

*В. М. ГУБНИЦКИЙ*

## **ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ БИТУМОНОСНЫХ СКОПЛЕНИЙ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ВОЛЖСКО-КАМСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ**

*V. GUBNITSKY*

### **NATURAL FACTORS IN THE FORMATION OF BITUMINOUS ACCUMULATIONS IN THE SOUTHEAST OF THE VOLGA—KAMA ARCH**

Изучение причин формирования битумоносных скоплений — один из важнейших этапов прогнозной оценки территорий как источника битумного сырья. В этом плане в качестве дополнительного источника углеводородов (УВ) наибольший интерес представляют природные битумы (ПБ) низших классов нефтяной линии битумогенеза (мальты—асфальты—асфальтиты), территориально связанные с зонами региональной нефтегазоносности и обладающие повышенным УВ-потенциалом.

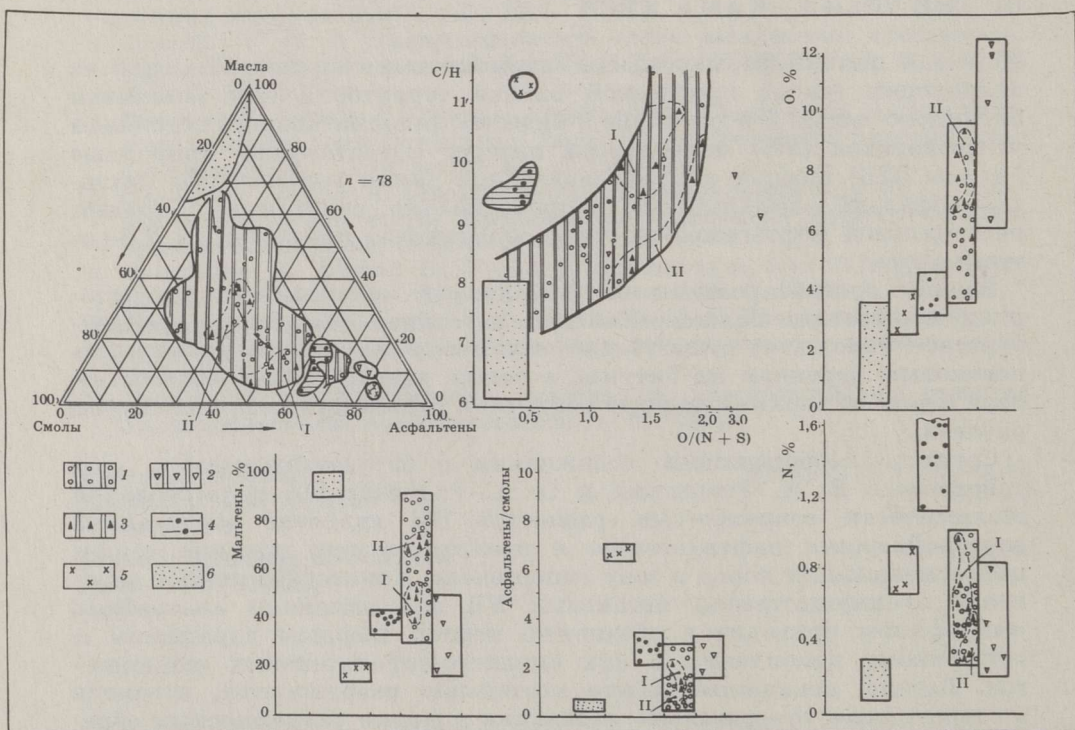
Задачу прогнозирования битумоносности на обширных территориях юго-востока Волжско-Камской антеклизы (Куйбышевско-Оренбургское Заволжье) существенно осложняет их слабая изученность поисковым бурением на битумы, а также недостаточные объемы отбора керн из верхних отделов осадочной толщи при нефтепоисковых работах.

Согласно теоретическим положениям о битумообразовании, разработанным В. А. Успенским и О. А. Радченко [1], формирование геохимически сопряженных разностей ПБ является реализацией основной линии нефтидогенеза и происходит при подъеме толщи нефтемещающих пород в зону гипергенеза. Криптогипергенное окисление преимущественно метановых УВ под влиянием анаэробной микрофлоры приводит к обеднению нефтей твердым парафином и остаточному накоплению в них смолисто-асфальтеновых компонентов. Легкие подвижные нефти постепенно разрушаются, переходя в современные «омертвелые» скопления в форме битумоносных образований и тяжелых высоковязких нефтей (ВВН).

В пермских отложениях юго-восточных районов Волжско-Камской антеклизы скопления ПБ установлены на Южно-Татарском и Жигулевско-Пугачевском сводах, в Сокской седловине, Бузулукской впадине и Предуральском прогибе. Здесь выявлено уже свыше 40 месторождений (МР) битумов и пунктов битумопроявлений.

К территориям с повышенной частотой обнаружений ПБ и ВВН в палеозойском разрезе относится обширная зона, включающая большую часть Мелекесской впадины, Сокской седловины и южного склона Южно-Татарского свода. Будучи территорией максимального палеогипергенного разрушения нефтей, она является наиболее благоприятной зоной для поиска битумоносных скоплений, которые представляют собой останцы ранее существовавших нефтяных залежей. В вос-

точном и юго-восточном направлениях битумы и тяжелые нефти постепенно замещаются нефтями с более низкими значениями вязкостно-плотностных характеристик, газами и далее в Оренбуржье — газоконденсатами. Определяющим фактором формирования битумов на данной территории являются гипергенные процессы (первая группа ПБ — «гипергениты»). Среди битумов первой группы обнаружены представители всех классов нафтидной линии битумогенеза — мальты, асфальты, асфальтиты (рисунок), которые вместе с тяжелыми нефтями составляют полный комплекс дериватов гипергенной эволюции УВ в недрах. Совместное формирование на соседних площадях, а часто и в одной залежи (Бахилловское, Верхне-Орлянокое, Старо-Семенкинское МР), целой гаммы нафтидов отражает возрастающую (от нефтей к асфальтитам) степень разрушения их УВ-основы. Повышенная битумонасыщенность и лучшая сохранность УВ-составляющей битумов более характерна для центральных участков залежей, особенно линзовидного типа, для которых доля масел в групповом составе битума превышает 25 % (таблица). Это обстоятельство опре-



Диаграммы состава битумов: тектонические зоны: I — Жигулевско-Пугачевский свод, II — Южно-Татарский свод; группы битумов: 1—3 — гипергениты (1 — внутренних зон пластовых и линзовидных залежей, 2 — периферийных, гаревых зон линзовидных залежей, 3 — обнажений), 4 — асфальтенины, 5 — пирогениты, 6 — нефти; n — число проб

Diagrams of bitumen composition: tectonic zones: I — Zhigulevsky-Pugachovsky vault, II — South-Tatarian vault; bitumen groups: 1—3 — hypergenites (1 — in interior zones of sheet-like and lenticular deposits, 2 — in peripheral zones of lenticular deposits, 3 — in outcrop areas), 4 — asphaltenites, 5 — pyrogenites, 6 — oil; n — number of samples

## Химико-битуминологические показатели природных битумов различного генезиса, %

## Chemico-bituminological characteristics of natural bitumens of different genesis, %

Показатель	Гипергениты			Асфальтени- тены	Пирогениты
	Глубина залегания, м				
	2—300		0	20—400	1—15
	Содержание битума, %, и число проб (в скобках)				
	4—20 (20)	1—5 (7)	1—7 (6)	60—100 (6)	60—100 (3)
Групповой состав					
Масла	16—64	8—42	8—40	5—21	2—8
Смолы	15—60	10—40	25—50	11—36	11—14
Асфальтены	10—51	30—50	28—60	58—70	80—86
Элементный состав					
С		76,0—82,1		76,0—80,0	81,0—83,0
Н		8,3—10,7		7,0—9,0	6,0—8,0
S		3,8—7,5		6,9—7,8	7,0—8,0
N		0,2—1,0		1,2—1,7	0,7—0,9
O	3,2—10,0	6,0—14,4	5,5—15,0	2,5—4,2	2,5—3,9

Примечание. Возраст всех пород  $P_1$ — $P_2$ ; условия залегания: гипергениты — в битуминозных песчаниках и доломитах, в зонах внутренних периферийных обнажений, асфальтенины и пирогениты — в жилах.

деляется тем, что на раннем этапе, когда залежи существовали в форме нефтяных скоплений, за счет отсутствия непосредственного контакта УВ с подстилающими водами обеспечивалось ослабление гидробиохимического разрушения УВ.

В элементном составе битумов группы гипергенитов прослеживается зависимость между атомными отношениями С/Н и О/(N + S). Увеличение доли полициклических, в первую очередь конденсированных ароматических структур, составляющих основу смол и, особенно, асфальтенов, сопровождается одновременным ростом содержания углерода и кислорода. Варьирующее (от 3,2 до 10,0 %) содержание кислорода в битумах из внутренних зон битумоносных залежей отражает крайне неравномерное влияние собственно окислительных процессов в преобразовании их УВ-составляющей. В битумах из обрамляющих «гаревых» зон скоплений доля кислорода возрастает до 14,4 %.

В плане прогноза битумоносности значительный интерес представляют аструктурные формы распределения битумов в залежах Самаролукской и Сокско-Шешминской битумных зон. Отсутствие битумных полей в сводовых зонах ряда поднятий вызвано перестройкой структурного плана в позднеальпийское время [4], то есть после завершения основного этапа формирования нафтидов в осадочной толще Урало-Поволжья. В то же время низкая миграционная способность дегазированных (в приповерхностных условиях) флюидов, даже на стадии их существования в виде нефтяных скоплений, не позволяет рассматривать аструктурное залегание битумов как результат стекания флюидов по склонам поднятий, находящихся выше местного базиса эрозии [2]. Если бы подобное перемещение имело место, основная масса тяжелых, более сорбируемых породами разностей ПБ сохранилась бы в сводовых зонах, тогда как в большинстве аструктурных

залежей битум в сводовых участках либо полностью отсутствует (Исакилинское, Якушкинское, Печерское МР), либо заполняет лишь часть объема структуры (Буз-Вашское МР), причем присводовые зоны чаще выполнены более подвижными его разновидностями.

Жильные битумы северо-восточного борта Бузулукской впадины (вторая группа ПБ), приурочены к территории, где в осадочном разрезе развиты нефти узкого плотностно-вязкостного диапазона, а в отложениях верхней перми встречаются многочисленные скопления свободных газов. В групповом составе битумов Бузулукской впадины содержание асфальтенов составляет 58—70 %. Подчиненное значение в формировании ПБ данной тектонической зоны собственно окислительных процессов убедительно иллюстрируется минимальным (по сравнению с соответствующим показателем для остальных типов скоплений ПБ) содержанием кислорода 2,5—4,2 %, максимальным — азота (1,2—1,7 %) и повышенным атомным отношением С/Н (9,5—10,0 %). Лишь в приповерхностных образцах асфальтита (Садкинского МР) концентрация кислорода эпизодически повышается до 6,5—15,5 %. В приповерхностных зонах залежей жильных асфальтитов сочетаются два процесса: ведущий, связанный с формированием основы состава битумов (массовое осаждение асфальтенов), и дополнительный, проявление которого фиксируется на локальных участках залежей ПБ (собственно аэрация).

При контакте тяжелых, высокосмолистых нефтей с газами и газоконденсатами, обогащенными в центральных районах Урало-Поволжья алканами  $C_2—C_6$ , и происходит массовое выделение асфальтенов с образованием битумов особого генезиса — «асфальтенитов» [3]. Формирование битумов второй группы явилось результатом динамически протекавшего в пермско-каменноугольной толще пород взаимодействия разнородных по составу флюидов на путях миграционной разгрузки по дизъюнктивным нарушениям.

Участки сосредоточения асфальтенитов могут трассироваться двумя показателями: наличием явно вторичных (по генезису) газовых залежей в верхнепермских отложениях и достаточно однородным составом нефтей (в разрезе многопластовых месторождений) на фоне регионально выраженной вертикальной зональности в составе флюидов. В этом плане образование асфальтового слоя в зоне ВНК ряда нефтяных месторождений Среднего Поволжья [4] можно рассматривать как частный случай более общего процесса выпадения асфальтенов в осадочной толще нефтегазоносных бассейнов. Судя по тектонической приуроченности мелекесских битумов к Татарскому палеосводу [5], территория скоплений битумов данной группы — единственная в центральных районах Урало-Поволжья депрессионная зона с регионально выраженной битумоносностью. Именно для Бузулукской впадины характерен определенный комплекс геолого-геохимических показателей: более выдержанный состав битумов, подчиненная роль поверхностных битумопроявлений и явно глубинный источник поступления части битумоформирующих флюидов.

Безусловно, природные процессы формирования ПБ достаточно многогранны и не всегда вписываются в единую схему. В конкретных геологических условиях образование битумоносных скоплений может происходить под влиянием нескольких факторов. Так, например, формирование Садкинского МР жильных асфальтитов в результате излияния каменноугольной нефти в тектоническую трещину протекало более интенсивно из-за активного деасфальтирующего воздействия низших алканов, высокие концентрации которых в пермских отложениях данного района обеспечивались многочисленными скопле-

ниями легких нефтей и газов. Поскольку формирование битумов второй группы лимитируется жесткими геолого-геохимическими условиями, скопления асфальтенитов встречаются гораздо реже, чем битумоносные скопления группы гипергенитов. В то же время отсутствие явной связи между скоплениями асфальтенитов и зоной гипергенеза существенно расширяет стратиграфический и гипсометрический диапазон их поиска.

По характеру соответствия зон регионального битумо- и нефтенакопления, а также по составу самих битумов выделяется особая группа скоплений, приуроченная к сопредельной территории Предуральяского прогиба и складчатого Урала (Жаировско-Губерлинская битумная зона), где битумоносные скопления сосредоточены вне сферы региональной нефтегазоносности и отличаются преимущественным развитием асфальтито-керитовых разностей (третья группа ПБ — «пирогениты»). Образование скоплений битумов имеет, вероятно, нафтидо-нафтоидную природу, то есть связано с интрузивно-гидротермальным воздействием внешних факторов на нефтяные палеоскопления или на ранее существовавшие битумопроявления мальт, связанных с нарушенными нефтяными залежами. Состав битумов третьей группы отражает сложный, многоэтапный процесс их формирования, включающий глубокие метаморфические преобразования исходных нефтей до высокоуглеродистых дериватов и последующее наложение процессов окисления (выветривания). Подчиненная роль окислительных процессов в образовании пирогенитов подтверждается минимальным (в ряду других групп ПБ Среднего Поволжья) содержанием в битумах свободного кислорода — 2,5—3,9%. У битумов третьей группы атомное отношение С/Н возрастает до 11,3—11,9 при одновременном снижении содержания азота до 0,7—0,9%. Доминирующее влияние асфальтеновой составляющей иллюстрируется на графиках большим чем обычно значением отношения асфальтены/смола (6,5—7,2) при одновременном уменьшении содержания мальте-нов (до 14—19%) и масел ( $\leq 8\%$ ) (рисунок).

На основании геолого-геохимических показателей разработана схема прогноза битумоносности пермских отложений Куйбышевско-Оренбургского Заволжья с дифференциацией по группам скоплений ПБ различного генезиса.

К территориям для первоочередных битумопоисковых работ (с повышенной концентрацией скоплений) отнесены Шенталинская и Сокско-Шешминская зоны поднятий, а также юго-восточный склон Южно-Татарского свода. Здесь возможны скопления с достаточно выдержанной битумонасыщенностью пород (3—8%) и широким спектром состава самих битумов: от тяжелых нефтей и мальт до асфальтов и — реже — асфальтитов.

К территориям второй очереди отнесены Сокская седловина, Ставропольская депрессия, юго-восточный борт Мелекесской впадины, северный борт Бузулукской впадины, для которых характерна несколько меньшая частота поверхностных и глубоких битумопроявлений. Сюда же можно условно отнести Боровско-Залесскую группу поднятий и северную часть Восточно-Оренбургского сводового поднятия. Благоприятные в целом предпосылки битумоносности данной зоны определяются ее общим структурно-приподнятым планом, близостью к основным районам битумоносности и возрастанием значений плотно-вязкостных характеристик нефтей пермско-каменноугольных отложений ряда месторождений.

Территории для третьей очереди поисковых работ охватывают Самаролукскую (Южно-Жигулевскую) зону поднятий, северную часть

юго-восточного склона Жигулевско-Пугачевского свода и отличаются от первых двух зон весьма переменной степенью битумонасыщения: от 15—20 % для максимально насыщенных (для Урало-Поволжья) разностей (Первомайское и Бахилловское месторождения ПБ) до 1,5—2,0 % для «бедных» пород (Алексеевское МР). В качественном аспекте на территориях третьей очереди работ следует ожидать несколько большей доли асфальтитов.

Для первоочередного поиска гомогенных скоплений асфальтитов с максимальной (для Урало-Поволжья) битумонасыщенностью пород (60—100 %) наибольший интерес представляют верхне- и нижнепермские отложения северо-восточного борта Бузулукской впадины и сопредельного района юго-восточного склона Южно-Татарского свода. Территория Соль-Илецкого свода, восточного участка Бобровско-Покровского вала и сопредельного участка юго-восточного борта Бузулукской впадины (южнее Родинско-Никольского МР), где в мощной толще пермских пород развиты скопления газоконденсатов и свободных газов с повышенным (до 2—20 %) содержанием УВ  $C_2$ — $C_6$ , можно рассматривать как потенциальный резерв битумов асфальтенитового генезиса на глубинах более 500 м. Значительные запасы эпибитумов в газоконденсатной залежи Оренбургского МР служат убедительным подтверждением такого прогноза.

## SUMMARY

The study of factors responsible for the accumulation of natural bitumens (NB) is an important stage in predicting of bituminous raw materials reserves in the territory under consideration.

In Permian deposits located in the southeast of the Volga—Kama arch (Kuibyshev—Orenburg province) more than 40 bitumen fields have been discovered.

Geochemical variations in bitumen composition permit an evaluation of the peculiarities observed in oil palaeodeposits destruction. On this basis, three groups of NB — “hypergenites”, “asphaltenites” and “pyrogenites” have been distinguished in the region explored (see the Table).

In the Melekess trough, Sok saddle and the South-Tatarian vault, bitumens have primarily accumulated under the effect of hypergenesis. Hypergenites, bitumens of the first group, are represented by all naphthede line classes of bitumen genesis (malthas, asphalts, asphaltides).

Asphaltenites, bitumens of the second group, which are represented by homogenous accumulations of veined bitumens in the Buzuluk trough, were formed as a result of intensive deposition of asphaltenes under the interaction of heavy highly resinous oils with gases and gas condensates (enriched in alkanes  $C_2$ — $C_6$ ) in the course of migrational segregation of hydrocarbons along disjunctive dislocations. For the bitumens of this group asphaltene concentrations amount to 58—83 % (see the Figure).

Pyrogenites, the third group of bitumen accumulations, are located in the vicinity of the adjacent submontane trough of the Folded Urals. These formations are of naphthede-naphthoid genesis. In the bitumens of the third group, the atomic ratio C/H ranges from 11.3 to 11.9 %.

On the basis of geological and geochemical indications, a scheme has been compiled for prospecting of bituminous accumulations of different origin in the Kuibyshev—Orenburg province.

The area of the southern plunge of the South-Tatarian vault is considered as the most promising region for prospecting of the maltha-type bitumen accumulations. Vast spaces in central, southern and southeastern parts of the Orenburg District, where Permian deposits contain gas accumulations with high (2—20 %) concentrations of heavy hydrocarbons  $C_2$ — $C_6$ , show a promise in terms of asphaltenite bitumens prospecting.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Успенский А. А., Радченко О. А., Глебовская Е. А. Основы генетической классификации битумов // Тр. ВНИГРИ. Вып. 230. Л., 1964.
2. Гисмагуллин Р. М., Валеев Р. Н. Основные типы битумных месторождений // Геология битумов и битумовмещающих пород. М., 1979. С. 45—58.
3. Гольдберг И. С. Условия образования асфальтитов в нефтяных и газоконденсатных залежах // Геология нефти и газа. 1975. № 5. С. 47—51.
4. Аширов К. Б. Геологическая обстановка выпадения асфальтенов в нефтяных пластах и влияние их на разработку и нефтеотдачу // Там же. 1964. № 12. С. 30—33.
5. Лобов В. А., Валитов Н. Б. и др. Особенности изменения свойств нефтей Ромашкинского месторождения в связи с условиями его формирования // Новые данные по геологии и нефтеносности Волго-Камского края // Тр. Геол. ин-та. Вып. 30. Казань, 1971. С. 5—10.

*Волжское отделение  
Института геологии и разработки  
горючих ископаемых  
г. Самара*

*Institute of Geology  
and Combustible Resources Exploitation,  
Volga Department  
Samara*

*Представил В. Пуура  
Поступила в редакцию  
21.05.90*

*Presented by V. Puura  
Received 21.05.90*