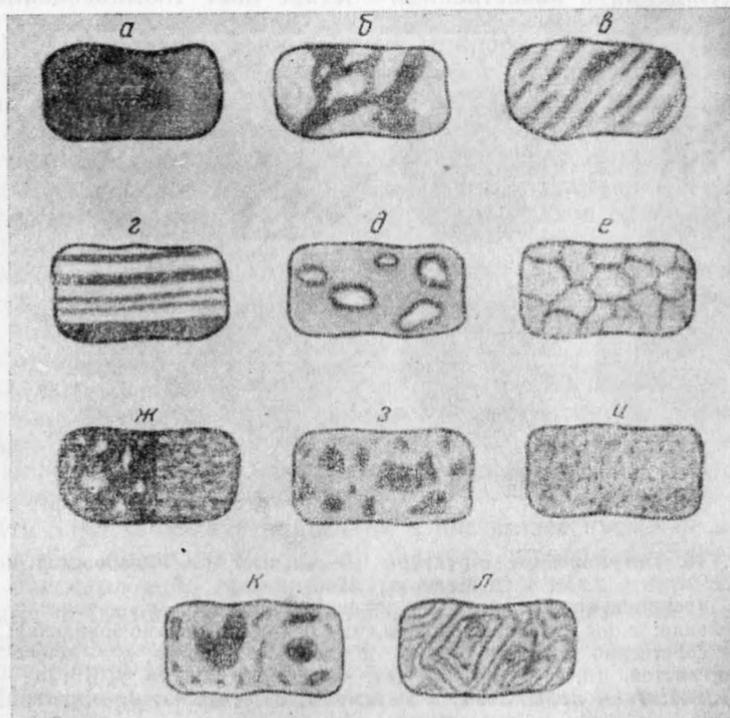


Рис. 15. Схематизированные битуминозные текстуры (по Флоровской и Мелкову, 1946):

а — равномерная; *б* — селективно-насыщенная; *в* — линзовидная; *г* — слоистая; *д* — кавернозная; *е* — трещинная; *ж* — цементная; *з* — обломочная; *и* — точечная; *к* — биоморфная; *л* — ритмичная

1. Люминесцентно-микроскопическому изучению образца горной породы предшествует просмотр под люминесцентной лампой (установление битуминозных текстур, рис. 15) и тщательное петрографическое исследование минерального состава и структуры горной породы. В петрографических шлифах определяется также и присутствие органического вещества,

размеры его включений, их цвет, морфология и характер распределения. Для более надежной диагностики используются данные о содержании в породах органического углерода ($C_{орг}$), определяемые аналитически.

2. Под люминесцентным микроскопом устанавливаются люминесцирующие включения битуминозных веществ, характер их распределения, цвет и интенсивность люминесценции. Для суждения о качественном составе цвет люминесценции

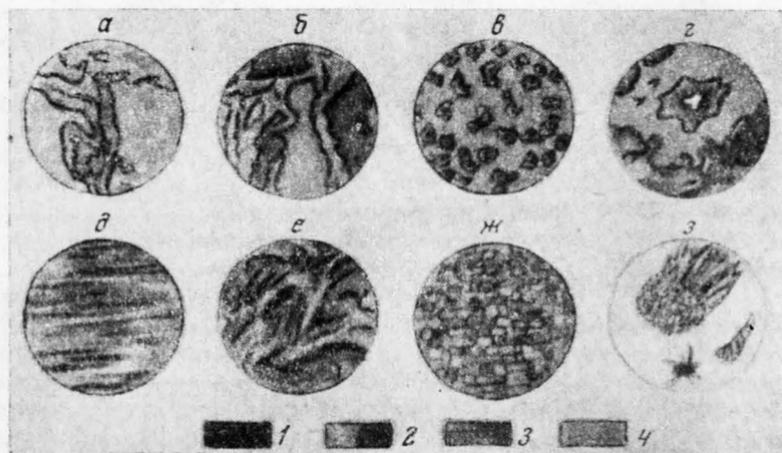


Рис. 16. Битуминозные структуры (зональные) (по Флоровской и Мелкову, 1946):

а — трещинно-зональная; *б* — пятнисто-зональная; *в* — точечно-зональная; *г* — кавернозно-зональная; *д* — линзовидно-зональная; *е* — собственно пятнистая; *ж* — обломочно-пятнистая; *з* — ячеисто-пятнистая. (*а*, *б*, *в*, *г*, *д* — нат. вел.; *е* и *ж* — ув. $\times 16$; *з* — ув. $\times 64$); 1 — асфальтены; 2 — смолы; 3 — масла; 4 — легкий битум «А»

битуминозных веществ, наблюдаемый под микроскопом, сопоставляется с цветом люминесценции экстрактов, получаемых на капиллярных вытяжках из этой породы. Для определения содержания битуминозных веществ размеры и число люминесцирующих включений сопоставляются с данными люминесцентно-эталонного анализа. Здесь же изучаются и люминесцирующие минералы, в том числе и сопутствующие битуминозным веществам.

3. Путем сопоставления всех данных, полученных при петрографическом и люминесцентно-микроскопическом изучении пород, решаются вопросы о соотношении между компонентами битуминозного вещества и минеральной частью породы (структуры битуминозных участков, рис. 16). На основании

указанных сопоставлений определяется приуроченность в распределении битуминозных веществ к основным структурным элементам породы, зонам и участкам ее катагенного или гипергенного изменения, а также парагенезис с сопутствующими минералами. Установление такой приуроченности важно для определения основного процесса, обусловившего как особенности преобразования органического вещества, так и особенности его последующего перераспределения в горной породе.

4. На основании выполненных микроскопических исследований люминесцирующих битуминозных веществ и нелюминесцирующих компонентов органического вещества, а также данных о составе этих веществ, полученных другими методами, решаются вопросы о принадлежности их к определенному классу минералов углерода. Для распознавания включений твердых минералов углерода, нерастворимых в органических растворителях (кериты, антраксолиты и др.), рекомендуется извлекать их наиболее крупные включения из шлифа и дополнительно определить ряд параметров, таких как удельный вес, цвет, блеск, цвет черты, показатель преломления, люминесценцию продуктов пиролиза, получаемых при перловом анализе и др. После установления люминесцентных свойств битуминозных веществ и особенностей их распределения возникает задача найти наиболее рациональный способ фиксации результатов наблюдения (Kohler, 1904; Heitinger, 1938; Аммосов, 1959).

Ни одна геологическая наука в настоящее время не обходится без применения метода фотографирования. Этот метод завоевал себе прочное положение при всех микроскопических исследованиях. Микрофотография является не только фактическим материалом исследования, но иногда помогает лучше понять строение изучаемого объекта.

Применение ультрафиолетовых лучей для изучения горных пород значительно расширяет область исследования, так как фотоматериалы особенно чувствительны к этой области спектра и иногда могут выявить детали строения вещества, не улавливаемые глазом при визуальных наблюдениях.

Конструкции люминесцентных микроскопов отечественного производства имеют специальные устройства для фотографирования изучаемых объектов. В микроскопах имеется трехпольная фотографическая камера или устройство для крепления фотоаппарата или микрофотонасадки. С помощью этих устройств можно получать черно-белые негативы на фотопластинке или фотопленке.

Применение ультрафиолетового освещения в люминесцентных микроскопах вызывает свечение ряда минералов, нефтей и битуминозных веществ того или иного цвета, который зависит от состава самих этих веществ или от состава содержа-

щихся в них примесей. Черно-белые микрофотографии люминесцирующих пород и минералов не выявляют различия в цветах и интенсивности люминесценции этих веществ. В связи с этим возникла необходимость применения цветного фотографирования (Ожгихина, Овчинникова, 1958).

Для получения цветных снимков в комплекте первых моделей микроскопов был предусмотрен специальный прибор — хромоскоп. Способ фотографирования с его помощью занимает много времени. Можно значительно сократить время, если фотографировать люминесцирующий образец непосредственно на цветную пленку, помещая ее в кассеты для пластинок фотокамеры. Для этой же цели может быть использована и камера узкоплечного фотоаппарата, смонтированная в специальное устройство на люминесцентном микроскопе.

Все эти фотоприспособления позволяют делать снимки образцов в процессе их изучения. Применяемые при изучении люминесценции битуминозных веществ светофильтры ФС-2 и УФС-3 пропускают много синих лучей, которые искажают цветное изображение на фотопленках. Поэтому для их поглощения в ходе лучей света люминесценции между образцом и пленкой необходимо помещать светофильтр ЖС-3.

Несмотря на трудоемкость, применение цветного фотографирования при изучении битуминозных веществ и люминесцирующих минералов под микроскопом является целесообразным. Этот способ изображения фактического материала — наиболее точный и объективный, хотя и не единственный.

Значительно проще и быстрее способ зарисовок цветной картины люминесценции битуминозных веществ самим наблюдателем. Для этой работы необходимы специальные навыки как в воспроизведении цвета люминесценции, так и в контурном изображении люминесцирующего объекта. Рисунки, сделанные различными исполнителями, значительно отличаются по своим оттенкам, что зависит от применяемых красок или цветных карандашей, а также от индивидуального восприятия цвета различными людьми.

Возможен и такой путь, когда микрофотография сначала делается в черно-белом изображении, а затем раскрашивается специальными красками для фотобумаги. Способ зарисовок, как более простой и быстрый, можно рекомендовать при предварительном просмотре большого количества образцов под микроскопом, а способ фотографирования, как более объективный, — при оформлении отчетов и научных статей. При черно-белом фотографировании можно использовать пленку «изопанхром» с чувствительностью 250 и 130 единиц ГОСТа, а также 35-миллиметровую негативную кинопленку А-2, обладающую высокой чувствительностью и хорошей контрастностью (Икорский, 1966).

При наличии в изучаемом образце породы довольно крупных включений люминесцирующих минералов или участков битуминозного вещества, где наблюдается процесс естественного фракционирования, под микроскопом не всегда удается наблюдать отчетливую картину изменения этих веществ. Тогда рекомендуется фотографировать образец в ультрафиолетовых лучах не под микроскопом, а просто под люминесцентной лампой. Для этого можно использовать несложное обо-

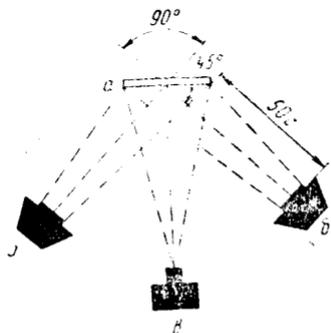


Рис 17. Схема освещения образца горной породы (а) ультрафиолетовыми лучами люминесцентных ламп (б) при фотографировании с помощью камеры фотоаппарата (в)

рудование: 1) фотоаппарат, устанавливаемый на штативе перед фотографируемым объектом, 2) две люминесцентные лампы с источником ультрафиолетового излучения ПРК-4 или ДРШ-250. Схема расположения ламп приводится на рис. 17. Облучение фотографируемого образца горной породы производится двумя пучками ультрафиолетовых лучей, падающих на препарат под углом 45° . Этим достигается максимальная интенсивность облучения и высокая яркость люминесценции образца. Снимки получают в натуральную величину, а при печатании изображение можно увеличивать или уменьшать.

При цветном фотографировании под микроскопом или под люминесцентной лампой можно применять цветную негативную пленку ДС-2. Она нарезается на кадры по размеру кассет микрофотонасадки (6×4 см). В ходе лучей помещаются четыре светофильтра: два ЖС-3, поглощающие синие лучи, и два БС-8, задерживающие ультрафиолетовые лучи. Экспозиции при съемке определяются в зависимости от интенсивности свечения битуминозных веществ: от 5 до 15 мин. Применение указанных светофильтров позволяет печатать снимки без коррекции. Режим обработки и рецептура для фотопленки и фотобумаги обычные, применяемые в цветной фотографии (Кириллов, Антонов, 1951).

ГЛАВА V

ПРИМЕРЫ ДИАГНОСТИКИ БИТУМИНОЗНЫХ ВЕЩЕСТВ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ МЕТОДОМ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ МИКРОСКОПИИ

К настоящему времени имеется опыт применения люминесцентной микроскопии для изучения битуминозных веществ, содержащихся в самых разнообразных горных породах (Колпенский, 1958; Флоровская и Овчинникова, 1958, 1960; Клевиц, 1960; Елизарова и др., 1962; Вайнбаум и Тюрин, 1963). Накоплен большой фактический материал, характеризующий возможности нового метода. Ниже приводятся некоторые примеры по изучению битуминозных веществ в различных горных породах. В связи с тем, что состав и свойства битуминозных веществ, содержащихся в осадочных горных породах, достаточно хорошо изучены химическими методами, при люминесцентно-микроскопических наблюдениях основное внимание обращалось на формы залегания этих веществ в горных породах. Сведения же о составе этих веществ приводятся, в основном, по данным массового люминесцентно-битуминологического анализа.

Битуминозные вещества изверженных и метаморфических горных пород изучаются сравнительно недавно и данные по химическому анализу и спектральному исследованию их состава еще недостаточны. Однако даже сама возможность обнаружения битуминозных веществ в изверженных горных породах и минералах у некоторых исследователей вызывает сомнение. В связи с этим при описании примеров обнаружения битуминозных веществ в этих породах более подробно приводятся результаты изучения их состава, полученные другими методами.

При наблюдении люминесценции в горных породах было установлено, что кроме битуминозных веществ, могут люминесцировать различные минералы (Мелков, Свердлов, 1941; Разумная, 1957). Присутствие их не может затруднять диаг-

ностику битуминозных веществ, так как последним присущи свои особенные цвета люминесценции, минеральные ассоциации и формы залегания в горных породах.

Битуминозные вещества в осадочных горных породах

Осадочные горные породы отличаются большим разнообразием состава, а также состава и содержания заключенного в них рассеянного органического вещества. Наиболее обогащенными органическим веществом, и в том числе битуминозными компонентами, являются отложения терригенного типа. К терригенным образованиям относятся глины, песчаники, алевролиты, аргиллиты и все промежуточные разности, существующие между ними, разнообразие которых связано как с крупностью, сортировкой и составом обломочной части, так и с составом и характером выполнения цементирующего материала.

Глинистые породы почти всегда оказываются обогащенными органическим веществом и битуминозными компонентами. Глины содержат битуминозные вещества, богатые смолами, как кислого характера, так и нейтрального. Наличие такой смеси смолистых веществ снижает интенсивность свечения породы и обуславливает темный, преимущественно желтовато-коричневый цвет люминесценции.

Ничтожные размеры глинистых минералов при сравнительно небольших увеличениях люминесцентных микроскопов не позволяют изучать распределение битуминозных веществ в глинах в падающем свете. В этом случае совершенно необходимо изготовление тонких прозрачных шлифов. В тонком срезе породы лучше различается люминесценция горной породы, вызванная наличием битуминозных веществ. Кроме того, хорошо определяется зависимость изменения цвета и интенсивности люминесценции отдельных участков от увеличения или уменьшения примеси более крупного обломочного материала. На рис. 18 показана люминесценция битуминозных веществ, содержащихся в глинах в различных количествах и по данным люминесцентно-битуминологического анализа относящихся к одному и тому же смолисто-му типу. Рис. 18, *а* иллюстрирует микрофотографию битуминозной глины юрского возраста (J_{1+2}) из района месторождения Узень (Мангышлак), сделанную в тонком прозрачном шлифе. Содержание битуминозного вещества в породе 0,04%. В глине отмечается слоистость, связанная с изменением ее состава, и в связи с этим изменение и качественного состава содержащегося битуминозного вещества. В отдельных прослоях глины битуминозные вещества являются сингенетическими

(рис. 18, а), в других наряду с ними присутствуют и эпигенетические вещества (рис. 18, б).

Рисунок 18, в иллюстрирует характер распределения битуминозных веществ в аргиллите нижнедуйской свиты (Pg₂nd) Сахалина. Содержание битуминозного вещества в сланце, определенное люминесцентным методом, равно 0,04%. Распределение битуминозных веществ в аргиллитах неравномерное, что связано с наличием в их составе растительного детрита, сингенетического породе, и ОВ, выполняющего микротрещины и эпигенетического ей.

Роль пористых участков, способных концентрировать легкие компоненты битуминозных веществ в глинистых и мергелистых породах, могут играть не только минералы, выполняющие трещины и прослои, но и разнообразные конкреционные стяжения, остатки раковин микрофауны и т. д., сложенные карбонатами.

Приведенные примеры показывают, что в глинистых отложениях интенсивность люминесценции битуминозных веществ определяется их количеством, а на цвет люминесценции в значительной мере влияет состав и структура вмещающей минеральной массы, обуславливающей формы залегания битуминозных веществ. При однородном минеральном составе и массивной текстуре породы наблюдается равномерное распределение битуминозных веществ. В этом случае их первичное залегание устанавливается по равномерной люминесценции одного цвета. При наличии примеси терригенного и карбонатного материала, а также тонких песчаных и алевролитовых прослоев и включений органического вещества может наблюдаться перераспределение групповых компонентов битуминозного вещества. Оно фиксируется по изменению цвета и оттенков люминесценции в прослоях породы, участках или минералах. Следовательно, обнаружение неравномерного распределения битуминозных веществ в глинах, отличающихся цветом или интенсивностью люминесценции, может указывать на имевшую место первичную миграцию битуминозного вещества или его компонентов из плотных прослоев в пористые. Выяснение масштабов миграции вещества и причин, ее вызвавших, возможно лишь при изучении особенностей геологического строения каждого конкретного района.

Песчаники и алевролиты являются породами-коллекторами для нефтей и эпигенетических битуминозных веществ. Цвет люминесценции песчаников зависит от состава пропитывающих их битуминозных веществ. Количественное содержание битуминозных веществ или нефтей в песчаниках может быть самое различное. Встречаются песчаники, совершенно лишенные битуминозных веществ, и, в противоположность им, пес-

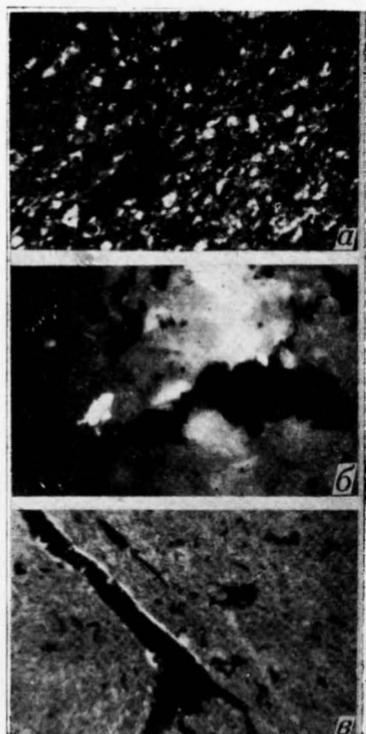


Рис. 18. Распределение битуминозных веществ в глинах: *a* — равномерное в глине юрских отложений месторождения Узень, прозрачный шлиф; *б* — селективнонасыщенное, там же, прозрачный шлиф; *в* — неравномерности выполнения трещин в аргиллите нижней свиты Сахалина, прозрачный шлиф. Осветленные участки — битуминозные вещества



Рис. 19. Распределение битуминозных веществ в песчанике: *a* — точечное (поровое) в песчанике юрских отложений месторождения Узень, прозрачный шлиф; *б* — трещинное и межзерновое в песчанике верхнего мела месторождения Узень, прозрачный шлиф; *в* — неравномерно-насыщенное в песчанике девонских отложений Татари, аншлиф. Осветленные участки — битуминозные вещества

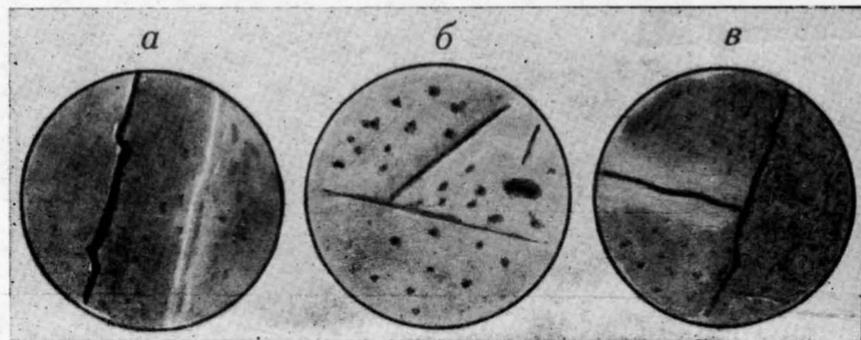


Рис. 20. Распределение битуминозных веществ в кремнистых аргиллитах:
a — выполнение трещин битуминозными веществами разного состава в да-
 гинской и пильской свитах миоцена Сахалина; *б* — равномерное и выполне-
 ние трещин, там же; *в* — равномерное и выполнение трещин со следами
 естественного фракционирования, там же. Прозрачные шлифы.
 Черные и осветленные участки — битуминозные вещества

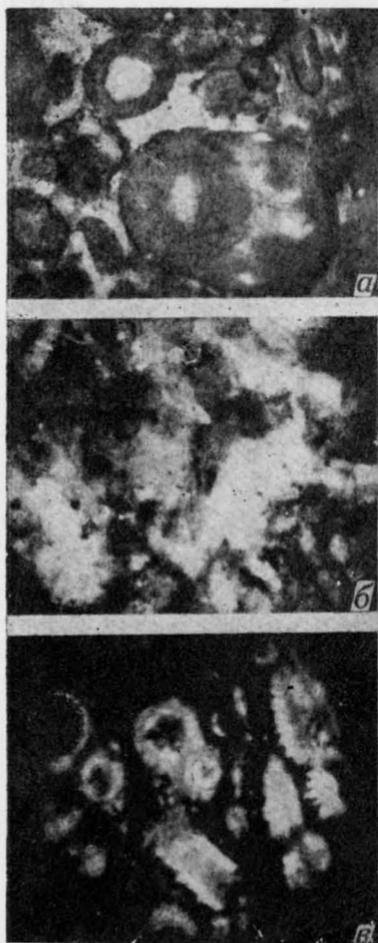


Рис. 21. Распределение битуминовых веществ в известняках:
a — биоморфное, юрский известняк, впадина Чагала-Сор (Ср. Азия), прозрачный шлиф; *б* — селективнонасыщенное, каменноугольный известняк, Зап. Сибирь, аншлиф; *в* — органогенное, даманиковский известняк. Татария, аншлиф.
 Осветленные участки — битуминовые вещества



Рис. 22. Парагенезис асфальтита с сопутствующими ему люминесцирующими минералами:
a — выполнение асфальтитом трещин, в зальбандах — легкие битуминовые вещества; известняк каменноугольных отложений Ухты, аншлиф; *б* — асфальтит с кальцитом, там же, аншлиф; *в* — асфальтит с флюоритом, там же, аншлиф.
 Черные участки — асфальтит; осветленные участки — битуминовые вещества

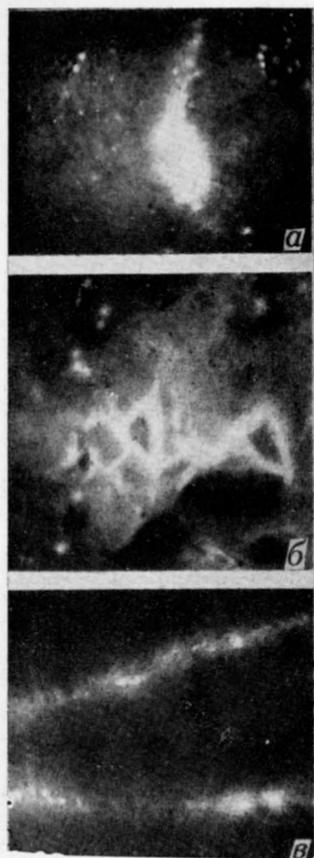


Рис. 23. Распределение эпигенетических битуминозных веществ в известняках: *а* — каплевидные включения, юрский известняк, впадина Чагала-Сор (Ср. Азия); *б* — естественное фракционирование вокруг каверны с асфальтом, каменноугольный известняк, Зап. Сибирь, аншлиф; *в* — заполнение микротрещин, там же, аншлиф. Осветленные участки — битуминозные вещества.



Рис. 26. Распределение битуминозных веществ в нефелиновых сиенитах Ильменских гор: *а* — по микротрещинам; *б* — по микротрещинам и порам; *в* — по зонам вторичного изменения пород. Аншлифы. Осветленные участки — битуминозные вещества

чаники, насыщенные нефтью, которая заполняет все пористые пространства в породе и промежутки между зернами. При малом содержании битуминозного вещества в породе его наличие обнаруживается по отдельным люминесцирующим точкам, приуроченным к порам. Более значительное содержание вызывает свечение отдельных участков или всей породы в целом.

В распределении отдельных компонентов битуминозного вещества в песчанике важную роль играет состав обломочной части породы и состав цемента. При однородном составе обломков эпигенетичные битуминозные вещества могут концентрироваться в межзерновых пространствах и цементе, а в случае полимиктовых песчаников некоторые обломки пород могут люминесцировать за счет содержащегося в них сингенетичного битуминозного вещества.

Наличие цемента и состав его также влияют на характер люминесценции битуминозных веществ в песчаниках. В одних случаях наиболее яркая люминесценция песчаников может быть связана с обломочной частью породы, а в других — с цементом. Наиболее интенсивно люминесцируют битуминозные вещества в цементе песчаников при его существенно карбонатном составе.

На рис. 19, *а* показана люминесценция битуминозных веществ в песчанике юрских J_{1+2} отложений месторождения Узень (Мангышлак). Содержание битуминозных веществ в нем 0,01%. Капиллярные вытяжки битуминозных веществ имеют светло-желтый цвет люминесценции и относятся к маслянисто-смолистому типу. Как видно из рис. 19, *а*, песчаник содержит битуминозные вещества с желтой люминесценцией, заполняющие лишь отдельные свободные пористые пространства породы и, очевидно, мигрировавшие из соседних глинистых прослоев.

В полимиктовом песчанике с карбонатным цементом из альбского яруса нижнего мела C_{1al} месторождения Узень (рис. 19, *б*) битуминозные вещества выполняют микротрещины, межзерновые пространства и карбонатный цемент. Содержание битуминозных веществ в песчанике 0,04%. Цвет люминесценции светло-желтый и оранжево-желтый. Неравномерность распределения и приуроченность к трещинам свидетельствуют о эпигенетичности битуминозных веществ в прослоях этих песчаников.

Рисунок 19, *в* иллюстрирует резко отличные от предыдущего образца люминесцентные свойства битуминозных веществ и иной характер их распределения. Песчаник из девонских отложений Татарии пропитан битуминозным веществом ($> 2\%$), обогащенным смолами и асфальтенами. Капиллярные вытяжки битуминозных веществ из песчаника имеют коричневый цвет люминесценции и относятся к смолисто-ас-

фальтеновому типу. Как видно из рис. 19, в, наиболее легкие компоненты битуминозного вещества образуют тонкие пленки на обломочной части породы, определяя тем самым люминесценцию в голубых и желтых цветах. Более тяжелые компоненты битуминозного вещества концентрируются в цементе, обуславливая его темно-коричневую люминесценцию. Высокое содержание, особенности свойств, состава и распределения указывают на наличие в песчанике нефти.

Песчаники и алевролиты по сравнению с глинами представляют собой чрезвычайно пористые среды («ловушки»), способные улавливать разнообразные мигрирующие битуминозные вещества. Высокая проницаемость этих пород, а также возможность заполнения в них значительных поровых пространств не позволяет, как правило, надежно различать в них первичное залегание битуминозных веществ от вторичного. Лишь общая низкая битуминозность песчаников может рассматриваться в качестве первичной. При обнаружении неравномерного распределения битуминозных веществ в порках песчаников и в отдельных участках можно говорить о наличии эпигенетических битуминозных веществ, присутствующих в различных количествах. Подтверждением эпигенетичности битуминозных веществ в песчаниках может служить залегание их в трещинах в карбонатном цементе или в трещинах, секущих карбонатные стяжения. Установление эпигенетических битуминозных веществ в песчаниках требует аналогичного изучения и глинистых прослоев, которые могут служить источником миграции углеводородов.

Кремнистые аргиллиты и алевролиты являются также широко распространенными породами, в связи с чем изучение битуминозного вещества в них представляет большой интерес.

Одним из районов развития подобного рода отложений, приводимых в качестве примера, может быть назван район северо-восточного Сахалина. Этот район считается одним из наиболее перспективных в отношении нефтегазоносности. Кремнистые породы Сахалина представлены отложениями дагинской и пильской свит среднего миоцена N_1^2 .

Изучение кремнистых аргиллитов и алевролитов методом люминесцентной микроскопии было впервые проведено К. М. Обморышевым (1969). Образцы кремнистых пород пильской свиты изучались в районах восточного побережья Сахалина, а дагинской свиты — в одном из промысловых районов. Содержание битуминозных веществ в кремнистых аргиллитах и алевролитах этих районов было примерно одинаковым и колебалось в пределах от 0,007 до 0,80%. Цвет люминесценции капиллярных вытяжек светло-желтый с оранжевым, светло-бурым или зеленоватым оттенком. Это указывает на присутствие в составе битуминозных веществ легких,

маслянистых компонентов и небольшого количества смолисто-асфальтеновых компонентов.

При люминесцентно-микроскопическом изучении кремнистых аргиллитов и алевролитов наблюдалась довольно тусклая зеленовато-желтая люминесценция основной массы породы, в которой битуминозное вещество находилось в первичном диффузно-рассеянном состоянии. Оно обнаруживалось также в виде мелких люминесцирующих желтовато-голубоватых точек. Такой характер люминесценции и форм залегания свидетельствовал о сингенетичной природе битуминозных веществ, равномерно распределенных в основной массе породы.

Наряду с этим были встречены битуминозные вещества, размещенные в трещинах. Здесь на буроватом или желтоватом фоне свечения самой породы битуминозные вещества в трещинах люминесцировали более темным или более светлым цветом, в зависимости от их состава (рис. 20, в). Под микроскопом по цвету люминесцирующих зон можно судить о компонентном составе битуминозного вещества каждой зоны и о процессе его изменения при миграции битуминозного вещества. Из рис. 20, а видно, что в центре трещины находится битуминозное вещество, люминесцирующее коричневым цветом, а далее к периферии от трещины появляются желтые цвета люминесценции. Наличие в кремнистых аргиллитах характерных зон фракционирования битуминозного вещества (фотография не смогла воспроизвести изменения всех оттенков люминесценции) свидетельствует о процессе перемещения битуминозного вещества. Аналогичные явления рассматриваются как результат первичной миграции битуминозных веществ из материнских пород (Страхов, 1936).

Карбонатные породы отличаются как особенностями своего состава, связанного с условиями образования, так и особенностями состава содержащегося в них битуминозного вещества. Часто карбонатные породы содержат битуминозные вещества, обогащенные легкими углеводородными компонентами, и совершенно не содержат смол кислого характера. Благодаря этому в них наблюдается очень яркая люминесценция битуминозных веществ. С помощью люминесцентного микроскопа в известняках может определяться первичное битуминозное вещество по равномерному и довольно яркому свечению всей породы голубым цветом. Иногда битуминозное вещество бывает приурочено к определенным минералам, большей частью образованным в результате развития вторичных процессов, в том числе и процессов перекристаллизации. В участках перекристаллизованного кальцита известняков и мергелей битуминозное вещество заполняет мельчайшие поровые пространства, определяя голубой цвет люминесценции кальцита. Такой характер распределения легких битуминозных компонентов наблюдается для различных по

возрасту органогенных и хемогенных известковистых отложений. В частности, очень яркое свечение органогенного известняка-ракушечника наблюдалось в образцах верхнеюрских отложений J_3 во впадине Чагала-Сор (Средняя Азия) (рис. 21, а). Содержание битуминозных веществ в этих породах 0,010%. Часто битуминозные вещества, выполняющие поровые пространства кальцита, оказываются в нем в связанном состоянии. Они не извлекаются из породы даже путем горячего экстрагирования.

На рис. 21, б показан характер люминесценции битуминозных веществ в известняке каменноугольных отложений Западной Сибири. В самом известняке битуминозные вещества распределяются равномерно и люминесцируют светло-желтым цветом, а в отдельных участках, сложенных кальцитом, голубым цветом. Экстракцией из породы извлекается битуминозное вещество с желтой люминесценцией (0,005%), а голубая люминесценция битуминозного вещества в раковинах не исчезает. И только после обработки породы раствором HCl дополнительно извлекаются первичные битуминозные вещества (0,0025%), содержащиеся в кальците.

Битуминозные вещества смолистого типа отмечаются в доманиковых отложениях D_3^1 верхнего девона Волго-Уральской области. В них наблюдается чередование светлых мелкокристаллических известняков с прослоями темных окремненных битуминозных сланцев. Обе разновидности пород содержат включения раковин микрофауны, образованные радиально-лучистым кальцитом. В прослоях светлых известняков раковины люминесцируют голубовато-желтым цветом, а сама порода — светло-желтым цветом. В прослоях темных окремненных сланцев раковины микрофауны люминесцируют голубым и желтым цветом, а сама порода — темно-коричневым (рис. 21 в). Таким образом, эти две разновидности пород резко отличаются характером люминесценции, что соответствует и различию компонентного состава битуминозных веществ. Битуминозное вещество из известняка содержит: масел — 85,90%; смол — 13,40%; асфальтенов — 0,70%; из сланца: масел — 51,20%; смол — 26,30%; асфальтенов — 22,50%.

Результаты анализов и наблюдаемая под микроскопом люминесценция битуминозных веществ в образцах доманиковых отложений свидетельствуют о том, что прослой светлых известняков, а также раковины микрофауны обогащены легкой углеводородной частью битуминозного вещества, возможно, эпигенетичной по отношению к вмещающей породе. В составе же битуминозных веществ из сланцев большую роль играют тяжелые смолистые компоненты и асфальтены, что свидетельствует, возможно, о сингенетичности их самой породе. Интенсивная люминесценция обеих разновидностей пород свидетельствует об обогащенности их битуминозными ве-

ществами, а наличие участков (раковины микрофауны) с более светлыми цветами люминесценции — о способности углеводородных компонентов, входящих в состав битуминозных веществ, перемещаться в близлежащие поровые пространства, роль которых в данном случае играют раковины микрофауны (Флоровская и Овчинникова, 1958).

Несколько иная картина наблюдается под люминесцентным микроскопом для битуминозных известняков юрского возраста из района месторождения Газли в Средней Азии. Под микроскопом наблюдается люминесценция известняка ярко-желтого цвета. Битуминозное вещество равномерно пропитывает карбонатную породу. При увеличении содержания битуминозного вещества в породе цвет люминесценции не меняется, но наблюдается значительное увеличение интенсивности свечения. Содержание битуминозного вещества в таких известняках колеблется от сотых до десятых долей процента. Цвет люминесценции капиллярных вытяжек совпадает с цветом люминесценции битуминозного вещества в породе.

Прослой гипсов и ангидритов в этих отложениях не содержат битуминозных веществ и не люминесцируют под микроскопом. Однако секущие эти прослой трещины бывают выполнены гипсом или карбонатом, содержащим битуминозные вещества и поэтому люминесцирующим голубым или желтым цветом.

Характер люминесценции битуминозных веществ, наблюдаемый под микроскопом, и результаты люминесцентно-битуминологических анализов показывают, что битуминозные вещества в известняке залегают в трещинах и имеют эпигенетическую природу. Наличие битуминозных веществ в трещинах известняков, а также в трещинах, секущих прослой гипсов, указывает на миграцию подвижных компонентов, следы которой устанавливаются по их люминесценции во всей толще пород.

При нахождении битуминозных веществ в трещинах может наблюдаться их ассоциация с целым рядом других минералов, в том числе и люминесцирующих. Выяснение взаимоотношений между люминесцирующими минералами и битуминозным веществом помогает установить последовательность их образования. В битуминозных известняках каменноугольного возраста C_2 района Ухты наблюдалась серия прожилков, выполненных блестящим черным битуминозным веществом (асфальтитом).

Результаты люминесцентных анализов, выполненных для участков породы, содержащих прожилки асфальтита, дают темно-коричневые капиллярные вытяжки с высоким содержанием смолисто-асфальтеновых компонентов (до нескольких процентов). Участки породы без прожилков асфальтита дают капиллярные вытяжки желтого цвета, соответствующие смо-

листуму битуминозному веществу с содержанием его в породе от 0,005 до 0,02%.

Под люминесцентным микроскопом битуминозное вещество, выполняющее трещины, люминесцировало темно-коричневым цветом. Вокруг таких прожилков наблюдались неширокие голубовато-белые или желтоватые ореолы с расплывчатыми нечеткими границами, образовавшиеся при миграции легких компонентов из прожилка во вмещающую породу (рис. 22, а). В прожилках асфальтит ассоциирует с пиритом (черные нелюминесцирующие кристаллы); с кальцитом (участки с яркой красноватой люминесценцией), с флюоритом (фиолетово-синяя люминесценция). Эти минералы диагностируются под микроскопом по характерному для каждого из них цвету люминесценции (рис. 22, б, в). Нахождение асфальтита совместно с кальцитом и флюоритом в прожилках, секущих известняк, свидетельствует о их одновременном образовании.

Люминесценцию битуминозных веществ в известняках лучше наблюдать в аншлифах, чем в тонких шлифах, так как интенсивность свечения возрастает с увеличением толщины шлифа. Особенно это относится к легким углеводородным компонентам, заполняющим мельчайшие трещинки в породе или поровые пространства.

Если в глинах наиболее достоверно диагностируются первичные формы залегания битуминозных веществ, а в песчаниках — вторичные, то в известняках можно отчетливо наблюдать те и другие. Для эпигенетичных битуминозных веществ в известняках наиболее характерными формами залегания являются каплевидные включения, определяющие неравномерное распределение в породе (рис. 23, а), заполнение каверн и пор со следами естественного фракционирования вокруг них (рис. 23, б) и аналогичное залегание в микротрещинах и кавернах (рис. 23, в).

Обзор приведенных микрофотографий, показывающий разнообразие форм залегания битуминозных веществ, заключенных в осадочных толщах, позволяет установить приуроченность их к определенным участкам пород и выявить ассоциации с рядом сопутствующих люминесцирующих и нелюминесцирующих минералов.

Таким образом, люминесцентная микроскопия как вид исследования, предшествующий другим определениям, позволяет получить общее представление о битуминозности пород в целом, на основании чего наметить наиболее рациональный комплекс анализов и в заключительный этап, суммировав все полученные данные, сделать окончательные выводы о природе изучаемых веществ (сингенетичных, эпигенетичных).

Для установления генетической природы битуминозных веществ должны в первую очередь использоваться наблюдения

Определение генетических типов битуминозных веществ по формам залегания (микротекстурам) в осадочных горных породах

Распределение битуминозных веществ в породах	Микротекстура	Генетический тип битуминозного вещества	
		сингенетичный	эпигенетичный
Равномерное, определяемое по свечению всей поверхности образца	равномерная	при равномерном распределении всего рассеянного органического вещества (глины, алевролиты, известняки)	при вторичном пропитывании битуминозным веществом пористых прослоев (песчаники, известняки) и неравномерном распределении в них органического вещества или его отсутствии
Неравномерное, определяемое по свечению отдельных участков породы, различной формы и размеров, прослоев, линз, отдельных точек, органических остатков и прожилков, секущих породу в различных направлениях	неравномерная (пятнистая, селективно-насыщенная)	при неоднородном минералогическом составе пород и меняющемся в связи с этим содержанием органического и битуминозного вещества (глины, алевролиты, мергели, известняки)	при нахождении битуминозных веществ в участках перекристаллизации и вторичного изменения пород (алевролиты, известняки, мергели)
	слоистая (линзовидная, полосчатая)	при одновременном изменении состава и содержания битуминозного вещества, органического вещества и минералогического состава пород (чередование прослоев глин, песчаников, известняков)	при изменении состава и содержания битуминозного вещества, связанного с изменением физических свойств пород (чередование прослоев глин, песчаников, известняков)

Распределение битуминозных веществ в породах	Микротекстура	Генетический тип битуминозного вещества	
		сингенетичный	эпигенетичный
	точечная (поровая, обломочная)	при наличии мелких обломков люминесцирующих пород и минералов (глины, алевролиты, песчаники, обломочные известняки)	при заполнении битуминозным веществом свободных пористых пространств (глины, песчаники, алевролиты, известняки)
	цементная (равномерно-, пятнисто-, порово- и трещинно-цементная)	при равномерном распределении битуминозного вещества в цементе и первичном характере цемента (песчаники и алевролиты с карбонатным, глинистым и другим цементом, органогенные известняки с карбонатным цементом)	при неравномерном (пятнистом, поровом и трещинном) распределении битуминозных веществ в цементе (песчаники и алевролиты с карбонатным, глинистым и другим цементом; органогенные известняки с карбонатным цементом)
	органогенная (оолитовая, фораминиферовая, коралловая и др.)	при приуроченности битуминозных веществ к органическим остаткам, содержащим примесь пелитоморфного материала, не измененными вторичными процессами (органогенные известняки; глины, песчаники и алевролиты, содержащие органические остатки)	при ассоциации битуминозных веществ с теми органическими остатками, которые подверглись перекристаллизации или метасоматическому замещению (органогенные известняки или органические остатки в глинах, песчаниках, алевролитах)

Распределение битуминозных веществ в породах	Микротекстура	Генетический тип битуминозного вещества	
		сингенетичный	эпигенетичный
	межзерновая (соприкосновения)	нет	при частичном заполнении свободных межзерновых пространств в песчаниках, а также в перекристаллизованных крупнокристаллических известняках и доломитах
	кавернозная	нет	при выполнении каверн, крупных вторичных пустот и пустот выщелачивания в известняках, доломитах, песчаниках
	трещинная (жильная)	нет	при выполнении трещин во всех породах битуминозным веществом или в ассоциации с другими минералами. По пересечению трещин устанавливаются генерации минералов и битуминозных веществ, заполняющих эти трещины
	регенерационная (обрастания зерен, восстановления)	нет	при ассоциации с минералами, образующими структуры обрастания на зернах минералов (кальцит, опал и др.), и при образовании каемок битуминозного вещества на отдельных зернах минералов (песчаники, алевролиты)

за формами их залегания. Для этого могут служить определения макроструктур и текстур по классификации В. Н. Флоровской и В. Г. Мелкова (1946). Для пород, обогащенных битуминозным веществом или отобранных в пределах нефтяных месторождений, четко проявляется зональность в распределении битуминозных компонентов (или их пятнистое распределение), а также люминесценция в пределах всего образца.

В осадочных горных породах, в которых битуминозное вещество присутствует в значительно меньших количествах и не проявляется в макроструктурах, необходимо установление микротекстур. Как показывают наблюдения, микротекстуры в них редко бывают зональными, а в связи с низким содержанием битуминозных веществ люминесценция наблюдается не по всей поверхности образца, а лишь в отдельных его участках. Установленные в осадочных горных породах микротекстуры и определение генетического типа битуминозных веществ приводятся в табл. 7.

Как видно из таблицы, часть микротекстур характеризует вторичное залегание битуминозных веществ (эпигенетичность их по отношению к вмещающей породе). Другая часть микротекстур может быть образована битуминозным веществом, находящимся как в первичном, так и во вторичном залегании. В этом случае для однозначного решения вопроса должны быть привлечены данные других анализов как по содержанию и составу органического и битуминозного вещества, так и по составу минеральной части породы.

Битуминозные вещества в изверженных горных породах

За последние годы рассеянное битуминозное вещество изучалось не только в осадочных, но и в изверженных горных породах. Однако по сравнению с осадочными горными породами изучение битуминозных веществ в изверженных горных породах до сих пор еще далеко недостаточно.

Наиболее изученными к настоящему времени можно считать лишь битуминозные вещества в щелочных горных породах, главным образом в нефелиновых сиенитах. Результаты изучения битуминозных веществ этих пород приводятся в работах И. А. Петерсилье (1961), В. Н. Флоровской и В. Г. Мелкова (1962) на примере изучения Хибинского плутона (Кольский полуостров). Кроме того, люминесцентно-микроскопические наблюдения проводились для нефелиновых сиенитов Ильменских гор Южного Урала (Овчинникова, 1964).

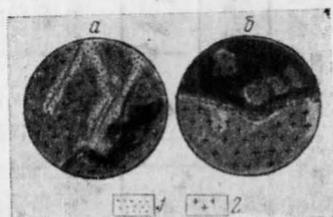
Следует признать, что даже тот небольшой опыт, который накоплен к настоящему времени, представляет несомненный интерес. Полученные данные позволяют в настоящее время

не только установить присутствие битуминозных веществ в изверженных породах, но и изучить особенности их состава и распределения. Для детального исследования состава битуминозных веществ они были извлечены методом экстракции из различных пород Хибинского плутона. Результаты химического изучения этих битуминозных веществ приводятся в табл. 8 и 9.

Рис. 24. Распределение битуминозных веществ в гакманит-содержащем пегматите:

a — по трещинам, секущим гакманит, аншлиф; *b* — по межзерновым пространствам и крупным порам в гакманите, аншлиф. Ув. $\times 60$.

Цвета люминесценции: 1 — оранжевый — гакманит; 2 — голубой и светло-желтый — битуминозные вещества маслянистого типа



Из табл. 8 видно, что элементарный состав битуминозных веществ, выделенных из щелочных пород Хибинского массива, следующий; С=70,16—83,37%; Н=9,78—13,55%; Н+О+S=9,72—18,96%. Химико-битуминологические исследования группового состава битуминозных веществ горных пород Хибинского интрузивного массива, приведенные в табл. 9, показали, что они характеризуются сравнительно небольшим содержанием масел (22,00—29,19%), при значительном содержании бензолных смол (17,61—28,96%), спирто-бензолных смол (20,51—35,11%) и асфальтенов (10,05—28,23%).

Исследование битуминозных веществ методом инфракрасной спектроскопии показало, что в составе их обнаруживаются полосы поглощения высокомолекулярных парафинов н-строения, ароматических углеводородов, карбонильных и карбоксильных группировок, а также группировок сложных эфиров (Петерсилье, 1962).

Битуминозные вещества, встреченные в щелочных породах Хибинского массива, выполняют поры и мельчайшие трещинки в породах и в отдельных минералах. На рис. 24 изображен минерал гакманит $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6[\text{Cl}, \text{S}]_2$, встречающийся в ряде щелочных пород Хибинского массива и пегматитовых жилах, секущих этот массив. Гакманит представляет собою разновидность содалита, характеризующуюся повышенным содержанием серы (0,4—0,7%). В свежем сколе минерал обнаруживает яркую малиновую окраску и красновато-оранжевую люминесценцию.

Содержание органического углерода и элементарный состав хлороформенного экстракта битума горных пород Хибинских тундр (по И. А. Петерсилье и Е. Б. Проскураковой, 1961)

№ образца	Порода	Содержание битума, %	Содержание Сорг.	Элементарный состав			
				С	Н	N+O+S	C/H
Горные породы Хибинского щелочного массива							
X5	Фойяит	0,0025	0,040	77,48	10,53	11,99	7,36
X140	Рисчоррит	0,0021	0,023	71,80	9,78	18,42	7,34
X7	Пятнистая апатито-нефелиновая	0,0015	0,010	76,50	11,20	12,30	6,83
145	Линзовидно-полосчатая апатито-нефелиновая	0,00053	—	77,71	12,35	9,94	6,28
145a	То же	0,0004	—	79,80	11,63	S-0,47	6,8
X141	Ургит	0,0018	0,070	79,95	11,33	9,72	6,9
135	Йиолиты	0,0006	—	81,02	13,55	S-0,19	5,9
X2	Хибинит	0,0013	—	83,37	13,28	S-0,86	6,2
X2Б	То же	0,002	0,12	70,16	10,88	18,96	6,4
Вмещающие породы							
X12	Гранито-гнейсы	0,001	0,006	66,79	9,47	23,74	7,08
K10	Известняк	0,001	0,032	65,88	9,17	24,95	7,18
X11	Хлоритовый сланец	0,003	—	61,46	8,80	29,74	6,9

Таблица 9

Групповой состав битума горных пород Хибинских тундр (по И. А. Петерсилье и Е. Б. Проскураковой, 1961)

№ образца	Породы	Групповой состав				Элементарный состав фракции			Фракции
		масла	бензол- ные смолы	спирто- бензол- ные смолы	асфаль- тены	С	Н	N+O+S	
х5	Фойяит	29,19	21,93	20,51	28,23	83,10	13,72	3,12	Масла Бензолные смолы Спирто-бензолные смо- лы Асфальтены
						71,40	10,10	18,50	
						67,00	9,79	23,21	
х5	Рисчоррит	28,00	21,62	35,11	10,05	56,71	7,44	35,85	Масла Бензолные смолы Спирто-бензолные смо- лы
						82,54	13,29	4,17	
						74,00	9,98	16,02	
145-а	Линзовидно-полосчатая апатито-нефелиновая порода	14,98	43,24	34,81	6,00	65,00	9,40	25,60	Асфальтены Масла Бензолные смолы Спирто-бензолные смолы
						60,10	8,20	31,70	
						82,96	10,26	6,78	
х142	Уртит	22,00	28,96	29,16	19,87	77,45	9,31	13,24	Масла Бензолные смолы Спирто-бензолные смолы
						69,05	8,93	22,02	
						83,84	13,43	2,73	
х2-а	Хибинит	26,60	17,61	33,11	14,50	72,00	9,67	18,27	Масла Бензолные смолы Спирто-бензолные смолы
						69,01	8,50	21,40	
						64,10	8,50	23,40	
х12	Гранито-гнейс	18,96	17,91	40,00	17,51	81,00	12,34	6,66	Масла Бензолные смолы Спирто-бензолные смолы
						71,69	9,66	18,65	
						65,41	9,20	25,39	
						61,50	8,38	30,12	Асфальтены Масла Бензолные смолы
						77,26	11,63	11,71	
						70,50	9,98	19,52	
						66,05	9,45	24,50	Спирто-бензолные смолы Асфальтены
						60,34	8,00	31,66	

Под люминесцентным микроскопом в гакманите обнаруживаются битуминозные вещества, распределяющиеся по трещинам (рис. 24, а) или по границе отдельных зерен минерала (рис. 24, б).

Путем экстрагирования хлороформом и спирто-бензолом из гакманита было извлечено битуминозное вещество в количестве 0,015%. Элементарный состав хлороформенного экстракта из гакманита: С=70%, Н=9%, S=6%, О+N=15%. Изучение битуминозного вещества методом инфракрасной спектроскопии показало сильное поглощение метильных и метиленовых групп. Двойная полоса 720 см^{-1} и 730 см^{-1} характеризует присутствие высокоплавких твердых углеводородов. Спектры люминесценции экстрактов битуминозных веществ из гакманита показали наличие следов 1,12-бензперилена и 3,4-бензпирена, относящихся к группе полициклических ароматических углеводородов. Кроме гакманита, распределение битуминозных веществ по трещинам и межзерновым пространствам отмечается в ряде минералов (нефелин, микроклин) и в щелочных породах (фойяитах, рисчорритах и др.).

Таким образом, изучение состава и содержания битуминозных веществ изверженных горных пород позволяет установить вещества, вызывающие их люминесценцию (смолы и ароматические углеводороды). Наблюдение за люминесцентными свойствами этих веществ под микроскопом позволяет определить их основные формы залегания. Из рис. 24 видно, что в щелочных породах и минералах битуминозные вещества распределяются главным образом по трещинам. Реже встречаются их включения в мелких порах.

В ряде минералов устанавливаются и другие формы залегания битуминозных веществ. Так, С. В. Икорским (1964, 1966) были обнаружены битуминозные вещества в полостях газовых включений размером до 0,2—0,3 мм в порообразующих минералах щелочных пород (нефелине, эвдиалите). В них битуминозные вещества располагаются на стенках полостей в виде пленок, скоплений капелек, узких каемок по краям кристаллов-«узников» (эгирина) и по контуру включений. В ограненных включениях скопления битуминозных веществ наблюдаются внутри гранных углов и в их вершинах (рис. 25). Они люминесцируют беловато-голубым цветом. В составе хлороформенного экстракта из газовых включений определен углерод (71,74%), водород (7,99%) и гетероэлементы (N+O+S=20,27%).

В нефелиновых сиенитах Ильменского щелочного массива также были обнаружены рассеянные битуминозные вещества. Они были встречены как в нефелиновых сиенитах, так и в секущих их пегматитовых жилах. При просмотре образцов миаскитов под люминесцентной лампой обнаружилось, что миаскиты ярко люминесцируют белым, голубым, светло-желтым,

ярко-желтым и коричневым цветом. Участками наиболее интенсивного свечения являются многочисленные трещины отдельности, по которым наблюдаются корочки желтоватого цвета с битуминозным веществом. Иногда наблюдается процесс фракционирования битуминозного вещества от трещины в сторону вмещающей породы и связанное с этим изменение

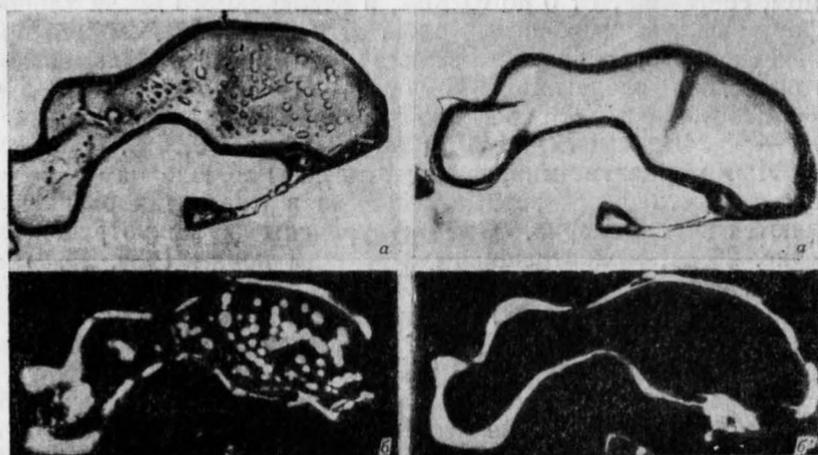


Рис. 25. Неправильные газовые включения с «каплями» битуминозного вещества. Ув. $\times 345$ (по Икорскому, 1964):
a — в проходящем обычном свете; *b* — люминесценция при освещении сверху сине-фиолетовым светом; *a'*, *b'* — то же после нагрева до 350° (*b* — люминесцирует битуминозное вещество; *b'* — люминесцирует жидкая фаза)

цвета и интенсивности свечения. Кроме распределения битуминозных веществ по трещинам, в породе имеются участки и отдельные включения, люминесцирующие голубоватым, белым и желтым цветом.

Сопоставление результатов наблюдения люминесценции битуминозных веществ в образцах под ультрафиолетовыми лучами с результатами люминесцентно-эталонного анализа показали, что очень небольшая часть фиксируемого в миаскитах битуминозного вещества находится в свободном состоянии (извлекается органическими растворителями). Преобладающее количество битуминозных веществ находится в породе тесно связанным с ее минеральной частью. Эти связанные битуминозные вещества и обуславливают очень яркое свечение породы.

Наличие связанного битуминозного вещества в миаскитах устанавливается путем предварительной обработки дебитуминированного образца 10%-ными кислотами (соляной и азот-

ной) с последующим воздействием на него спирто-бензола. Количество связанного битуминозного вещества в исследованных образцах колеблется от 0 до 0,040%. При содержании органического углерода в породах от 0 до 0,37%, количество свободного битуминозного вещества, извлекаемого хлороформом, составляет от 0 до 0,020%, и извлекаемого после хлороформа спирто-бензолом — также от 0 до 0,020%. Элементарный состав битуминозного вещества из миаскитов Ильменского массива следующий: С=74,61; Н=11,06%, N+O+S=14,33%. Групповой состав хлороформенного экстракта: масла — 98,34%; смолы — 1,00%; асфальтены — 0,66%.

Люминесцентно-микроскопическими наблюдениями установлено, что битуминозные вещества в миаскитах распределяются неравномерно. Они приурочены к микротрещинам (рис. 26, а), микротрещинам и мелким порам (рис. 26, б) и зонам вторичного изменения пород (рис. 26, в), выражающегося в альбитизации и карбонатизации миаскитов. В микротрещинах битуминозные вещества иногда обнаруживают следы естественного фракционирования.

Обнаружение битуминозных веществ в изверженных горных породах и изучение особенностей их состава, свойств и распределения имеет значение для познания геохимических процессов, идущих с участием углерода и установления форм нахождения битуминозных веществ в различных геологических объектах.

Как показывают люминесцентно-микроскопические наблюдения, битуминозные вещества в изверженных горных породах имеют определенные формы залегания, связанные с выполнением свободных пространств (трещины, промежутки между зернами, полости в минералах). Такие формы залегания подчеркивают вторичный характер битуминозных веществ по отношению к вмещающим их породам и минералам.

Изучение парагенетических ассоциаций минералов показывает, что образование битуминозных веществ в изверженных горных породах часто относится ко времени постмагматического проявления разнообразных процессов, связанных с явлениями метасоматических замещений в минералах. Более точное определение последовательности образования минералов и битуминозных веществ возможно лишь при изучении фактического материала для каждого конкретного района.

Битуминозные вещества в метаморфических горных породах

Если в изверженных горных породах изучению битуминозных веществ уделяется еще недостаточно внимания, то по содержанию и составу битуминозных веществ в метаморфических горных породах имеются лишь отдельные отрывочные

сведения. Исследование битуминозных веществ в метаморфических горных породах интересно в связи с их широкой распространенностью. При изучении этих пород появляется возможность проследить за изменением битуминозных веществ в связи с воздействием на них давления, тепловой энергии и химически активных флюидов. Так как образование метаморфических толщ происходит за счет изменения осадочных и изверженных пород, то естественно, что с изменением состава и структуры самих пород должно происходить изменение состава, содержания и распределения в них битуминозных веществ.

Весьма интересно, например, установление таких фактов, как влияние степени метаморфизма (температуры и давления) на характер изменения битуминозных веществ, определение промежуточных и конечных продуктов их превращения и т. д. Ответы на поставленные вопросы могут быть получены лишь при широком изучении битуминозных веществ в метаморфических толщах различных районов. Имеющиеся в настоящее время немногочисленные сведения по этому вопросу показывают, что метаморфические горные породы не всегда лишены битуминозных веществ. Обнаружение этих веществ, а следовательно и изучение их состава, оказывается возможным не только люминесцентным, но также и химическим методом.

По данным И. А. Петерсилье (1962), битуминозные вещества содержатся в метаморфических породах Хибинских тундр (гранито-гнейсы, известняки, хлоритовые сланцы) в количествах 0,001—0,003%. Их элементарный состав: С=61,46—66,79%; Н=8,80—9,47%; О=23,74—29,94%. Распределение битуминозных веществ в этих породах, подобно изверженным, связано с трещиноватостью.

Битуминозные вещества изучались также в докембрийских гнейсах и осадочно-метаморфических породах нижнепалеозойского возраста некоторых районов Южного Урала. Комплекс метаморфических пород имеет широкое распространение в указанном районе. Кристаллические сланцы, гнейсы, кварциты и амфиболиты слагают крупные структуры района. Они прорваны гранитными интрузиями и сериями жильных образований. При изучении битуминозных веществ в метаморфических породах было установлено, что эти вещества присутствуют в двух формах — свободной и связанной. Содержание свободного битуминозного вещества в метаморфических породах колеблется от 0 до 0,012%. По качественному составу битуминозные вещества отвечали по преимуществу маслянистому типу.

Битуминозные вещества в связанной форме отмечались лишь в карбонатных корочках, развитых по трещинам отдельности. Содержание их не превышало 0,0003—0,0006%.

Качественный состав связанного битуминозного вещества также отвечал маслянистому типу. Таким образом, результаты анализов свидетельствуют, что метаморфические породы содержат незначительное количество битуминозных веществ, которые имеют легкий состав. Люминесцентно-микроскопическое изучение битуминозных веществ в метаморфических горных породах показало, что свободные битуминозные вещества распределяются по мельчайшим порам и межзерновым пространствам (рис. 27, а), а связанные — преимущественно по трещинам (рис. 27, б).

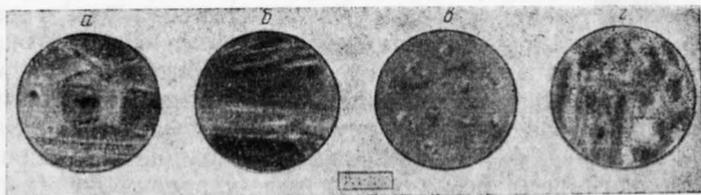


Рис. 27. Распределение битуминозных веществ в метаморфических породах из района Мугуджар и Ильменских гор: а — по трещинам, секущим гнейс, аншлиф; б — по посылочным трещинам в графитовом кварците, аншлиф; в. — по мелким порам в кварците, аншлиф; г — по межзерновым пространствам в гранито-гнейсе, аншлиф. Ув. $\times 60$.

Цвета люминесценции: 1 — голубой и светло-желтый битуминозного вещества маслянистого типа

Аналогичная по составу толща протерозойских метаморфических образований изучалась также в районе Ильменских гор. Метаморфические породы в Ильменских горах представлены гранито-гнейсами, биотитовыми гнейсами, кварцитами и амфиболитами. Они являются вмещающими породами для интрузии нефелиновых сиенитов. Содержание рассеянных битуминозных веществ в породах этой метаморфической толщи оказалось различным. Так, амфиболиты отличались почти полным отсутствием в них битуминозных веществ, в гранито-гнейсах и кварцитах содержание хлороформного экстракта не превышало 0,0001% и спирто-бензольного — 0,0003%, а в графитовых кварцитах хлороформный экстракт увеличивается до 0,0006% и спирто-бензольный — до 0,0012%. Качественный состав битуминозных веществ из кристаллической толщи оказался однообразным для всех пород. Это маслянистый тип битуминозного вещества, для которого характерно незначительное содержание смол.

При изучении некоторых разновидностей метаморфических горных пород (гнейсов и кварцитов) под люминесцент-

ным микроскопом в них наблюдалось точечное распределение свободных битуминозных веществ по мельчайшим поровым пространствам (рис. 27 в). В гранито-гнейсах и реже в амфиболитах преобладали связанные формы битуминозных веществ. В гранито-гнейсах битуминозные вещества заполняли мельчайшие трещинки и межзерновые пространства, фиксируя тем самым следы своего перемещения в породе (рис. 27, г). В амфиболитах битуминозные вещества обнаруживались по голубой люминесценции лишь в участках, заполненных вторичным карбонатом.

Как показывают результаты исследований, во всех метаморфических породах, независимо от их первоначального состава, содержится незначительное количество битуминозных веществ, что, возможно, связано с высокой степенью метаморфизма изучавшихся пород. Это может свидетельствовать о том, что при высокой степени метаморфизма одна часть органического вещества осадочных горных пород почти полностью обуглероживается а другая — рассеивается. Даже в прослоях графитовых гнейсов и кварцитов, где содержание органического углерода достигает 3—4%, количество битуминозных веществ не превышает десятитысячных долей процента. Но по сравнению с другими разновидностями метаморфических пород графитосодержащие разности все же отличаются повышенным содержанием битуминозных веществ.

Как показывают люминесцентно-микроскопические наблюдения, распределение битуминозных веществ в метаморфических горных породах, также как и в изверженных, связано с выполнением трещин, межзерновых пространств и мелких редких пор. Такой характер распределения может рассматриваться как вторичный по отношению к вмещающим породам и минералам. Обнаруживаемые в метаморфических горных породах битуминозные вещества, возможно, являются продуктами каталитического превращения органического вещества, возникшими в процессе метаморфизма. Кроме того, здесь могут быть обнаружены эпигенетичные битуминозные вещества, образование которых связано с другими процессами.

ГЛАВА VI

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБОБЩЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ

Приведенные примеры показывают, что с помощью метода люминесцентной микроскопии могут быть получены не только данные, характеризующие состав и содержание битуминозных веществ в различных горных породах, но также и данные, характеризующие генетические соотношения битуминозных веществ с вмещающими их горными породами и минералами. До появления метода люминесцентной микроскопии такие факты отсутствовали. Поэтому сведения, получаемые при люминесцентно-микроскопических исследованиях, как бы ни было мало их количество, представляют несомненный научный интерес и практическое значение: с их помощью оказывается возможным судить о происхождении битуминозных веществ в различных горных породах, их можно использовать для поисковых целей и устанавливать роль и значение углеродистых веществ в различных геохимических процессах.

Однако при решении каждой конкретной задачи, которая может быть поставлена перед люминесцентно-микроскопическим исследованием, нельзя заранее предусмотреть все возможные способы интерпретации результатов наблюдения. В частности вопросы происхождения битуминозных веществ, их миграции и изменения в пределах изучаемой толщи пород нельзя рассматривать в отрыве от конкретной геологической обстановки района. Только совокупность знания условий геологического залегания пород, их литологических особенностей и тектоники района, вместе с полученным аналитическим материалом по составу и содержанию битуминозных веществ в породе, подвижности отдельных компонентов и концентрации их в определенных участках, может пролить свет на происхождение этих веществ. При решении других геолого-геохимических задач (поиски месторождений полезных ископаемых, выяснение роли углеродистых веществ в образовании

руд и минералов) столь же необходимо рассмотрение результатов исследования в связи с конкретной геологической обстановкой района.

После люминесцентно-микроскопических наблюдений за характером распределения битуминозных веществ в горных породах, результаты исследований изображаются графически. Это могут быть карты аномалий содержания битуминозных веществ по площади или каротажные битумные разрезы и диаграммы, сопровождаемые зарисовками люминесценции битуминозных горных пород под микроскопом. Последние иллюстрируют пути миграции углеводородов и битуминозных веществ, изменение их качественного состава с глубиной или по простиранию в связи с развитием трещиноватости, брекчированности или каких-либо других особенностей пород.

Окончательные выводы всех исследований могут быть даны в узком и широком плане. В узком плане это означает решение определенной конкретной задачи по характеристике и выявлению особенностей распределения битуминозных веществ для ряда стратиграфических комплексов района. В широком плане интерпретация полученных результатов должна сводиться к выяснению геохимической роли битуминозных веществ в изучаемом комплексе отложений и решению вопроса о их происхождении.

В настоящее время трудно дать всеобъемлющие практические советы по интерпретации результатов, получаемых при люминесцентно-микроскопических исследованиях: объекты исследования очень разнообразны по своему составу и происхождению и при их изучении могут встретиться самые неожиданные варианты. Кроме того, интерпретация результатов представляет собой творческий процесс, зависящий, прежде всего, от уровня знаний и интуиции исследователя. Однако на основании накопленных к настоящему времени фактов, можно сделать в этом направлении некоторые выводы, которыми стоит руководствоваться при освоении данной методики. Коротко они сводятся к следующему.

1. Для битуминозных веществ характерно широкое распространение, а также нахождение в рассеянном состоянии. Методом люминесцентной микроскопии битуминозные вещества в различном количестве и различного состава обнаруживаются в осадочных, изверженных и метаморфических горных породах. В осадочных породах битуминозные вещества насыщают поры, типичные для этих пород, и поэтому извлекаются из них органическими растворителями. Из изверженных пород битуминозные вещества извлекаются гораздо хуже, так как эти породы, как правило, имеют ничтожную эффективную пористость, и углеводороды в них располагаются в структурных поровых пустотах минералов. И только в том случае, когда битуминозное вещество содержится в кавернах

и трещинах тех или иных размеров, извлечение его возможно обычными методами холодного или горячего экстрагирования.

Характер распределения битуминозных веществ в породах бывает самый разнообразный. Битуминозные вещества равномерно, либо неравномерно, либо селективно насыщают горные породы, отмечаются в трещинах, кавернах и порах. В одних случаях битуминозное вещество выступает в качестве цемента (во многих кластических и брекчированных горных породах), в других — оно заполняет внутренние части окаменелостей, насыщает минеральное вещество, слагающее стенки раковин, или располагается в ослабленной зоне — между окаменелостью и вмещающей ее горной породой; и, наконец, имеет форму слоев и линз.

Под люминесцентным микроскопом можно наблюдать битуминозные вещества самого разнообразного химического состава, в смысле количественных соотношений между основными групповыми компонентами — маслами, смолами и асфальтенами. Особенно важным представляется возможность изучения минеральных парагенетических ассоциаций, сопутствующих природным минералам углерода.

2. В карбонатных и изверженных горных породах широко распространены явления зонального распределения различных групповых компонентов битуминозного вещества. Эти явления развиваются вблизи трещин и каверн, заполненных битуминозным веществом, характеризующимся тем или иным соотношением входящих в его состав групповых компонентов. Явление зонального распределения различных групповых компонентов, или процесс естественного фракционирования, свидетельствует о способности и стремлении отдельных групп битуминозных веществ фильтроваться во вмещающие горные породы во все стороны от основного пути миграции вещества. Свойство это у разных компонентов, составляющих битуминозное вещество, проявляется по-разному. Масла, представленные почти полностью углеводородами, фильтруются через горные породы на большие расстояния. В значительно меньшей степени этой способностью обладают смолы и тем более асфальтены, которые никогда не наблюдаются за пределами трещин и каверн.

Различная способность групповых компонентов битуминозного вещества фильтроваться через пористую среду приводит к естественному разделению их и даже самостоятельному существованию в горных породах. Наблюдения за распределением битуминозных веществ свидетельствуют о том, что битуминозное вещество маслянистого типа, состоящее почти полностью из углеводородов, может равномерно, неравномерно или селективно насыщать осадочные и изверженные горные породы на протяжении целых разрезов или массивов, в то время как среди битуминозных веществ иного состава (со-

держащих смолы) это свойство не наблюдается. Большое значение для возможности фильтрации битуминозного вещества имеет характер пористости пород и размеры пор, определяющие способность проникновения через них различных групп органических соединений.

3. Наблюдения под люминесцентным микроскопом позволяют выделять генетические типы битуминозных веществ, которые различаются взаимоотношением с вмещающими горными породами и минералами. Первой генерацией битуминозных веществ, являющейся своеобразным фоном для всех последующих генераций, служит сингенетичное битуминозное вещество. Оно особенно хорошо диагностируется в глинах и несколько хуже в карбонатных породах. В силу особенностей состава, выражающихся в относительной бедности углеводородами, эта генерация битуминозного вещества слабо люминесцирует под микроскопом. Такой тип битуминозности принято считать сингенетичной вмещающим ее осадочным горным породам.

В тех случаях, когда осадочные горные породы подвергаются воздействию тех или иных вторичных процессов (окремнение, доломитизация и др.), на фоне сингенетичной битуминозности может возникнуть следующая генерация битуминозных веществ. Она образуется за счет привносимых вторичными процессами углеводородных флюидов и частичной ассимиляции битуминозных веществ, сингенетичных вмещающим горным породам. Этот тип битуминозности, представляющий собой своеобразный «гибрид», обычно бывает представлен связанными формами, называемыми битумом С. Такие битуминозные вещества широко распространены в карбонатных толщах, охваченных в той или иной степени процессами доломитизации (каменноугольные отложения Татарии и Башкирии), или в терригенных толщах, в которых широко развит процесс окремнения (доманиковые отложения верхнедевонского возраста Русской платформы или дагинские отложения миоценового возраста Сахалина).

И только последняя генерация битуминозных веществ является в чистом виде эпигенетичной по отношению к вмещающим ее горным породам. Так, кремнистые аргиллиты пиленгской свиты (аналог дагинской свиты) Сахалина секутся тончайшими трещинами, в которых наблюдаются углеводороды. Такие же углеводороды встречаются в карбонатных и терригенных толщах Татарии и Башкирии. При наличии в них прожилков гипса, включений пирита или участков загипсованности битуминозное вещество распределяется между этими включениями в карбонатном и глинистом веществе трещин или в гипсе.

4. Среди эпигенетичных битуминозных веществ, встречающихся в осадочных горных породах, нередко обнаруживают-

ся битуминозные вещества, которые оказываются близкими по своему составу к нефти. По мере концентрации таких эпигенетических битуминозных веществ в коллекторах они могут давать скопления нефти.

В зависимости от характера коллектора и положения его в разрезе, выше или ниже уровня грунтовых вод, нефть будет менять свой состав. Если коллектор с нефтью представляет собой трещинные карбонатные породы (от известняков и доломитов до известковистых лещаников и глин), то нефть неизбежно будет фильтроваться через стенки трещин, разделяясь при этом на отдельные группы или групповые компоненты. При благоприятных для фильтрации углеводородов условиях в трещинах, т. е. на месте первоначального нахождения нефти, может остаться лишь асфальт. Образование асфальта, следовательно, может быть связано не только с процессом окисления нефти, но и с процессом естественного фракционирования.

Если коллектор нефти представлен сульфатными породами (ангидрит, гипс), то нефть практически не должна менять свой состав. При миграции по трещинам в этих породах нефть остается почти неизменной. И если бы, наконец, нефть была приурочена к песчаному коллектору, она должна была бы растекаться, очень медленно меняя свой состав в зависимости от состава слагающих песчаных зерен и характера цемента. Таким образом, одна и та же нефть, попав в песчаный или карбонатный коллектор, должна иметь после пребывания в коллекторе несколько отличный состав. В случае карбонатного коллектора нефть должна быть более смолистой, благодаря фильтрации легких фракций через стенки трещин. В случае песчаного коллектора потеря углеводородов за счет фильтрации будет меньше. Для известковистых песчаников, в зависимости от степени их известковистости, будут иметь место явления противоположного порядка.

Наблюдения за всеми перечисленными изменениями углеводородных веществ, находящихся в различных породах и характеризующихся разными условиями залегания, могут быть осуществлены лишь при широком использовании метода люминесцентной микроскопии в практике геолого-геохимических исследований.

5. На основании наблюдений за содержанием битуминозных веществ, составом и распределением их в изверженных горных породах можно высказать некоторые соображения о происхождении этих веществ. Опыт, накопленный авторами по изучению битуминозных веществ в пределах щелочного ряда эндогенных месторождений различного генезиса, позволяет утверждать, что образование битуминозных веществ в изверженных горных породах связано с постмагматическими процессами, развивающимися в теле остывшего массива. По-

этому естественно, что основная масса образующихся при этом битуминозных веществ будет эпигенетичной по отношению к вмещающим их изверженным породам.

6. Заканчивая краткий обзор результатов люминесцентно-микроскопических исследований, можно сделать вывод, что метод люминесцентной микроскопии является единственным, который в сочетании с данными химических и люминесцентно-битуминологических анализов может дать надежные данные, позволяющие судить о генетически различных битуминозных веществах в осадочных, изверженных и метаморфических горных породах. На основе люминесцентно-микроскопических наблюдений также могут быть сделаны важные выводы о взаимосвязи того или иного типа битуминозного вещества с вмещающими его горными породами. С помощью люминесцентной микроскопии представляется возможным изучение не только путей миграции битуминозных веществ, но и изменения их состава в процессе миграции.

ЛИТЕРАТУРА

- Александров В. Я., Свешникова И. Н. Применение флуоресцентной микроскопии в палеоботанике. «Бот. журн.», 1956, т. 41, № 2.
- Аммосов И. И. Генетические особенности вещества углей по данным петрологии. Сб. «Генезис твердых горючих ископаемых». М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Аммосов И. И., Ермакова В. П. Люминесцентная микроскопия как метод изучения сапропелевых углей. «Тр. ин-та гор. ископ. АН СССР», 1955, т. 6.
- Атанасян С. В., Сергеева А. М. Литолого-геохимические фации и битуминозность нижнемеловых отложений центральных частей Северного Кавказа и Предкавказья. «Бюлл. МОИП», 1965, № 3.
- Багринцева К. И. Изучение зерна трещиноватых карбонатных пород с помощью ультразвуковой и люминесцентной дефектоскопии. «Разведка и охрана недр», 1963, № 3.
- Баранова Т. Э., Билалова Б. Н. Применение полибутилметакрилатного клея для изготовления шлифов из битуминозных пород. «Тр. ВНИГРИ», геохим. сб., 1961, № 7, вып. 174.
- Барташевич О. В. Геохимическая характеристика рассеянного органического вещества и битумов мезокайнозойских отложений центральных и северных районов Туркмении. Сб. «Новые данные по геологии Туркменской ССР». М., Гостоптехиздат, 1964.
- Белоусова В. Т. К вопросу об изучении под микроскопом рассеянного в породах органического вещества. «Тр. ВНИГРИ», геол. сб., нов. сер., 1955, т. 1.
- Белоусова В. Т., Туаев И. П. Петрографический метод изучения битумов. «Нов. нефт. техн.», 1949, № 3.
- Бордовская М. В. Люминесцентно-микроскопические исследования битуминозных компонентов осадочных пород. Сб. «Генезис нефти и газа», М., 1967.
- Брумберг Е. М. Новый метод микроскопии в ультрафиолетовом свете. ДАН СССР, нов. сер., 1939, т. 25, № 6.
- Брумберг Е. М. Флуоресцентный микроскоп. «Природа», 1940, № 3.
- Брумберг Е. М. Новый метод микроскопии в ультрафиолетовых лучах. «Изв. АН СССР», сер. физ., 1942, № 6, вып. 1—2.
- Брумберг Е. М. Микроскоп для визуальной цветной микроскопии в ультрафиолетовых лучах. ДАН СССР, 1946, т. 52, № 6.
- Брумберг Е. М. О флуоресцентных микроскопах. «Журнал общей биологии», 1955, т. 16, № 3.
- Брумберг Е. М. Ультрафиолетовая флуоресцентная микроскопия. «Журнал общей биологии», 1956, т. 17, № 6.
- Бутслов М. М., Корн М. Я., Муромцев С. Н. Использование электронно-оптического преобразователя (усилителя яркости) в световой и люминесцентной микроскопии. ДАН СССР, 1961, т. 139, № 5.

- Вассоевич Н. Б., Абрамсон Б. Я. Критерии для опознавания аллохтонных битумоидов в осадочных горных породах. Сб. «Геологич. исслед. на нефть и газ в Волго-Уральской обл.» М. «ЦНИИТНефтегаз», 1964.
- Вайнбаум С. Я., Тюрин В. И. Соотношение форм залегания битумов и их состава как критерий оценки перспектив нефтеносности карбонатных отложений. Сб. «Проблемы нефтеносности карбонатных отложений Урало-Поволжья», вып. 2. Бугульма, 1963.
- Галактионова Н. М. Некоторые закономерности распределения рассеянного органического вещества в девонских отложениях центральных областей Русской платформы в связи с изменением фациальных условий осадков. Автореф. канд. дисс. М., 1961.
- Елизарова Е. Н., Колпенский Г. П., Карманов А. Ф. О методике изготовления шлифов горных пород для люминесцентного микроскопа. «Нов. нефт. техн.», геол., 1962, № 2.
- Икорский С. В. Углеводородные газы и битумы в породообразующих минералах Хибинского массива. ДАН СССР, 1964, т. 157, № 4.
- Икорский С. В. К методике изучения битуминозного вещества в полостях минералов изверженных пород. «Зап. Всес. мин. об-ва», вторая сер., 1966, ч. 95, вып. 4.
- Ильина А. А. Спектры люминесценции битумов. Сб. «Люминесцентный анализ». Минск, 1956.
- Кириллов Н. И., Антонов С. М. Процессы цветной фотографии. М., Госкиноиздат, 1951.
- Клевиц М. В. О методике и результатах изучения пород под ультрафиолетовым микроскопом. Сб. «Вопр. геохимии нефтеносных областей». М., ГОСИНТИ, 1960.
- Колпенский Г. П. Метод люминесцентной микроскопии при изучении битуминозности горных пород. «Геол. нефти», 1958, № 6.
- Колпенский Г. П. Применение люминесцентной микроскопии для изучения битуминозности горных пород. В кн.: «Геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений». М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Красильников Н. А., Звягинцев Д. Г. Применение флуоресцентной микроскопии в отраженном свете для изучения почвенной микрофлоры. ДАН СССР, 1959, т. 23, № 2.
- Мейсель М. Н. Люминесцентная микроскопия в изучении живого вещества. «Вестн. АН СССР», 1951, № 9.
- Мейер А., Зейтц Э. Ультрафиолетовое излучение. М., ИЛ, 1952.
- Мелков В. Г., Свердлов З. М. Люминесцентный метод обнаружения урановых минералов и руд. ДАН СССР, 1944, т. 31, № 4.
- Обморышев К. М. Некоторые результаты изучения битуминозности среднемиоценовых отложений Северного Сахалина методом люминесцентной микроскопии. «Тр. ВНИГНИ», вып. XLIX, сб. «Геология и геохимия». М., «Недра», 1969.
- Овчинникова Л. И. Применение люминесцентной микроскопии для изучения рассеянных битуминозных веществ в горных породах (на примере районов Прикарабогазья и Южного Урала). Автореф. канд. дисс. МГУ, 1964.
- Ожгихина О. Г., Овчинникова Л. И. Цветное фотографирование люминесцирующих объектов под микроскопом. «Научн. и прикл. fotogr. и кинематогр.», 1958, т. 3, № 4.
- Оли И. А. Применение люминесцентной микроскопии для выявления эпигенетичной и сингенетичной битуминозности пород. «Геол. и геофиз.», 1964, № 2.
- Петерсилье И. А., Проскурякова Е. Б. Рассеянные битумы щелочных пород Хибинского плутона. «Изв. АН СССР», сер. геол., 1961, № 4.

- Петерсилье И. А. Газовая составляющая и рассеянные битумы горных пород Хибинского массива. Сб. «Материалы по минералогии Кольского полуострова», № 2, Апатиты, М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Порфирьев В. Б., Гринберг И. В. К вопросу о методике исследования нефтематеринских пород. Сб. «Теоретические вопросы нефтяной геологии», Киев, 1962.
- Разумная Е. Г. Опыт применения ультрафиолетового микроскопа Е. М. Брумберга для определения минералов. Сб.: «Современные методы минералогического исследования горных пород и минералов». М., Госгеолтехиздат, 1957.
- Родионова К. Ф., Шишенина Е. П., Герасимович Л. Н. Характеристика связанного битума девонских отложений Волго-Уральской области. «Сов. геология», 1964, № 8.
- Родионова К. Ф., Окунькова Ф. Е. Сравнительное изучение осадочных пород химико-битуминологическим и люминесцентно-петрографическим методами. «Геол. нефти и газа», 1967, № 2.
- Руководство по методике люминесцентно-битуминологических исследований. Л., «Недра», 1966.
- Саркисян И. С. Формы нахождения рассеянных битумов в осадочных породах как возможный показатель условий нефтеобразования. Автореф. канд. дисс. М., 1967.
- Смехов Е. М. и др. Трещиноватые породы и их коллекторские свойства. «Тр. ВНИГРИ», геол. сб., 1958, вып. 126, № 3.
- Соколов В. А. Миграция нефти и газа. М., Изд-во АН СССР, 1956.
- Страхов Н. М. Некоторые данные по вопросу о миграции битумов. «Изв. АН СССР», сер. геол., 1936, № 2—3.
- Татарский В. Б. О формах залегания битумов в карбонатных породах по данным микроскопии. «Зап. Всес. минер. о-ва», 1948, т. 77, № 3.
- Татарский В. Б. О карбонатных нефтематеринских отложениях. Сб. «Происхождение нефти», М., Госгеолтехиздат, 1955.
- Флоровская В. Н. Люминесцентно-битуминологический метод в нефтяной геологии. Изд-во МГУ, 1957.
- Флоровская В. Н., Мелков В. Г. Введение в люминесцентную битуминологию. М., Госгеолтехиздат, 1946.
- Флоровская В. Н., Овчинникова Л. И. О необходимости изучения рассеянных битуминозных веществ с помощью люминесцентной микроскопии. «Докл. высш. школы», 1958, № 4.
- Флоровская В. Н., Овчинникова Л. И. Люминесцентная микроскопия как метод диагностики качественно различного битуминозного вещества горных пород. В кн.: «Геология и геохимия», сб. № 3 (IX). Л., 1960.
- Флоровская В. Н., Мелков В. Г. О битумах в магматических горных породах. Сб. «Минеральн. сырье», вып. 5, М., 1962.
- Флоровская В. Н., Овчинникова Л. И. Люминесцентная микроскопия в геологии. «Природа», 1963, № 11.
- Холодов В. Н. О некоторых критериях первичности или вторичности битумов. «Изв. АН СССР», сер. геол., 1960, № 4.
- Чайковская Э. В. О формах связи битумов с породой. «Нов. нефт. техники», геол., 1961, № 12.
- Шустов В. А. О современной модели люминесцентно-петрографического микроскопа. «Нов. нефт. техн.», геол., 1962, № 2.
- Щепеткин Ю. В. Определение коллекторских свойств пород под люминесцентным микроскопом в плоскопараллельных шлифах. «Нефтьгаз. геол. и геофиз.», информ. научно-техн. сб., вып. 18, 1966.
- Dankwort P. W. Lumineszenzanalyse im filtrierten ultravioletten Licht, 1940.
- Dhere Ch., Hradil G. Fluoreszenzpetrographische Untersuchungen in Olschilform. «Schw. min., petr.», Mitt. 14, 1934.
- Haitinger M. Fluoreszenzmikroskopie, ihre Anwendung in der Histologie und Chemie. Leipzig, 1938.

- Henbest L. G. Unusual nuclei in oolites from the morrow group near Fayetteville Arkansas. «J. Sediment Petrol.», 1945, vol. 15, No. 1.
- Hradil G. Fluoreszenzpetrographie im Diensteder Bitumenfor schung. «Petroleum», 1934, Bd. 30, Nr. 47.
- Kohler A. Mikrophotographische Untersuchungen im ultravioletten Licht. «Zs. wiss. Mikroskopie», 1904, Nr. 21.
- Maler D., Wetzel W. Flureszenzmikroskopie geologischer und pala-ontologischer Objekte. «Zeiss. Mitt.», 1, 1958, H. 4.
- Pringsheim P., Vogel M. Lumineszenz of liquids and solids and its practical applications. N. Y., 1943.
- Siedentopf H. Ultramicroscopic in Vestigation of rocksalt Colouration. «Phys., Z.», 1905, No. 6.
- Wetzel W. Lumineszenzanalse und Sedimentpetrographie. «Zbl. Miner. etc.», Abt. A., 1939.
- Wetzel W., Dieterich H. Geochemisch Untersuchungen von organis-chen Tonschiefern mariner und limnischer Fazies. «N. Jb.», Geol., Pal., 1959, H. 2.
- Wetzel W. Das lumineszenzmikroskopische Verhalten von Sedimenten. «N. Jb.», Geol., Pal. Ab., 1959, H. 3.
- Wetzel W. Die Anwendung der lumineszenzmikroskopischen Sediment-analyse in der erdolgeologischen Grundlagenforschung. «Erdal u. Kohle», 1960, Nr. 13.
- Wetzel W. Lumineszenzmikroskopische Studien an chilenischen Sedimen-ten. «N. Jb.» Geol., Pal., Mh., 1962, H. 6.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Люминесцентные свойства, состав и генетические типы битуминозных веществ	7
Глава II. Зависимость люминесцентных свойств нефтей и битуминозных веществ от характера вмещающих горных пород	19
Глава III. Микроскопы для изучения люминесцирующих веществ и минералов	28
Глава IV. Методика люминесцентно-микроскопического изучения битуминозных веществ в горных породах	40
Глава V. Примеры диагностики битуминозных веществ в горных породах методом люминесцентной микроскопии	54
Глава VI. Выводы и рекомендации по обобщению результатов	76
Литература	82