

Б. А. КЛУБОВ

## ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ В СВЕТЕ НОВЫХ ДАННЫХ

Все чаще приходится констатировать, что различные представления о природном битумообразовании не только не согласуются между собой, но и зачастую противоречивы. Подавляющее число специалистов в нашей стране придерживаются гипотезы об органическом (биогенном) происхождении битумов. Они исходят из того, что в природе главенствует битумообразование за счет захороненного органического вещества (ОВ).

Хотя американские, канадские и английские геологи в большинстве своем тоже сторонники той же гипотезы биогенного битумогенеза, их взгляды на эту проблему несколько иные, чем у советских специалистов. Они базируются на схемах А. Абрагама [1], Э. Лиллея [2] и своеобразных представлениях о битуминозных углях и пиробитумах. Речь идет об искусственном разделении всех битумов на собственно битумы (нефти, асфальты, горный воск и асфальтиты) и пиробитумы. К последним у А. Леворсена [3] отнесены твердые углеводородистые вещества и горючие сланцы, которые дают жидкие и газообразные углеводороды (УВ) только при нагревании, а у Дж. Ханта [4] — только элатериты, инграмиты, вурцилиты, кериты и антраксолиты.

Несмотря на главенствующую роль «органиков», к области компетенции собственно битуминологии долгое время относили лишь вопросы исследования продуктов изменения нефти в зоне идиогипергенеза. Кардинальные изменения в этой науке произошли лишь после достижения внушительных успехов органической геохимией и осознания генетической сути процессов преобразования ОВ в литосфере.

Современные представления советских геологов о происхождении природных битумов в целом можно разбить на две группы: с одной стороны, битумы — это производные нефти, которые берут свое начало от первичной ее залежи, с другой — это обширное семейство природных углеводородистых веществ, в котором нефть является всего лишь частным звеном в общей генетической цепи. В основе первой точки зрения лежат взгляды И. М. Губкина [5], который ограничивал семейство битумов совокупностью производных нефти. В дальнейшем эти взгляды были развиты В. Н. Муратовым [6, 7], В. А. Успенским и О. А. Радченко [8, 9]. Последним двум ученым принадлежит основная заслуга в развитии отечественной битуминологии. Однако их взгляды не всегда оставались последовательными.

Взглядам И. М. Губкина близки общая схема битумогенеза и схема изменения нефтей и образования твердых битумов, предложенные И. С. Гольдбергом и Б. А. Лебедевым [10]. Взяв за основу генетические

построения В. А. Успенского и О. А. Радченко [8], эти исследователи основное внимание уделили гипергенным и фазово-миграционным процессам. Обстоятельное описание фазово-миграционных процессов, получивших теоретическое обоснование в более ранних работах И. С. Гольдберга [11—13], позволяет не только понять суть не вполне ясных парагенезисов твердых битумов, газоконденсата и нефти, но и прогнозировать некоторые закономерности.

Достаточно современной представляется схема нафтидо- и нафтоидогенеза, разработанная В. В. Ивановым [14, 15]. Главное и положительное здесь то, что в ней развиты идеи В. А. Успенского [16] о битумах 2-го и 3-го ряда (диагенетических и первично-миграционных).

Даже при кратком обзоре воззрений на проблему битумообразования становится очевидным, что большинство специалистов примерно одинаково представляют себе формирование битумов гипергенной линии (нафтидов регрессивного рода) и поддерживают идею о том, что возможно образование небольших количеств битумов при динамо- и гидротермальном, а также пиролитическом воздействии на обогащенные ОВ породы, угли, горючие сланцы и скопления нафтидов. Из разногласий главнейшим остается толкование термина 'битум'.

Как известно, в основе всех гипотез о происхождении нефти лежит понятие о материнских отложениях, их материнском потенциале [17] или генерационном потенциале керогена [18, 19]. Под этим понимается способность отложений (пород) генерировать жидкие углеводородистые вещества, в частности битумы. Величина материнского потенциала определяется генетическим типом ОВ, его содержанием в породе и вещественным составом последней.

В последние годы в понимание этапности образования УВ и процессов их миграции внесены существенные коррективы, базирующиеся на учете вещественного состава вмещающих пород (минеральной матрицы), чего ранее обычно не делалось. В частности, в конце 70-х гг. специалисты обратили внимание на то, что генерационный потенциал карбонатных пород в зависимости от конкретных минеральных примесей может реализовываться в очень широких пределах. При этом процесс генерации УВ, в данных породах дискретный в принципе и начинающийся иногда в диагенезе [20], растягивается во времени, а его скорость постоянна или слабо увеличивается с глубиной погружения всей толщи. Максимально активный уровень миграции УВ в карбонатных породах смещается в более глубокие горизонты по сравнению с глинистыми отложениями [21].

Сопоставление процессов нафтидогенеза и миграции УВ было проведено также для кремнистых, туфогенно-кремнистых и пирокластических пород [22]. Исходя из поведения сапропелевого ОВ и рассмотренных выше факторов можно заключить, что интервал образования основной массы жидких битумов для большинства типов отложений в общем плане ограничивается градациями катагенеза ПК<sub>2</sub>—МК<sub>3</sub>. Наконец, битумообразование в целом подкрепляется также оптимальным, как в доманикоидах, сочетанием в той или иной осадочной толще материнских пород и пород-коллекторов [23, 24].

Проанализировав развитие воззрений на битумообразование, а также различные генетические схемы битумов (в том числе упомянутые) и исходя из геологической сущности рассматриваемой проблемы, автор пришел к своему пониманию сложного механизма биогенного битумогенеза, о чем уже принципиально высказывался ранее [20, 24, 25].

В зависимости от направленности тектонических движений земной коры в сторону погружения (иммерсии) или воздымания (инверсии) в природе формируются два принципиально отличных друг от друга

рода нафтидов — прогрессивный и регрессивный гипергенный. Наряду с этими двумя генеральными направлениями в природе реализуются по меньшей мере еще три линии битумогенеза. Одна из них, лишь косвенным образом зависящая от тектонических причин, в основном обусловлена кратковременным, но обычно сильным пиролитическим воздействием горячего очага на рассеянные или концентрированные формы ОВ. Эта линия, которую можно назвать пиродеструктивным битумогенезом, ведет к образованию исключительно многообразных типов нафтоидов.

На этом как бы основном фоне битумообразования в литосфере протекают наложенные процессы, приводящие к формированию гибридных форм битумов. Один из них — это процесс образования нафтидо-нафтоидов, который осуществляется за счет динамо- и гидротермальной переработки ОВ и нафтидов. Его можно было бы назвать динамо-гидротермальным битумогенезом. Наконец, еще одна наложенная линия битумогенеза представлена фазово-миграционными процессами, о которых уже говорилось и которые исследованы И. С. Гольдбергом в [11—13]. Существование фазово-миграционных процессов наиболее реально проявляется на фоне регрессивного и прогрессивного нафтидогенеза, хотя вполне вероятно и на фоне динамо-гидротермального и пиродеструктивного битумогенеза.

Таким образом, биогенный битумогенез в целом как комплекс природных процессов распадается на четыре принципиальные генетические группы: образование нафтидов (прогрессивное и регрессивное), образование нафтидо-нафтоидов (динамо-гидротермальный битумогенез), образование нафтоидов (пиродеструктивный битумогенез) и образование асфальтенидов (фазово-миграционный битумогенез) [24, 25].

Если представить себе нафтидогенез прогрессивного рода как результат поэтапного прохождения ОВ и его дериватов через все стадии изменения осадков и пород в стратосфере от диагенеза к катагенезу и метагенезу, то его можно изобразить в виде обращенного вниз остроугольного треугольника, символизирующего убыль первоначальной массы исходного вещества [24]. В этой схеме прогрессивного битумогенеза можно выделить три зоны. Весь диагенез, начальную стадию катагенеза и верхний этап средней стадии катагенеза включая часть градации  $МК_1$  правомерно объединить под названием зоны прогрессирующего битумогенеза; часть градации  $МК_1$ , полностью градации  $МК_2$  и  $МК_3$ , а также часть градации  $МК_4$  средней стадии катагенеза — под названием зоны интенсивного битумогенеза. Остальная часть шкалы катагенеза и метагенеза может быть названа зоной деградирующего битумогенеза [24].

Битумы, формирующиеся в зоне прогрессирующего битумогенеза, носят название протонафтидов, в зоне интенсивного битумогенеза — мезонафтидов, а в зоне деградирующего битумогенеза — апонафтидов и метанафтидов. К нафтидам первого ряда, или протонафтидам, относятся так называемые диагенетические битумы [20]. К битумам второго ряда относятся первично-миграционные битумы, или вторые протонафтиды. Это определение не свидетельствует о прямой преемственности данных битумов по отношению к диагенетическим битумам. Первые и вторые могут быть сформированы лишь в обстановке, далеко не всегда проявляющейся, поэтому их взаиморасположение на схеме отвечает теоретической модели прогрессивного битумогенеза [24].

По своей генетической сущности вторые протонафтиды представляют собой миграционные формы ОВ ранних этапов миграции и аккумуляции УВ. Их основной геохимической особенностью является «незрелость». Она выражается в том, что нормальные алканы чаще всего не выходят за пределы интервала  $C_{14}$ — $C_{33}$ , реже  $C_{11}$ — $C_{33}$ , с максимумами при  $C_{17}$ — $C_{18}$ ,  $C_{19}$ — $C_{22}$  и  $C_{22}$ — $C_{25}$ . Отмечается повышенная кон-

центрация пристана и фитана. В ходе продолжающейся миграции эти битумы быстро обогащаются остаточными смолисто-асфальтовыми веществами, а также ароматическими структурами. Примером могут служить битумы куонамского горизонта восточного склона Анабарской антеклизы [26].

Третий ряд нафтидов (мезонафтиды) объединяет битумы еще формирующейся и/или сформировавшейся залежи. К нему относятся в основном малосмолистые нефти и мальты, хотя не исключены и асфальты [24]. В целом же, этот ряд отличается разнообразием термически зрелых битумов самого различного состава и соотношения УВ.

Четвертый ряд нафтидов (апонафтиды) образуется в условиях залежи, продолжающей погружаться, поэтому в его составе, кроме газа, газоконденсата, а также легких метановых и метаново-нафтеновых нефтей, продолжают накапливаться остаточные твердые битумы от гильсонитов до альбертитов. В карбонатных породах, претерпевших существенную перекристаллизацию, такие остаточные битумы представлены в основном низшими антраксолитами.

Типичные представители пятого ряда нафтидов, или метанафтидов, — пластовые или пластово-жильные формы импсонитов и антраксолитов. В карбонатных породах такие битумы представлены в основном средними и высшими антраксолитами [24, 25].

Регрессивный битумогенез в целом является наложенным процессом и может быть следствием гипергенного изменения прогрессивных

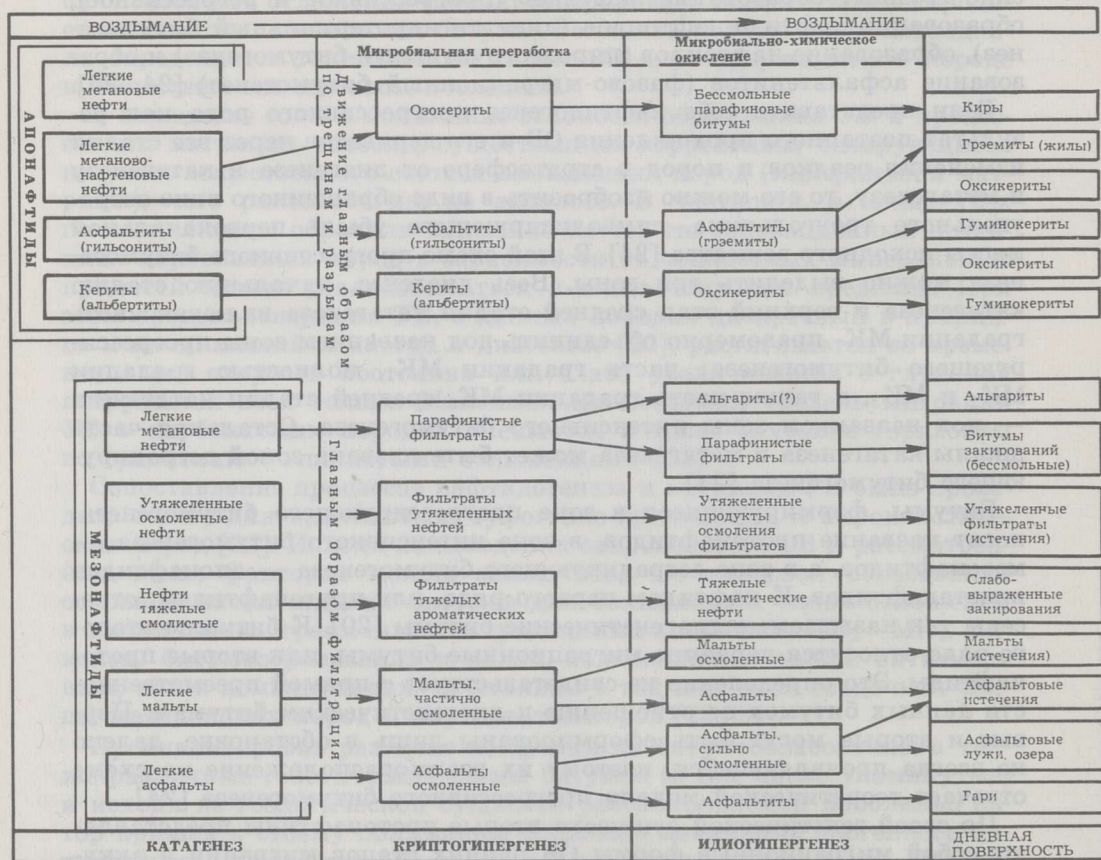


Рис. 1  
Принципиальная схема битумогенеза по линии нафтидов регрессивного рода на примере мезо- и апонафтидов (составлена с учетом данных [8, 10])

нафтидов любого ряда [24]. Эта неопределенность очень затрудняет создание единой принципиальной схемы регрессивного битумогенеза. В случае постепенного воздымания участка земной коры с битумами и поэтапного прохождения ее через зоны крипто- и идиогипергенеза исходные нафтиды последовательно претерпевают: 1) микробиальную переработку (в зоне криптогипергенеза), которую может сопровождать инфильтрация пластовых вод в слабоуплотненных гранулярных коллекторах; 2) микробиально-химическое окисление (в зоне идиогипергенеза). Наиболее четко эти превращения можно проследить на примере мезо- и апонафтидов, так как эти разновидности нафтидов образуют залежи и наиболее крупные проявления. Оба гипергенных фактора проявляются не одинаково в различных проявлениях битумов, например в пластовых залежах или трещинных и порово-каверново-трещинных каналах миграции. В каждом конкретном случае образуется совершенно определенный конечный продукт химической и биохимической дегградации исходных битумов (рис. 1).

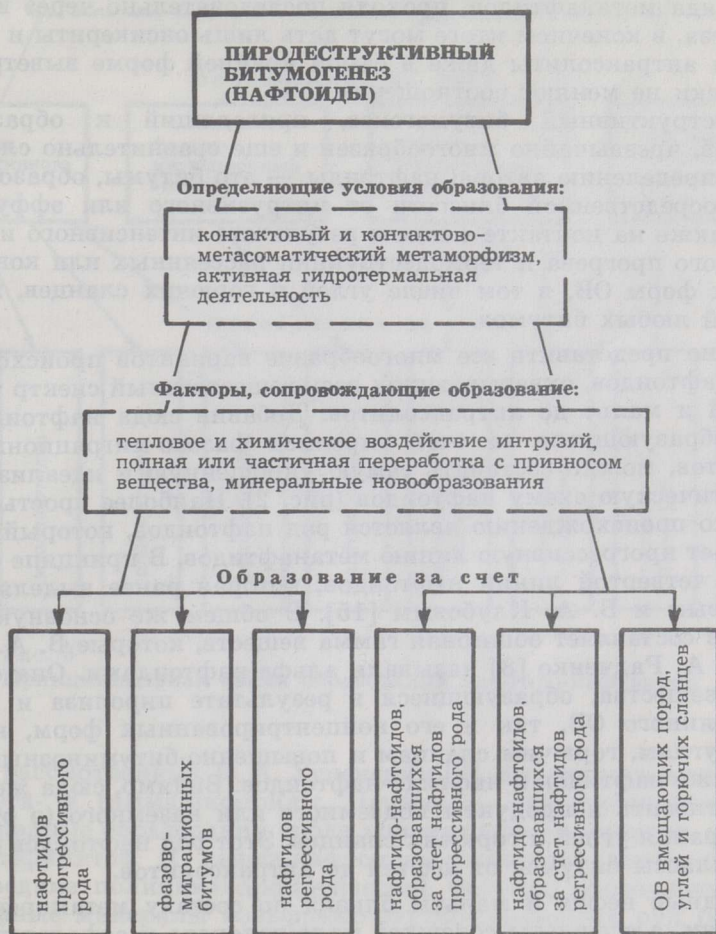


Рис. 2  
Принципиальная схема образования нафтоидов

В свое время В. А. Успенский с соавторами [8] обстоятельно описал различные типы гипергенного изменения нефтей, поэтому добавить здесь можно лишь следующее. На фоне естественного гипергенного превращения залежей битумов вполне могут иметь место также наложенные процессы — вроде оттока жидких битумов из уже сложившейся залежи под влиянием, например, аномально высокого пласто-

вого давления, повышенного газового фактора и т. п. Эти процессы могут протекать как через ненарушенную поровую систему, так и через систему разрывов и трещин. Не исключен и еще один, так сказать внутрiformационный, процесс деградации исходных битумных скоплений в результате метасоматических реакций в системе ОВ—битум—пластовая вода—порода.

В современном эрозионном срезе наибольшими масштабами отличаются выходы на дневную поверхность или близ нее бывших мезонафтидов — залежей окисленных тяжелых нефтей, мальт, асфальтов и асфальтитов. Вместе с тем, говоря о возможности перехода в регрессивные нафтиды битумов других рядов, например протонафтидов и метанафтидов, можно с уверенностью утверждать, что дело тут не только в масштабах явления. Хотя при гипергенном изменении протонафтидов должны иметь место те же процессы, здесь все же более реален процесс внутрiformационных превращений, особенно в сильно магнезиальных и сульфатизированных карбонатах. В свою очередь, кериты ряда метанафтидов, проходя последовательно через все зоны гипергенеза, в конечном итоге могут дать лишь оксикериты и гуминокериты, а антракосолиты даже в самой крайней форме выветривания практически не меняют соотношения С/Н.

Пиродеструктивный битумогенез, приводящий к образованию нафтоидов, чрезвычайно многообразен и еще сравнительно слабо изучен. По определению автора, нафтоиды — это битумы, образовавшиеся в непосредственной близости от интрузивного или эффузивного тела, а также на контакте с ним в результате интенсивного и катастрофического прогрева и термодеструкции рассеянных или концентрированных форм ОВ, в том числе углей и горючих сланцев, а также скоплений любых битумов.

Нетрудно представить все многообразие вариантов происхождения и типов нафтоидов, охватывающих весь вещественный спектр битумов от нефтей и мальт до антракосолитов. Добавив сюда нафтоиды, возможно, образующиеся за счет пиролиза фазово-миграционных асфальтенинов, можно составить самую упрощенную и идеализированную генетическую схему нафтоидов (рис. 2). Наиболее простым и понятным по происхождению является род нафтоидов, который как бы продолжает прогрессивную линию метанафтидов. В принципе он соответствует четвертой линии нафтоидов, которая ранее выделялась В. В. Ивановым и Б. А. Клубовым [15]. В общем же основную массу нафтоидов составляет обширная гамма веществ, которые В. А. Успенский и О. А. Радченко [8] называли альфа-нафтоидами. Она охватывает все вещества, образующиеся в результате пиролиза и возгона как рассеянного ОВ, так и его концентрированных форм, которые присущи углям, горючим сланцам и повышенно-битуминозным породам, а также нафтидов и нафтидо-нафтоидов. Видимо, сюда же следует пока относить и продукты подземного или наземного (в отвалах) самовозгорания углей и горючих сланцев. Этот род нафтоидов объединяет все классы битумов от нефтей до антракосолитов.

Нафтоидные нефти и мальты близки по составу метаморфизованным нефтям, а асфальты содержат мало водорода и асфальтенов (менее 10 %) и иногда характеризуются заметным преобладанием смол над асфальтенами, а в сумме первых — преобладанием кислых смол над нейтральными. Нафтоидные антракосолиты отличаются устойчиво высоким содержанием углерода, малой сернистостью и слабой окисленностью [25].

Еще один род нафтоидов объединяет редкие битумы, формирующиеся как микробособления в результате деструкции ОВ ксенолитов осадочных пород, захваченных магматическими расплавами [15].

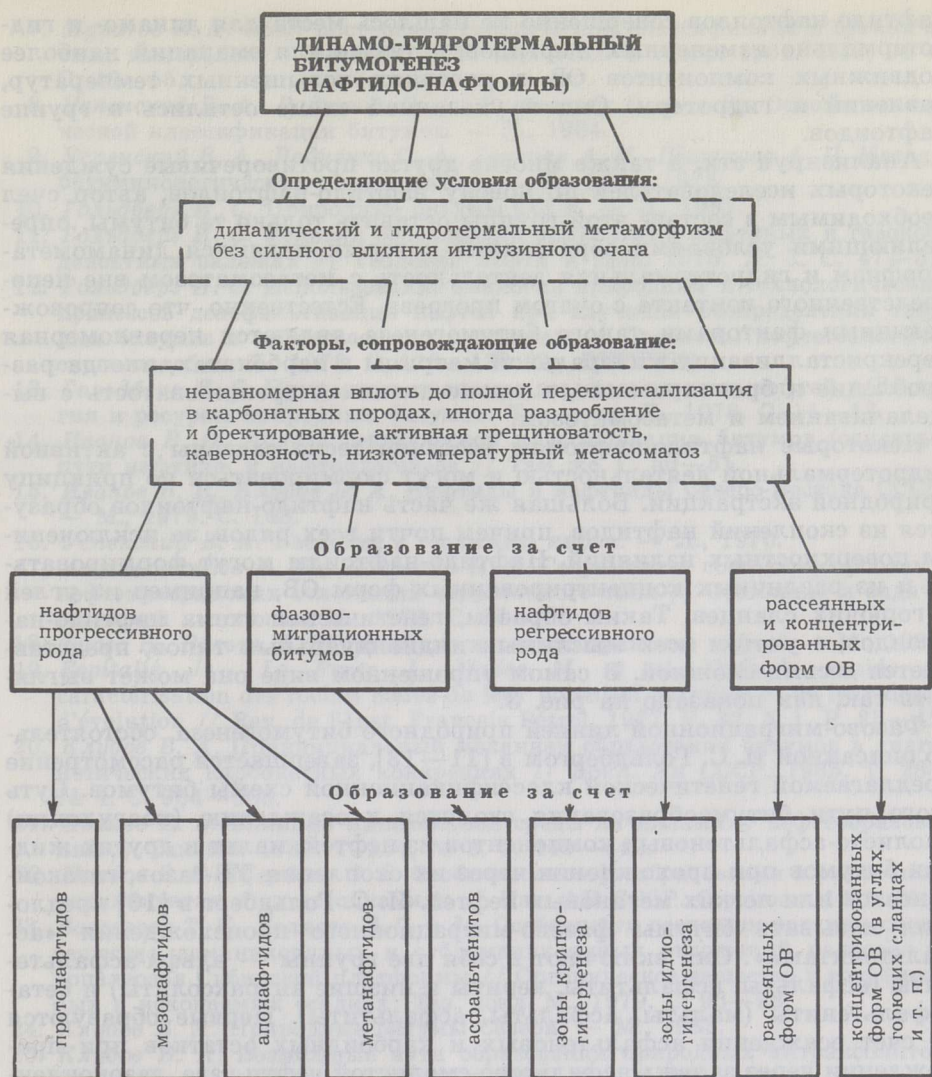


Рис. 3  
Принципиальная схема образования нафтидо-нафтоидов

Кроме рассмотренных В. А. Успенским [8], выделялись в свое время также бета- и гамма-нафтоиды. Первые — это достаточно чистые углеводородные образования вроде хризматитов, гатчетитов, вурцилитов и олефинитов. К гамма-нафтоидам относятся кертизитиды — крайне редкие полициклоароматические битумы, образующиеся как типоморфные минералы вольфрамо-ртутно-сурьмяных руд (карпатит и идриалин).

Обозначенные основные ряды нафтоидов в чистом виде в природе встречаются редко.

Динамо-гидротермальный битумогенез приводит к формированию сложной группы битумов, называемой нафтидо-нафтоидами. В. А. Успенский с соавторами [8] относил к нафтидо-нафтоидам лишь непере-мещенные продукты контактового метаморфизма скоплений твердых битумов (природные коксы) и пластовой залежи нефти (контактово-измененные нефти). В то же время в схеме В. А. Успенского в группе

нафтидо-нафтоидов совершенно не нашлось места для динамо- и гидротермально измененных нафтидов, а также для эманаций наиболее подвижных компонентов ОВ в условиях повышенных температур, давлений и гидротерм. Они в указанной схеме остались в группе нафтоидов.

Анализируя эти, а также многие другие противоречивые суждения некоторых исследователей по поводу нафтидо-нафтоидов, автор счел необходимым в составе этой группы оставить только те битумы, определяющими условиями образования которых являются динамометаморфизм и гидротермальная деятельность с метасоматозом вне непосредственного контакта с очагом прогрева. Естественно, что сопровождающими факторами такого битумогенеза являются неравномерная перекристаллизация минеральной матрицы в карбонатах, иногда раздробление и брекчирование, а также активная трещиноватость с выщелачиванием и метасоматозом.

Некоторые нафтидо-нафтоиды особенно тесно связаны с активной гидротермальной деятельностью и могут формироваться по принципу природной экстракции. Большая же часть нафтидо-нафтоидов образуется из скоплений нафтидов, причем почти всех рядов, за исключением поверхностных излиятий. Нафтидо-нафтоиды могут формироваться и из различных концентрированных форм ОВ, например из углей и горючих сланцев. Таким образом, генетическая схема нафтидо-нафтоидов, с учетом всех мыслимых индивидуальных типов, представляется весьма сложной. В самом упрощенном виде она может выглядеть так, как показано на рис. 3.

Фазово-миграционной линией природного битумогенеза, обстоятельно описанной И. С. Гольдбергом в [11—13], завершается рассмотрение предлагаемой генетической классификационной схемы битумов. Суть этого пути битумообразования сводится к осаждению (коагуляции) смолисто-асфальтеновых компонентов из нефтей, мальт и других жидких битумов при прохождении через их скопления УВ-газов, газоконденсатов или легких метановых нефтей. И. С. Гольдберг в [10] предложил называть битумы фазово-миграционного происхождения «асфальтенитами». Они включают в себя две группы — альфа-асфальтениты (асфальты, асфальгиты, кериты и низшие антраксолиты) и бета-асфальтениты (мальты, асфальты, асфальтиты). Первые образуются за счет осаждения асфальтеновых и карбоидных остатков при прохождении через залежь асфальтово-смолистой нефти газа, газоконденсата или легких метановых нефтей. Вторые формируются в результате сгущения тяжелых нефтей при нарушении в них равновесного состояния в ходе движения через них бензинистых разностей.

Автор представляет предлагаемую схему как один из возможных вариантов подхода к генетической классификации природных битумов, необходимость создания которой давно назрела и без которой нельзя целенаправленно и научно обоснованно решать проблему освоения ресурсов этих важных полезных ископаемых.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абрагам Г. Асфальты и другие битумы. — М.; Л., 1934.
2. Лиллей Э. Р. Геология нефти и природного газа. — М.; Л., 1938.
3. Леворсен А. Геология нефти и газа. — М., 1970.
4. Хант Дж. Геохимия и геология нефти и газа. — М., 1982.
5. Губкин И. М. Учение о нефти. — М., 1975.
6. Муратов В. Н. Органические минералы (группы нафтидов и нафтоидов) // Спутник полевого геолога-нефтяника; Изд. 2-е. М., 1954. Т. 1.



7. Муратов В. Н. Опыт построения генетической классификации и органических минералов // Вестник ЛГУ. Сер. геол. и геогр. 1961. Т.18, № 3. С. 42—55.
8. Успенский В. А., Радченко О. А., Глебовская Е. А. и др. Основы генетической классификации битумов. — Л., 1964.
9. Успенский В. А., Радченко О. А., Горская А. И., Шишкова А. П. Методы битуминологических исследований. — Л., 1964; 1975.
10. Гольдберг И. С. Природные битумы СССР. — Л., 1981.
11. Гольдберг И. С. Условия образования асфальтов в нефтяных и газоконденсатных залежах // Геология нефти и газа. 1975. № 5. С. 47—51.
12. Гольдберг И. С. Использование аналогии природных и технологических процессов деасфальтизации нефтей при изучении распределения твердых битумов в нефтегазоносных пластах // Проблемы нефтегеологического подобия. Л., 1978. С. 116—130 (Тр. ВНИГРИ).
13. Гольдберг И. С. Природные процессы деасфальтизации нефтей // Геология и ресурсы природных битумов: Тез. докл. Л., 1978. С. 11—13.
14. Иванов В. В. Модель генетической классификации битумов (основные пути нафтидо- и нафтоидогенеза // Там же. С. 50—51.
15. Иванов В. В., Клубов Б. А. Нафтиды и нафтоиды Северо-Востока СССР. — М., 1979. С. 148.
16. Успенский В. А. Введение в геохимию нефти. — Л., 1970.
17. Акрамходжаев А. М., Вассоевич Н. Б. Современное состояние проблемы нефтематеринских отложений терригенного типа // Состояние и задачи советской литологии. М., 1970. С. 87—95.
18. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. — М., 1981.
19. Espitalié J., La Porte J., Madec M. et al. Méthode rapide de caractérisation des roches mères de leur potential pétrolier et de leur degré d'évolution // Rev. de l'Inst. Français Pétrol. 1977. V. 32, N 1. P. 23—42.
20. Клубов Б. А. Принципиальный механизм образования битумов в диагенетических карбонатных конкрециях // Докл. АН СССР. 1985. Т. 284, № 4. С. 964—968.
21. Иванов В. В. Влияние минеральной среды на динамику нефтеобразования // Там же. 1980. Т. 254, № 2. С. 440—442.
22. Иванов В. В., Щербань О. В. Особенности нефтеобразования в различных седиментитах и их ассоциациях // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1981. № 2.
23. Баженова Т. К., Беляева Л. С. и др. Особенности геохимии органического вещества доманикоидных и субдоманикоидных отложений палеозоя и допалеозоя Сибирской платформы // Органическое вещество в современных и ископаемых осадках: Тез. докл. М., 1979. С. 96—98.
24. Клубов Б. А. Природные битумы Севера. — М., 1983.
25. Клубов Б. А. Возможные пути образования природных антраксолитов // Литол. и полезные ископаемые. 1985. № 4. С. 121—131.
26. Клубов Б. А., Гревцев А. В., Щербань О. В. Нафтидогенез и вторичные изменения в породах куонамского горизонта Сибирской платформы в свете новых литолого-битуминологических данных // Пути эволюции органического вещества в земной коре: Сб. науч. тр. Л., 1984. С. 110—119.

Представил Д. Л. Калью

Всесоюзный нефтяной геолого-  
разведочный институт (ВНИГРИ)  
г. Ленинград

Поступила в редакцию  
11.12.1987

## A PRINCIPAL MODEL OF BITUMENS FORMATION IN THE LIGHT OF NEW DATA

In the paper, the origin of bitumens has been discussed. It has been pointed out that most specialists in the world consider them to be of organic (biogenic) origin. It has been confirmed that the interval of formation of the great bulk of liquid bitumens is restricted by the gradations of katagenesis  $IK_2-MK_3$ . Based on the direction of tectonic movements of the earth's crust and on the main geological processes a new principal model of formation of bitumens has been proposed.

In the author's opinion, besides two general lines of naphthidogenesis (progressive and regressive), another three lines of bitumogenesis are realized to a lesser degree. Biogenic bitumogenesis as a complex of natural processes is divided into four genetic groups: formation of naphtides (progressive and regressive), formation of naphthide-naphtoids (dynamic hydrothermal bitumogenesis), formation of naphthoids (pyrodestructive bitumogenesis) and formation of asphaltthenites (phasal-migrational bitumogenesis).

*All-Union Research Institute  
of Oil Prospecting  
Leningrad*

1. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...
6. ...