

Э. М. ХАЛИМОВ, И. М. КЛИМУШИН, Н. И. МЕССИНЕВА

РЕСУРСЫ ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ В СССР И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ОСВОЕНИЯ

Советский Союз — единственная крупная промышленная страна, которая полностью обеспечивает себя топливом и энергией за счет собственных природных ресурсов, а также экспортирует их в значительных объемах. Перспективная энергетическая программа СССР предусматривает расширение энергетической базы и дальнейшее качественное совершенствование топливно-энергетического комплекса. Одним из наиболее перспективных и вместе с тем наименее освоенных источников его расширения являются природные битумы (ПБ).

Основные свойства природных битумов

Природные битумы относятся к группе вязких и твердых нафтидов и представляют собой смеси высокомолекулярных углеводородных соединений, являющихся продуктами различных, преимущественно гипергенных, преобразований нефтей [1]. Выделяют несколько классов ПБ (табл. 1). Их фазовое состояние и физико-химические свойства зависят, главным образом, от содержания асфальто-смолистых компонентов. Основные классификационные параметры выделения различных классов ПБ, позволяющие отделять их от нефтей, следующие: вязкость (или температура плавления), плотность, содержание масляных фракций, а также серы и металлов [2, 3].

Вязкость — одна из важнейших физико-химических характеристик ПБ, определяющая их подвижность и условия извлечения из недр. Многие исследователи в качестве нижней границы вязкости ПБ называют величину $10 \text{ Па} \cdot \text{с}$ [1, 3—5]. Плотность ПБ большинства отечественных месторождений превышает $0,965 \text{ г/см}^3$. Исключение составляют озокериты, отличающиеся от других классов ПБ повышенным содержанием парафинов (7,0—43,6%) и пониженной плотностью.

Скопления ПБ в СССР довольно многочисленны. Основные запасы находятся на территории Волго-Уральской, Лено-Тунгусской и Тимано-Печорской нефтегазоносных провинций. Известные скопления залегают на глубинах до 500 м. Обнаружены они главным образом попутно — при поисково-разведочных работах на нефть и газ или в ходе полевых геологических исследований [4].

Ресурсы природных битумов и их характеристика

Согласно экспертным оценкам, которые в 1978 г. впервые дали Всесоюзный нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт (ВНИГРИ) и Всесоюзный научно-исследовательский институт геологии нерудных ископаемых (ВНИИгеолнеруд), Советский

Союз обладает значительными ресурсами ПБ. Соотношение различных категорий ПБ (по сведениям о более чем 300 скоплениях) выглядит следующим образом: ресурсы категории $A+B+C_1$ составляют менее 0,1%, категория C_2 — 7,7, D_1 — 92,8%.

Таблица 1

Основные характеристики различных групп нефтидов

Нафтиды	Плотность, г/см ³	Вязкость, Па · с	Температура плавления, °С	Консистенция	Содержание		
					асфальтово-смолистых компонентов, %	серы, %	металлов, г/т
Нефти							
Обычные	<0,935	<0,03	—	Жидкая	<25	<2,0	>100
Высоковязкие	0,935—1,00	0,03—10,0	—	Вязко-жидкая	<35	<4,0	>300
Природные битумы							
Мальты	0,965—1,03	10,0—20,0	30—40	Вязкая	35—60	<10,0	>300
Асфальты	1,03—1,10	20,0—100,0	20—100	Полутвердая	60—75	<8,0	>800
Асфальтиты	1,05—1,20	>100	100—300	Твердая	>75	<8,0	>2000
Кериты, антраксолиты и пр.	1,07—2,00	—	Неплавкие	Твердая	>80	<8,0	—
Озокериты	0,85—0,97	—	50—85	Воскообразная	<50	—	—

Таблица 2

Группирование скоплений природных битумов (СПБ) СССР по величине балансовых запасов и прогнозных ресурсов

Ресурсы, млн. т	Группы СПБ	Количество СПБ, %	Ресурсы ПБ, %
Менее 1	Мелкие	38,1	0,7
1—10	Небольшие	37,6	8,2
10—100	Средние	21,8	49,3
100—500	Большие	1,7	10,5
Более 500	Крупные	0,8	31,3

По величине запасов и прогнозных ресурсов скопления битумов можно разделить на 5 групп (табл. 2). Больше других распространены мелкие и небольшие скопления, однако доля их ресурсов составляет всего 8,9%. В то же время 9 больших и крупных скоплений, расположенных в Восточной Сибири, Коми и Татарской АССР и в Архангельской области, содержат чуть меньше половины всех общесоюзных прогнозных ресурсов ПБ. Большая часть ресурсов (59,2%) приурочена к залежам, продуктивные пласты которых слагаются карбонатными породами, около одной трети (31,0%) находится в залежах, сложенных терригенными породами (табл. 3). Такое соотношение отмечается в основных районах развития скоплений ПБ — Татарской, Якутской и Коми АССР. Почти половина общесоюзных ресурсов (43,1%) содержится в залежах, имеющих выход на поверх-

ность земли. Однако это главным образом мелкие и небольшие залежи. Исключение составляют скопления ПБ Восточной Сибири, Коми АССР, Архангельской и Мангышлакской областей.

Основные запасы и ресурсы ПБ страны (87,2%) содержатся в породах с низким (1—3%) и средним (3—5%) содержанием битума. Причем в таких крупных районах битумоаккумуляции, как Восточная Сибирь и Коми АССР, практически все прогнозные ресурсы связаны с коллекторами, в которых наблюдается низкое содержание битума (табл. 3). Скопления с высоким содержанием битума (свыше 10%) распространены на территории Оренбургской, Куйбышевской, Мангышлакской, Гурьевской, Актюбинской областей и на Сахалине, однако они относятся к группе мелких и небольших.

Таблица 3

Характеристика запасов и прогнозных ресурсов природных битумов СССР, %

Характеристики пород, залежей и битумов	Всего	Нефтегазоносные провинции		
		Волго-Уральская	Лено-Тунгусская	Тимано-Печорская
По литологии пород				
Терригенные	31,0	25,1	31,2	24,0
Карбонатные	59,2	64,9	57,9	76,0
Терригенно-карбонатные	9,8	10,0	10,9	—
По глубине залегания скоплений ПБ, м				
менее 50	43,1	4,1	100,0	58,0
50—300	53,5	92,8	—	—
свыше 300	1,4	3,1	—	42,0
По содержанию битума в породе, %				
1—3	48,7	15,4	99,59	38,0
3—5	38,5	62,9	0,24	59,0
5—10	10,8	18,8	0,12	3,0
более 10	2,0	2,9	0,05	—
По классам битумов				
Мальты	46,9	29,9	76,1	—
Асфальты, асфальтиты	50,6	70,1	17,4	100,0
Кериты, антраксолиты	2,4	—	6,5	—
Озокериты	0,1	—	—	—

Природные битумы различных классов чаще всего залегают совместно. Так, в Татарской АССР в уфимских песчаниках при преимущественном содержании мальт в процентном отношении доминируют асфальты. В Восточной Сибири отмечается обратное соотношение (табл. 3). В некоторых областях развиваются отдельные классы битумов. Например, в Коми АССР, Архангельской, Оренбургской и Куйбышевской областях ПБ представлены классами асфальтов и асфальтитов, а в Ферганской впадине и на Украине — классом озокеритов. Скопления твердых разновидностей битумов — керитов, антраксолитов, шунгитов — выявлены на территории Якутской АССР и Карелии [1].

Сопутствующими компонентами в ПБ являются некоторые редкие металлы и сера. Почти во всех ПБ присутствуют в разных концентрациях ванадий и никель, а в последние годы обнаружены скандий, молибден, медь, бром, германий, титан [1]. Металлогения ПБ всесторонне изучалась во ВНИГРИ [6].

Опыт добычи и переработки природных битумов

Изучение отечественного и зарубежного опыта показывает, что существуют следующие способы извлечения ПБ:

1. Рудничные методы (включающие карьерные и шахтные очистные системы разработки): породу извлекают на поверхность, затем из нее экстрагируют битум и производят искусственное жидкое топливо (ИЖТ) и другие продукты.
2. Шахтные (дренажные) системы разработки: битум добывается в шахте без выемки битуминозной породы через дренажную систему скважин, пробуренных из горных выработок.
3. Скважинные внутрипластовые способы: битум извлекается через пробуренные с поверхности скважины за счет термического или иного воздействия на битуминозный пласт.

Рудничные методы добычи нефти и битумов в нашей стране имеют почти вековую историю. Известны колодцы, штольни и мелкие шахты в районах Поволжья и Кавказа. В начале XX в. шахтным очистным способом добывался озокерит на Западной Украине. С 1913 по 1943 г. на Шугуровском месторождении в Татарии осуществлялась добыча асфальтов из 4 штолен. Производительность построенного там завода достигала 500 тыс. м³ битуминозного песчаника. Опытная добыча битуминозных пород карьерным способом с 50-х гг. проводилась на месторождении Кирмаку в Азербайджане; величина вскрыши составляла 0,8 м, производительность карьера — 125 м³/сут [7, с. 70]. Открытые разработки велись на Ижемском месторождении асфальтитов (Коми АССР) и некоторых мелких месторождениях озокеритов в Средней Азии. Объемы добычи были небольшими, битумы использовались для местных нужд.

В настоящее время в разработке находятся Садкинское месторождение асфальтов в Оренбургской области и Бориславское озокеритовое месторождение. Разрабатывается ряд месторождений кировых пород в Казахстане, где они применяются в качестве дорожного и строительного материала [7, с. 5, 10].

За рубежом наибольший опыт карьерной добычи битумов накоплен в Канаде, где на базе уникального по запасам (120 млрд. т) битумного месторождения Атабаска работают два крупных комплекса по производству ИЖТ. Каждый из них включает карьер и обогатительный завод. Размеры разрабатываемых карьеров — 4,2×7,5 км, глубина — до 90 м, толщина вскрыши — 10—20 м. Первый комплекс — «Синкор» — функционирует с 1967 г., и его годовая производительность доведена до 3 млн. м³ ИЖТ, 90 тыс. т кокса и 100 тыс. т элементарной серы. Второй комплекс — «Синкруд» — введен в эксплуатацию в 1978 г. и имеет производительность 7,3 млн. м³ ИЖТ в год, 1000 т/сут элементарной серы и около 3 млн. м³/сут топливного газа. Комплекс планируется расширить, что позволит за 25 лет его существования получить 160 млн. т ИЖТ. По различным оценкам, себестоимость его добычи составляет 153—210 долларов за 1 т [1, 8, 9].

Шахтный способ испытывался во Франции, ФРГ, Румынии, Японии [10]. В последние годы интерес к шахтной добыче нефтей за рубежом значительно возрос, о чем свидетельствуют публикации о строительстве нефтяных шахт и туннелей на месторождениях Керн-Ривер в США, Атабаска в Канаде и Сарате Монтеору в Румынии [8—10]. Себестоимость добычи битума в проектируемой в Канаде термощахте оценивается в 35 долларов за 1 т.

По масштабам промышленной добычи высоковязкой нефти термощахтным способом выделяется Ярегское месторождение в Коми АССР. На отдельных его участках после 8—10 лет эксплуатации сохраняются высокий уровень добычи нефти (40—50%), а также достаточно высокие технико-экономические показатели. Себестоимость добычи высоковязкой нефти оказалась вполне сопоставимой с себестоимостью добычи обычных нефтей [10].

Скважинные методы добычи природных битумов и высоковязких нефтей широко опробуются с 50-х гг. в Канаде, США, Венесуэле и ряде других стран (Италии, Мексике, КНР). Известны 120 проектов, из которых 87 связаны с различными модификациями паротеплового воздействия. В большинстве проектов объектом исследования были выбраны залежи, представленные терригенными породами. Коэффициент извлечения битума оценивался при паротепловом воздействии в 20—45%, при внутрипластовом горении в 30—55%, а в отдельных случаях он достигал 60—75% [8].

В СССР опытные испытания скважинных методов добычи природных битумов проводятся на Мордово-Кармальском и Сугушлинском месторождениях Татарской АССР. На южном участке первого из них с 1978 г. ведется разработка двух пятиточечных элементов 50×50 м путем применения внутрипластового горения. По первому элементу (район скважины 12) получены следующие результаты: суммарная добыча битума 42,4% от величины накопленной жидкости, расход воздуха на добычу 1 м³ битума 2200 нм³, текущая битумоотдача 31—42% [7, с. 83]. На северном поднятии месторождения испытывается метод паротеплового воздействия. Циклическая закачка паровоздушной смеси, осуществляемая на одной из скважин, привела к существенному снижению вязкости битума — с 43,0 (при пластовой температуре) до 0,005 Па·с (при 150°C). Средний дебит скважины составил 0,55 м³/сут битума, паробитумное отношение — 5,7 т/т, обводненность — 12%.

На Сугушлинском месторождении с 1978 г. ведется опытная разработка элемента 10×10 м с применением внутрипластового горения. Суммарная добыча битума здесь составила 12% от накопленной добычи жидкости, что объясняется значительной вязкостью битума (сотни паскаль-секунд).

На этих двух месторождениях испытывались и другие скважинные методы добычи ПБ. Так, в 1980 г. на Мордово-Кармальском месторождении при испытании электромагнитного воздействия в течение 4 сут было извлечено 28,5 м³ битума при низкой обводненности продукции (всего 1%). На Сугушлинском месторождении (на участке, включающем две добывающие и две нагнетательные скважины, удаленные одна от другой на 6 м) за счет повышения температуры до 140°C существенно снизилась вязкость битума (с 9000 до 0,15 Па·с). Проведенные исследования показали, что нагрев отмечался по всему объему пласта.

Способы добычи ПБ во многом определяют методы их переработки. Рудничные способы добычи, при которых извлекается 80—90% битуминозных пород, позволяют комплексно использовать все минеральное сырье. Технологические схемы извлечения битума при этом способе можно подразделить на следующие виды: а) экстракция органическими растворителями, б) экстракция растворами поверхностно-активных веществ, в) термическое извлечение, г) комбинированные методы.

В СССР наибольшее развитие получили варианты «а» и «б». В опытах на битуминозных породах Шугуровского и Сугушлинского месторождений с применением водных растворов каустической и

кальцинированной соды и силиката натрия без активизации было извлечено 40—50% битума от потенциального содержания [7, с. 125]. При извлечении битума из терригенных пород некоторых месторождений Апшеронского полуострова раствором едкого натра при температуре 80°C удавалось отмыть до 60% ПБ [7, с. 133]. В опытах с кировыми породами месторождения Кара-Мурат (Казахстан) была достигнута очень высокая степень извлечения битума (более 95%) при использовании водного раствора силиката натрия и едкого калия при температуре 90—100°C [7, с. 135]. В случае применения растворителей иной основы — бензиновой фракции 50—130°C — извлечение битума из песчаников Шугуровского месторождения составляло 80—86% [7, с. 125]. Достаточно высокой оказалась степень извлечения битума (74—90%) и в опытах с применением паровоздушных смесей на породах месторождений Татарии и Азербайджана [7, с. 92, 129].

При разработке битумных месторождений шахтным (дренажным) и скважинным методами получают в основном ИЖТ. Наиболее детальные исследования физико-химических и товарных свойств таких топлив в нашей стране проведены Всесоюзным научно-исследовательским институтом углеводородного сырья (ВНИИУС). Установлено, что свойства и состав ПБ в значительной мере зависят от способа их извлечения (табл. 4). К примеру, при использовании внутрислоевого горения отмечается существенное снижение содержания металлов и появление механических примесей в ИЖТ [7, с. 109].

Таблица 4

Свойства и состав природных битумов, извлеченных различными способами (по данным ВНИИУС, 1982 г.)

Характеристика	Битум, полученный из скважины Мордово-Кармальского месторождения	Способ извлечения		
		Экст-ракция	ПТВ	ВГ
Плотность, г/см ³	0,961	0,942	0,953	0,936
Вязкость кинематическая, мм ² /с, T 50°C	247,5	—	135,9	46,7
Температура начала кипения, °C	150	—	144	131
Зольность, %	—	—	0,01	0,33
Содержание, %:				
воды	25—30	—	6,0	25,0
серы	4,1	3,6	3,5	3,7
ванадия	0,050	0,047	0,043	0,038
никеля	0,025	0,024	0,024	0,010
механических примесей	—	—	—	2,49

В лабораторных условиях было апробировано несколько схем переработки ПБ. Одна из них включает три варианта: битумный, битумно-масляный и топливный. Технико-экономическая оценка [7, с. 54] показала, что наилучшие показатели имеет битумный вариант: приведенные затраты на переработку 1 т битума по этому варианту в 1,8 раза ниже, чем по битумно-масляному, и в 2,7 раза ниже по сравнению с топливным вариантом.

Опыт добычи ПБ за рубежом и технико-экономические расчеты некоторых проектов в нашей стране свидетельствуют о том, что при планировании научно-исследовательских и опытно-промышленных работ в этой области следует ориентироваться на значительные капитальные вложения. Затраты на сооружение двух горноперерабатывающих комплексов в Канаде (с годовой производительностью около 8,5 млн. т ИЖТ) составили более 4 млрд. долларов [8].

Перспективы комплексного использования природных битумов

Многокомпонентный состав ПБ определяет их многоцелевое использование в различных областях народного хозяйства страны. Практически доказана целесообразность использования ПБ в качестве различного углеводородного, химического, строительного и металлургического сырья, при изготовлении медицинских препаратов, проведении гидроэлектрoизоляционных, антикоррозионных работ, а также при строительстве бесканальных теплотрасс.

В ближайшем будущем опытно-промышленная добыча ПБ может быть организована в тех районах страны, где сырьевая битумная база уже относительно подготовлена или ее подготовка не потребует значительных средств. Так, на территории Татарской АССР сосредоточены достаточно крупные разведанные запасы ПБ. Близость основных битумных месторождений к хорошо обустроенным нефтяным месторождениям позволяет считать этот район наиболее перспективным для организации опытной, а затем и промышленной добычи ПБ.

Согласно технико-экономическим расчетам Татарского научно-исследовательского и проектного института нефтяной промышленности (ТатНИПИнефть), в качестве первоочередных объектов выбраны 12 месторождений битумов (с суммарными запасами 79 млн. т), залегающих в продуктивных терригенных пластах уфимского яруса на глубинах до 200 м. При выполнении намеченных мероприятий за весь срок разработки месторождений методом внутрипластового горения (6—32 года) предполагается добыть 21,1 млн. т битума при средней битумоотдаче 30%. Методом паротеплового воздействия (6—21 год) запланировано добыть 5,5 млн. т битума при средней битумоотдаче 22%.

Прогнозные ресурсы природных битумов в карбонатных коллекторах весьма значительны (табл. 3). Прежде всего, целесообразно организовать опытные работы по испытанию шахтных способов добычи. По геолого-промысловым характеристикам для этого наиболее пригодны Карасинское и Горское месторождения. Опытно-промышленные работы по карьерной добыче ПБ, согласно исследованиям ТатНИПИнефть, следует начинать на участках Спиридоновской или Ново-Шугуровской залежи, а разработку штольнями — на Сортоводском и Шугуровском месторождениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольберг И. С. Природные битумы СССР (закономерности формирования и размещения). — Л., 1981.
2. Успенский В. А., Радченко О. А., Глебовская Е. А. Основы генетической классификации битумов. — Л., 1964.
3. Вугатjee R. J. Heavy crudes and bitumen categorized to help assess resources, techniques. — Oil and Gas Journal, 1983, 81, N 27, p. 78—82.
4. Khalimov E. M., Klimushin I. M., Ferdman L. I., Goldberg I. S. Geological Problems of Natural Bitumen. — In: XI World Petroleum Congr., Vol. 2, PD 1(5). Bristol, 1984, p. 57—70.
5. Вережкин К. И., Дияшев Р. Н. Классификация углеводородов при выборе методов их добычи. — Нефт. хоз-во, 1982, № 3, с. 31—34.
6. Грибков В. В., Смольняков В. И. Металлические компоненты нефтей и битумов. — В кн.: Закономерности формирования и размещения скоплений природных битумов. Л., 1979, с. 167—176. (Тр. / ВНИГРИ).
7. Нефтебитуминозные породы: Перспективы использования: Мат. Всесоюз. совещ. по комплексной переработке и использованию нефтебитуминозных пород. — Алма-Ата, 1982.
8. Маргос В. Н. Разработка битуминозных песчаников и нефтеносных сланцев за рубежом. — М., 1982. (Сер. Нефтепромысловое дело, вып. 6(130). Обзор. информ. / ВНИИОЭНГ).
9. Мельниченко Н. Г. Состояние и перспективы разработки месторождений битуминозных песчаников и тяжелых нефтей в Канаде. — Нефт. хоз-во, 1980, № 2, с. 58—60.
10. Сургучев М. Л., Вахитов Г. Г., Эпик И. П. и др. Извлечение углеводородов из битуминозных песков и горючих сланцев шахтным способом. — Горючие сланцы, 1984, 1, № 2, с. 199—208.

Представил К. Э. Уров

Поступила в редакцию
7. 03. 1985

Всесоюзный нефтегазовый
научно-исследовательский институт
г. Москва

E. M. KHALIMOV, I. M. KLIMUSHIN, N. I. MESSINEVA

NATURAL BITUMEN RESOURCES IN THE USSR AND PERSPECTIVES OF THEIR DEVELOPMENT

The paper deals with the results of the evaluation of natural bitumen resources in the Soviet Union with regard to the extent of the exploration of their accumulations. The distribution of these resources according to various productive formation characteristics is considered. The status and results of the main methods applied to natural bitumen production and processing in this country and abroad are analysed. The perspectives of the complex use of natural bitumens in the USSR are estimated, which involves producing natural bitumens through the wells on a number of the malthas fields of Tataria (synthetic oil obtaining), the open-pit production of kir in Kazakhstan (used as road-building materials) and mine construction on one of the asphaltite fields in the Orenburg region (metal obtaining).

Oil and Gas Scientific Research Institute
Moscow