

Н. К. НАДИРОВ, А. Е. БРАУН

**РОЛЬ ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ И ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ
В РАСШИРЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ
И ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

Во всем мире все больше внимания уделяется экономии химических и топливно-энергетических ресурсов, особенно таких высококачественных, как нефть и нефтепродукты [1]. Причин этому множество, но главная в том, что мировые ресурсы нефти относительно невелики, особенно в сравнении с запасами других горючих ископаемых, а именно: углей, горючих сланцев и нефтебитуминозных пород (табл. 1) [2].

Таблица 1

Ресурсы ископаемых топлив, млрд. т условного топлива* [2]

Топлива	Ресурсы			
	Доказанные	Вероятные	Прогнозные	Используемые
Жидкие и газообразные топлива				
Обычная нефть	127(3,85)	360(3,04)	487(3,2)	127(14,1)
Сланцевая смола	50(1,51)	720(6,1)	770(5,1)	30(3,3)
Нефть, получаемая из битуминозных песков	50(1,51)	360(3,04)	410(2,7)	30(3,3)
Природный газ	79(2,38)	276(2,32)	355(2,3)	79(8,7)
Итого	306(9,25)	1716(14,5)	2022(13,3)	266(29,4)
Угли				
Твердые угли	2000(60,5)	7728(65,3)	9728(64,3)	493(54,7)
Лигнит	1000(30,25)	2399(20,3)	3399(22,4)	144(15,9)
Итого	3000(90,75)	10 127(85,5)	13 127(86,7)	637(70,5)
Всего топлив	3306(100)	11 843(100)	15 149(100)	903(100)

* В скобках — % к итогу.

В обзорах [2, 3] и других работах рекомендуется для реальной оценки извлекаемых запасов нефти учитывать и то, что из 600 известных осадочных бассейнов разведано уже 400, из них только 160 имеют залежи углеводородов. 120 из 200 частично или полностью неразведанных бассейнов находятся в труднодоступных районах — глубоководных шельфах и зонах вечной мерзлоты. Перспективы же открытия крупных промышленных скоплений нефти на континентах связаны со все большими глубинами (свыше 4—5 км), которые значительно удорожают разведку или вообще недоступны для современных средств глубокого бурения.

В любом случае добыча даже 100 млрд. т из указанных в табл. 1 487 млрд. т мировых прогнозных запасов нефти возможна только при качественно новых средствах и методах разведки и эксплуатации месторождений, позволяющих вести сверхглубокое бурение на континентах (до глубины 10 км и более), в пределах географических границ приконтинентальных шельфов (т. е. в водах глубиной до 400 м), а также извлекать не менее 40% залегающей в пластах нефти (сейчас — не более 25%). Такого скачка в развитии науки и техники в ближайшее время не предвидится, и потому, наверное, правомерно предположение, что даже при самых благоприятных обстоятельствах мировая добыча нефти к 1990 г. вряд ли превысит 3,0 млрд. т/год [2]. Но и в этом случае нельзя исключить возможности резкого ее спада в начале будущего столетия до 2,0—2,5 млрд. т/год, т. е. до уровня 70—80-х гг. XX века.

И дело здесь не только в уровне технической вооруженности. Не менее важно также весьма неравномерное географическое распределение нефтяных запасов в мире, обусловившее деление стран на производителей и потребителей нефти. Сложившаяся ситуация при современных потребностях высокоразвитых стран в химических и топливно-энергетических ресурсах привела к острейшей политической и экономической борьбе вокруг объема добычи и цен на сырую нефть. В результате стоимость нефти и нефтепродуктов за рубежом непостоянна и колеблется от 13 до 32 долларов за баррель (1 баррель=159 л) [4]. Следовательно, есть все основания предполагать, что в будущем потребности в нефтепродуктах придется удовлетворять все более дорогой ценой. В определенной степени это относится и к нашей стране, обладающей крупнейшими в мире доказанными, потенциальными и извлекаемыми запасами нефти.

Некоторые страны, обеспокоенные таким положением, уже приступили к поискам и освоению альтернативных и нетрадиционных источников углеводородного сырья, и в первую очередь нефтебитуминозных пород, вмещающих залежи природных битумов и высоковязких нефтей, а также горючих сланцев и угля. Ресурсы этих полезных ископаемых значительно превышают извлекаемые запасы обычных нефтей [3], а большая часть месторождений располагается на легкодоступных глубинах или даже на дневной поверхности, что существенно облегчает поиск, разведку и эксплуатацию.

Особенно перспективны в качестве дополнительного мощного источника углеводородного сырья природные битумы и высоковязкие нефти. Они известны во многих странах мира, но основная их масса сосредоточена в Канаде, Венесуэле, СССР и США. Так, только разведанные запасы битуминозных песков в Канаде, Венесуэле и СССР могут дать $3 \cdot 10^{11}$ м³ нефти [5], что в три раза больше разведанных мировых нефтяных ресурсов. По другой оценке, доказанные и извлекаемые по современной технологии запасы тяжелых нефтей составляют около 40 млрд. т, а битумов — 80 млрд. т [6—10]. Среди западных стран первое место по добыче тяжелой нефти занимают Венесуэла и США, в то время как на Канаду приходится почти 100% добываемых в мире битумов. Основные битумоскопления сосредоточены там в провинции Альберта, где только на глубинах до 30 м содержится около 11,8 млрд. м³ битумов, а на больших глубинах — втрое больше [5].

Все возрастающий интерес к использованию этих полезных ископаемых проявляют государственные и частные фирмы США. В этой связи интересно проследить, как в США менялась официальная оценка практической значимости природных битумов и высоковязкой нефти за последние 15—20 лет. Так, еще в 1965 г. Министерство горнодобы-

вающей промышленности США оценило запасы нефтебитуминозных песков всего в 0,74 млрд. т [8, 11], указав тем самым на полную бесперспективность их использования. Однако уже к середине 70-х гг. геологическая служба США сообщила, что в 22 штатах страны имеется более 550 залежей нефтебитуминозных песков с общими запасами битумов в 4,9 млрд. т [11—13], что примерно равно оставшимся запасам нефти, извлекаемым обычными способами. По неполным данным тех лет, только в штатах Калифорния, Кентукки, Нью-Мексико, Техас и Юта запасы битумов составляют от 3,75 до 5,19 млрд. м³. На этом основании было высказано предположение, что эксплуатация нефтебитуминозных пород может «существенно ослабить энергетический кризис» в стране [12] и помочь «пережить трудный период до того времени, когда станут использоваться другие источники жидких топлив, такие, как горючие сланцы и уголь» [13].

И наконец, по последним данным, в США насчитывается уже более 1100 залежей тяжелых нефтей и /или битумов (плотностью 934—1000 кг/м³) [8, 11]. При этом их число возросло не столько за счет новых открытий, сколько в результате переоценки ранее не учтенных запасов. В целом же, по официальной оценке, запасы природных битумов и тяжелых нефтей в США на 1983 г. составили 7,24 млрд. т. Одновременно геологическая служба произвела градацию залежей на основные (более 13,7 млн. т) и второстепенные (1,4—13,7 млн. т), указав при этом, что доказанные запасы основных залежей составляют 2,9, а прогнозные — 4,2 млрд. т. Второстепенные залежи дают еще 0,14 млрд. т прогнозных ресурсов.

В нашей стране вопрос о перспективах практического использования нефтебитуминозных пород все еще не решен окончательно и продолжает быть предметом острых дискуссий. Аргументы противников вовлечения этого сырья в народное хозяйство следующие:

1. Колоссальные прогнозные и доказанные запасы нефти и газа в СССР и низкая их себестоимость исключают необходимость включения природных битумов и высоковязких нефтей в число первоочередных объектов разведки и разработки, тем более что доказанные запасы этих нетрадиционных источников углеводородного сырья относительно невелики и разбросаны на большой территории.
2. Отсутствие опыта, недостаточно высокое качество и количество машин, оборудования и прочих средств, несовершенство технологий разведки, разработки месторождений нефтебитуминозных пород и высоковязких нефтей, а также переработки входящих в их состав органических и минеральных компонентов могут обусловить непомерно высокую стоимость полученного сырья, особенно в сравнении со стоимостью «обычной» нефти.
3. Отсутствие в битумах большей части углеводородных компонентов, в значительных количествах содержащихся в нефтях, весьма сужает границы их практического применения в народном хозяйстве, поэтому они пригодны разве что для строительства автодорог.

Серьезность высказанных выше соображений очевидна, и потому их опровержение требует обстоятельного анализа, результаты которого изложены ниже.

Изучение условий залегания и закономерностей размещения битумскоплений за последние 10—15 лет проводилось разными научными и производственными коллективами практически во всех нефтегазоносных бассейнах СССР. Установлено, что залежи битумов чрезвычайно широко развиты по всему осадочному чехлу — от верхнепротерозойских до современных отложений [14]. Как правило, они сопутствуют зонам промышленного нефтенакпления (что свидетельствует об

их генетическом единстве с залежами нефтей) и тяготеют к краевым частям осадочных бассейнов, крупным несогласиям и зонам развития дизъюнктивной тектоники [6—10, 15, 16].

По условиям залегания описано четыре основных типа залежей природных битумов: пластовый, линзовидный, жильный и поверхностный, — но преимущественное развитие в том или ином регионе получают только некоторые из них. Например, в Казахстане битумо-накопление осуществлялось в основном двумя путями.

Первый — это кирообразование [17, 18], возникающее в результате активизации локальных куполоформирующих движений, способствующих разгерметизации ранее образовавшихся залежей и вертикальному перетоку нефти, которая, достигнув дневной поверхности, способна пропитывать рыхлые осадки, постепенно превращая их в кiry. Часть кировых бугров (Мунайлы, Беке, Талдысай) была известна еще в начале века, остальные представляют собой свежие закиривания (Карашунгыл, Алимбай, Шубаркудук и др.) [18]. В Казахстане подобные проявления битумов промышленного значения не имеют, а на Сахалине (Большое Охинское озеро), в Канаде и некоторых других районах этот тип битумообразования — основной.

Второй путь — поэтапная деградиация нефти в пластах. Вначале нефть теряет легкие фракции и подвижность (мальто- и асфальтообразование), а затем превращается в асфальтиты и кериты в результате выхода (обусловленного тектоническими подвижками) нефтебитуминозных пород на дневную поверхность и разгерметизации ловушек [16—18]. По этой схеме образовалась большая часть промышленных залежей и проявлений природных битумов, выявленных в надсолевых отложениях Прикаспийской впадины (Иманкара, Мортук, Карамурат, Копа, Донгелексор, Алашаказган и др.), Мангышлака (Тобеджик, Жангурши, Бельтуран и др.) [15, 16], а также в пределах Сибирской платформы, Тимано-Печорской провинции, Волжско-Камской антеклизы и т. д. [14].

Очевидно, что каким бы путем ни шло образование залежей тяжелых нефтей и битумов, все они являются деградированными аналогами обычных нефтей, прошедшими более длительный и глубокий путь химической эволюции.

Рассматривая вопрос о ресурсах природных битумов в различных регионах нашей страны, следует отметить, что большинство авторов ([14, 19] и др.) убеждены в приуроченности основных битумоскоплений к терригенно-карбонатным формациям древних платформ, степень изученности которых далеко не одинакова, что существенно влияет на оценку прогнозных и разведанных запасов. Может быть, именно поэтому считается, что наиболее крупные прогнозные (7 млрд. т) и разведанные (608,6 млн. т) запасы битумного сырья сосредоточены в относительно хорошо опосредованной Волго-Уральской провинции. Второе место по прогнозным запасам битумов занимает Восточная Сибирь, где даже по весьма приблизительной оценке их содержится не менее 2,5 млрд. т, а всего разведано 15,2 млн. т [19]. Несколько лучше обстоит дело с разведкой в Тимано-Печорской провинции, в пределах которой имеется 215 млн. т доказанных запасов, а величина прогнозных (1 млрд. т) явно занижена, так как здесь в пределах Талотинского района уже выявлена новая мощная (около 100 м) толща доломитов нижнекаменноугольного возраста, интенсивно пропитанных битумом [14].

Насколько приблизительны прогнозные оценки запасов природных битумов, хорошо видно на примере Западного Казахстана, где еще пять лет назад было известно около 50 проявлений и месторождений природных битумов [14—16, 19] с суммарными прогнозными запаса-

ми от 125 [20] до 325 [19] млн. т и доказанными — в 14,7 млн. т. Однако начатые в 1980 г. по инициативе Академии наук КазССР и Минавтодора КазССР комплексные исследования нефтебитуминозных пород с целью оценки перспективы их использования в народном хозяйстве [20—23] показали, что в пределах казахстанской части Прикаспийской и Северокавказско-Мангышлакской нефтегазобитумоносных провинций имеется около 100 месторождений и проявлений природных битумов, из которых с той или иной детальностью изучены только восемь. Соответственно возросла и величина прогнозных запасов, которые в целом, по мнению авторов [16], превышают 800 млн. т, составляя для Мангышлака более 500 и для Прикаспийской впадины свыше 250 млн. т. Причем эти величины не окончательны и в ближайшее время могут существенно возрасти за счет увеличения на известных месторождениях глубины бурения до 150—200 м, включения в оцениваемые запасы пород с битумонасыщенностью менее 10%, а также в результате открытия новых месторождений.

Рассматривая вопрос о приросте запасов нефтебитуминозных пород в Казахстане и в целом по стране, нельзя обойти молчанием генетическую и физико-химическую близость обычных нефтей и битумов. Последняя настолько очевидна, что до сих пор не разработана единая классификация таких понятий, как обычная, тяжелая, сверхтяжелая (высоковязкая) нефть и битумы. Не вдаваясь в подробности и дискуссионные моменты этой проблемы, необходимо указать, что существует два принципиально различных метода оценки состояния нафтидов.

Первый отражает точку зрения специалистов государственных и частных компаний США, Канады, Венесуэлы, Франции и ФРГ, а также Института при ООН. В соответствии с этими представлениями, специалисты французской фирмы CFP (Total) разработали и в 1982 г. на XI Международной конференции по тяжелым нефтям и битумам в Каракасе (Венесуэла) предложили свою классификацию (табл. 2) [10]. Она основывается на такой особенности нефти, как ее свойство при вязкости 10 Па · с терять вязкость и превращаться в полужастывший продукт — битум. Разграничение тяжелой и обычной нефтей в данном случае оказывается весьма условным, так как для этого фирма рекомендует тот предел, за которым обычно начинаются осложнения при добыче и возрастает себестоимость нефти, извлекаемой обычными методами разработки нефтяных пластов. Еще менее обоснован во французской схеме подход к разделению нефтей на легкие, обычные и тяжелые. Поэтому для практической цели авторы предложили все нефти разделить на три типа, а тяжелые — дополнительно на три класса.

Классификация тяжелых нефтей [10]

Таблица 2

Типы и классы нефтей	Плотность при 15°С		Вязкость, МПа · с	
	Град. АНИ	кг/м ³	37,8 С (100° F)	100 С (212° F)
Обычная нефть	25	904	—	—
Промежуточная нефть	25—20	904—934	—	—
Тяжелая нефть I	20—15	934—966	100—1200	11,5—42
Тяжелая нефть II	15—10	966—1000	800—1500	32—47
Тяжелая нефть III	10	1000	1300—1500	44—170

По этой классификации все природные битумы Казахстана, Сибирской платформы, Волго-Уральской, Тимано-Печорской и других провинций, как и следовало ожидать, попадают во II и III классы тяжелых нефтей. Но наряду с ними в I и II классах тяжелых нефтей оказываются:

1. Отдельные пласты, горизонты и залежи тяжелых нефтей практически всех нефтяных месторождений надсолевого и частично подсолевого (Кумшеты, Биикжал, Арансай, Вобоба и др.) комплексов Прикаспийской впадины [24—26].

2. Остаточные, неизвлекаемые вторичными методами нефти старых нефтяных месторождений Южно-Эмбенского района Прикаспийской впадины, Азербайджана, Предкавказья и т. д.

3. Проявления и месторождения высоковязких нефтей, большое число которых известно в Прикаспийской впадине (Караарна, Теренюзек, Кокжиде, Кумсай, Подмортук, верхние залежи Кенкияка и т. д.), на Бузачинском полуострове (Каражанбас, Северные Бузачи, Жалгиз-Тобе), в Азербайджанской ССР (Балхан-Сабунчи-Романы, Чеселдере, Умбаки и др.), в Коми АССР и Ненецком национальном округе (Северо-Сорокинское, Ярегское и др.). Свойства этих нефтей таковы, что вполне рентабельные (по запасам) для эксплуатации месторождения (напр., Кумсай) [15] часто относят к забалансовым, хотя их можно разрабатывать, например, шахтным способом [24]. Все эти разновидности сырьевыми аналогами природных битумов и должны учитываться при оценке запасов последних. С учетом этого, только в Казахстане ресурсы рассматриваемых полезных ископаемых могут значительно превысить 1 млрд. т.

Возвращаясь к вопросам классификации природных битумов и нефтей, следует отметить, что в нашей стране, несмотря на отсутствие единых представлений, наибольшим признанием пользуется схема [17, 18], отражающая не физические свойства эпинафтидов, а генетические линии битумогенеза, а также состав и физико-химические свойства самих битумов. В этой классификации основная генетическая линия эпинафтидов — гипергенная, а наиболее широко распространенные представители этого ряда — высоковязкие нефти, мальты, асфальты, асфальтиты. Характерным диагностическим признаком нафтидов является содержание масляной фракции: битумы, содержащие более 65% масляной фракции, относятся к нефтям, от 40 до 65% — к мальтам, от 25 до 40% — к асфальтам. При более низком содержании масляной фракции растворимый в хлороформе битум диагностируется как асфальтит.

В соответствии с этой градацией, в большинстве нефтегазо- и битумоносных провинций мелкие и промышленные залежи тяжелых нефтей, тяжелых нефтяных остатков и битумоскопления представляют собой тяжелые (высоковязкие) нефти, мальты, асфальты и — реже — асфальтиты. Некоторое исключение составляют битумы Сибирской платформы, подвергшиеся более глубокому субаэральному выветриванию и превратившиеся вследствие этого в асфальтиты, оксикериты и даже гуминокериты [17, 18]. Отмечая достоинства этой классификации, мы, вслед за ее авторами, должны констатировать, что хотя для установления класса битумов она вполне пригодна, но для полноценной диагностики и генотипии эпинафтидов ее необходимо сочетать с современными геолого-геохимическими и физико-химическими исследованиями, в первую очередь с молекулярной спектроскопией.

Попытка разработать комплексную методику изучения состава и свойств минеральной и органической составляющих нефтебитуминозных пород с целью установления химико-генетической природы и уровня гипергенной деградации природных битумов предпринята и учеными АН КазССР [27]. С ее помощью осуществлена геохимическая оценка битумного сырья на территории Мангышлака и Прикаспийской впадины и установлена неравномерная насыщенность битумами (от 1—2 до 80%) коллекторов в продуктивных толщах месторождений.

Вследствие этой неравномерной насыщенности в них встречаются как интенсивно пропитанные жидкими, полужидкими или твердыми битумами целые пачки коллекторов и отдельные пласты и прослой, так и пятна и прожилки битумов внутри пластов и пропластков. Причины неоднородности продуктивной толщи и варьирования консистенции битумов далеко не однозначны. В частности, мы уже отмечали тесную пространственную и генетическую взаимосвязь процессов битумоаккумуляции с тектоническим фактором. Не менее важную роль играет и биодегградация, так как ферментативное окисление нефтей и мальт микроорганизмами приводит к уменьшению их объема в поровом пространстве пород и возникновению асфальтов, характеризующихся пониженной концентрацией масел и высокой — гетероэлементов, особенно серо- и кислородсодержащих [16].

Глубокие физико-химические и микробиологические исследования однозначно доказали существенную химическую неоднородность казахстанских битумов, иногда даже в пределах единой залежи. Однако по соотношению углеводородных и гетероатомных компонентов битумы относительно легко подразделяются всего на четыре (IV—I) химико-спектральных типа, закономерно сменяющих друг друга при прогрессирующей окислительной дегградации отдельных пластов, залежей и месторождений в целом.

Микробиологическими и геохимическими исследованиями доказано [16], что дегградационными процессами наименее затронуты битумы IV типа, среди гетерокомпонентов которых преобладают сложные эфиры и некоторые другие кислородсодержащие соединения. На следующем этапе биодегградации мальт образуются битумы III и II типов. Первый из них характеризуется относительно широким развитием нафтенов и аренов, второй — чрезвычайно высокой концентрацией алифатических и — частично — циклических нефтяных кислот и сульфоксидов. I тип битумов наиболее преобразован, так как в нем отсутствуют практически все низко- и среднекипящие компоненты углеводородных и гетероатомных соединений во фракциях смол.

В этой связи большую практическую значимость приобретает то, что в изученных месторождениях развитие битумов с высокой концентрацией сульфоксидов, нефтяных кислот, эфиров и циклических углеводородов (IV—II типы) примерно соответствует развитию битумов I типа. При этом IV—II разновидности описанных эпинафтидов, являясь более или менее преобразованными продуктами гипергенной дегградации парафино-нафтеновых и нафтеновых нефтей средней плотности, обладают одной характерной особенностью, а именно — низким содержанием асфальтенов, которых даже в битумах I типа часто меньше 18%. Поэтому без дополнительной переработки такие органические вяжущие могут быть использованы только при строительстве дорог низких технических категорий [28]. Доказано [29], что доведение природного битума до необходимых в дорожном строительстве кондиций требует извлечения из битумонасыщенных пород органической части и последующей ее переработки методом окисления кислородом воздуха или разжижением нефтепродуктами до получения жидких органических вяжущих, что далеко не всегда рационально и экономично.

Итак, природные битумы Западного Казахстана представляют собой относительно низкосортное сырье для дорожного строительства, которое не всегда может быть рекомендовано к применению в этой отрасли народного хозяйства. Однако это не снижает их ценности как сырья для других отраслей промышленности. Так, битумы IV, III и особенно II типа, имеющие высокие концентрации кислот, сульфоксидов (до 5—10% и более) и эфиров, весьма перспективны и могут с высоким коэффициентом экономии использоваться в качест-

ве эмульгаторов и деэмульгаторов при обезвоживании нефти, получении эмульсионных масел, пластификаторов полиэфирных смол, в гидромелиоративных и электроизоляционных работах, в лакокрасочной промышленности. Особенно ценным сырьем они, по-видимому, могут стать в гидрометаллургии, которая остро нуждается в сульфидных и сульфоксидных экстрагентах для извлечения из кислых сред редких и благородных металлов (Pd, Au, Ag и т. д.), а также солей ниодима. Пока что сульфиды и сульфоксиды извлекаются только из нефти, причем с очень большими трудовыми и финансовыми затратами, поскольку их концентрации в нефтях чрезвычайно низки (от следов до сотых долей процента) [30, 31].

В тех же разновидностях битумов довольно часто отмечаются повышенные содержания цикланов и аренов, которые могут успешно заменить изопарафины — сырье для производства олефинов. Доказано, что при пиролизе тяжелых ароматических нефтей и битумов олефинов образуется гораздо больше, чем из изопарафинов обычных нефтей. Более того, при пиролизе тяжелых ароматических нефтей и битумов получают такие побочные продукты, как бензол, циклопентан, циклопентадиен, изопрен, стирол и т. д., причем их себестоимость должна быть в 1,5—2,0 раза меньше, чем при выработке традиционными способами из нефти [20—23].

Природные битумы могут использоваться также для производства синтетической нефти, моторных топлив и других нефтепродуктов. И наконец, по сравнению с обычными нефтями, зольные компоненты тяжелых биогенно-окисленных нефтей и битумов, как правило, обогащены редкими и рассеянными элементами (V, Ni, Co, Cr, Mo, Sc, Cs, Ge и др.), иногда в промышленных концентрациях.

Все это позволяет утверждать, что тяжелые нефти и битумы представляют собой очень ценное и совершенно специфическое химическое и топливно-энергетическое сырье. Они резко отличаются от нефтей качественным составом и концентрацией основных гетероатомных и углеводородных компонентов и поэтому требуют новых технологий и средств добычи, транспортировки, складирования и переработки.

В мировой практике известны следующие методы разработки месторождений природных битумов:

1. Карьерные. Породу, содержащую битум, извлекают из залежи открытым способом. Битум получают путем наземной переработки породы и используют его для производства синтетической нефти. Применение карьерных методов целесообразно при неглубоком залегании битуминозных пород.
2. Шахтный. Месторождение разрабатывается дренажными и термическими способами. Битум добывается из скважин, пробуренных непосредственно в шахте.
3. Скважинный. Битум добывается через пробуренные с поверхности скважины после воздействия на пласт закачанным в скважины паром или внутривластным горением.

Наибольшие масштабы освоения битуминозных пород и промышленного получения из них синтетической нефти отмечаются в Канаде, где на базе месторождения битумов в Атабаске с 1967 г. действует крупный промышленный комплекс по выработке синтетической нефти и специальных масел. Там построено несколько заводов из двадцати, рассчитанных на производство 125 млн. т нефти в год. На этом месторождении опробывается также технология внутривластного влажного горения. Особенностью проекта является предварительный разогрев пласта в течение года. Прогнозная нефтеотдача оценивается в 50%, расход битума на поддержание процесса горения составляет 7% [32].

Промышленная разработка месторождений тяжелых нефтей и нефтебитуминозных пород осуществлялась также в США [33], Франции, ФРГ, Румынии и Японии [34]. Определенный опыт добычи этих полезных ископаемых имеется и в нашей стране [3].

В 1971—1975 гг. в ТатНИПИнефти и других организациях проводились эксперименты и опытно-промышленные работы по вытеснению битумных нефтей паром, водой, растворителями и внутрипластовым горением [3, 35]. Установлено, что для месторождений, залегающих до глубины 400 м и содержащих до 20—25% битумов, себестоимость 1 т битума, полученного в результате закачки пара в скважины, составит 24 руб. при сетке скважин 50×50 м и 18 руб. при сетке скважин 100×100 м, а при внутрипластовом горении — 23 и 16 руб. соответственно.

При очистной карьерной выемке песчаников себестоимость 1 т битумов может возрасти и до 29 руб., но при использовании проэкстрагированных песков в качестве строительных материалов (силикатный кирпич и керамзитобетон) она уменьшится до 10 руб. Еще дешевле добыча шахтными методами тяжелых и остаточных нефтей (с остаточными запасами 7 млн. т), так как их стоимость составит 10 руб./т при коэффициенте нефтеотдачи 0,7—0,8 [36]. Необходимо также отметить, что шахтный и карьерный способы разработки битумосодержащих пород даже при неблагоприятных геологических условиях выгоднее добычи угля в 1,7—2,5 раза [36, 37].

Есть еще один путь удешевления себестоимости битумного сырья. Он связан с поиском и разработкой конструкций машин и механизмов, в том числе для карьерной и шахтной разработки месторождений. Так, специалисты АН КазССР предложили использовать в карьерах экскаваторы-драглайны собственной конструкции и разработали на уровне изобретения комплекс добычных транспортных и вспомогательных машин на базе шасси на воздушной подушке. Внедрение этих устройств позволит, по мнению авторов, вдвое увеличить производительность карьеров, на 20% снизить коэффициент вскрыши и на 22,5% уменьшить себестоимость 1 т нефтебитуминозных пород.

Первоочередные проблемы промышленной утилизации природных битумов связаны с необходимостью изыскания технологически простого и экономичного способа извлечения органических веществ из нефтебитуминозной породы. Для решения этой задачи в различных странах используются экстракция бензолом, пиридином, сероуглеродом и иными растворителями, вымывание органической массы с помощью горячей воды или перегретого водяного пара и другие методы [12, 38—41]. По данным канадских фирм, наиболее рентабельны методы паровой инжекции [38] и вымывания водой [40], позволяющие извлекать от 91 до 99% «битумной» нефти по цене 15—20 долларов за баррель. Они также считают, что более экономично создавать не крупные перерабатывающие установки, особенно вблизи небольших залежей. Другим путем пошла фирма «Америкэн эксплорэйшн энд мэнэджмент», которая на оригинальной установке собственного изготовления извлекает органическими растворителями нефть по цене 17—18 долларов за баррель [40].

Известный опыт накоплен и в нашей стране. Так, нефтяники Татарии считают, что извлечение природных битумов органическими растворителями более рационально, поскольку ароматические галогенуглеводородные растворители (напр., бензин «галoша») экстрагируют до 85% высоковязких нефтей и битумов [35] с более низкими энергозатратами (10% от теплосодержания извлеченного битума), чем при водной выварке (18%).

Технологически простые и экономичные способы извлечения биту-

мов из породы ищут ученые АН КазССР. Там разработаны методы экстракции битумов различными растворителями (бензолом, пиридином, сероуглеродом и др.), горячей водой и перегретым паром, а также предложен для внедрения оригинальный способ получения углеводородного сырья — мягкое термическое воздействие на сырой органоминеральный материал [16, 20—23]. Этот процесс назван термokatалитическим, так как глинистые и другие минералы битуминозных пород неизбежно оказывают каталитическое влияние на протекание реакции. Получаемые при термодеструкции газообразные продукты (этилен, пропилен, бутиден), по мнению создателей установки, могут служить сырьем для получения полимеров, дистилляты — для производства высококачественных топлив, а песок, остающийся после терморекирования, можно использовать как высококачественный строительный материал.

Особенно труден вопрос о направлениях переработки извлеченной из нефтебитуминозных пород синтетической нефти. Предлагается два варианта. Первый — использование «битумной» нефти в качестве сырья, способного заменить обычную нефть или продукты ее переработки, — получил преимущественное развитие за рубежом, где только в Канаде такой нефти ежегодно вырабатывается 9 млн. т, причем по цене более низкой, чем цены на сырую нефть. В СССР переработка тяжелой битуминозной нефти — в расчете как на единицу сырья, так и на единицу товарной продукции — требует пока более высоких затрат [42]. Однако большая потребность в котельном топливе, нефтяном коксе, дорожных битумах, гидроизоляционных и строительных битумных эмульсиях, дефицит которых все более возрастает в связи с внедрением безотходной переработки обычной нефти, делает «битумную» нефть весьма ценным продуктом.

Доказано, что экономичу переработки битумного сырья резко улучшает возможность комплексного использования в народном хозяйстве содержащихся в нем компонентов: углеводородных, гетероатомных и т. д. Сера, извлекаемая из битумов, имеет себестоимость 50—55 руб./т, а такие органические соединения, как кислоты, эфиры, сульфоксиды [16] и некоторые металлы (V, Co, Cs, Ge и др.) [19, 36], стоят еще дороже. Поэтому в Советском Союзе более перспективным может оказаться второй вариант технологической схемы переработки природных битумов и высоковязких нефтей — последовательное извлечение из них продуктов, наличие которых определяется химическим составом этих полезных ископаемых, и использование их в соответствии с потребностями народного хозяйства.

Не исключено, что по мере развития промышленности оба этапа сольются в единую комплексную технологическую схему переработки битумного сырья [43], и это значительно улучшит его технико-экономические показатели, которые уже сегодня ставят природные битумы, высоковязкие нефти и тяжелые нефтяные остатки в один ряд с основными источниками химических и топливно-энергетических ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинина А. А. Горючие сланцы в структуре перспективного энергетического баланса Коми АССР. — Горючие сланцы, 1984, 1, № 2, с. 113—118.
2. Petrol. Economist (Gr. Brit.). — 1980, N 11, p. 479—483.
3. Сургучев М. Л., Вахитов Г. Г., Эпик И. П., Машин В. И., Гуров Е. И., Табаков В. П. Извлечение углеводородов из битуминозных песков и горючих сланцев шахтным способом. — Горючие сланцы, 1984, 1, № 2, с. 199—208.

4. Chem. Eng., 1978, 85, N 19, p. 67—69.
5. Science, 1980, 207, N 4436, p. 1191—1192.
6. *Bestougeff M., Burollet P. F., Byramjee R. I.* Heavy crude oils and their classification. — In: Proc. 2nd Intern. Conf. on heavy crude and tar sands, 1982.
7. *Byramjee R. I.* Heavy crudes and bitumen categorized to help assess resources, techniques. — Oil and Gas J., 1983, 81, N 27, p. 78—82.
8. Lewin study hikes estimate of U.S. tar sands resource. — Oil and Gas J., 1983, 81, N 35, p. 22.
9. System urged for crude type, reserves. — Oil and Gas J., 1983, 81, N 36, p. 70.
10. *Быков В. Ф.* Вопросы классификации тяжелых нефтей и битумов. — Нефтегазовая геология и геофизика. : Экспресс-информ., 1984, № 12, с. 9—12.
11. *Зарецкая Н. В.* Новая оценка ресурсов битуминозных песков в США. — Нефтегазовая геология и геофизика. : Экспресс-информ., 1984, № 11, с. 8—11.
12. *Каппс К. К., Марчант Л. К., Стосур Дж. Дж.* Перспективы разработки месторождений битуминозных песков в США. — Нефть, газ и нефтехимия за рубежом, 1979, № 9, с. 23—26.
13. Science, 1980, 207, N 4436, p. 1191—1192.
14. *Аксенов А. А., Жабрева П. С., Бабалян Г. Г. и др.* Условия залегания и закономерности размещения природных битумов на территории СССР. — В кн.: Нефтебитуминозные породы: Перспективы использования: Мат. Всесоюз. совещ. по комплексной переработке и использованию нефтебитуминозных пород. Алма-Ата, 1982, с. 15—20.
15. *Иванов О. В., Трохименко М. С.* О перспективах поисков альтернативных источников углеводородного сырья в надсолевых отложениях Прикаспийской впадины. — Там же, с. 21—25.
16. *Надилов Н. К., Браун А. Е., Трохименко М. С. и др.* Нефтебитуминозные породы Казахстана: Проблемы и перспективы. — Алма-Ата, 1985.
17. *Успенский В. А., Радченко О. А., Глебовская Е. А. и др.* Основные пути преобразования битумов в природе и вопросы их классификации. — Тр. / ВНИГРИ. Л., 1961, вып. 185, с. 315;
Успенский В. А., Радченко О. А., Глебовская Е. А. Основы генетической классификации битумов. — Тр. / ВНИГРИ. Л., 1964, вып. 230, с. 266.
18. *Радченко О. А., Успенский В. А.* Генетические типы битумов и условия их образования. — В кн.: Закономерности формирования и размещения скоплений природных битумов. Л., 1979, с. 32—51. (Тр. / ВНИГРИ).
19. *Гольдберг И. С.* Происхождение битумов и закономерностей формирования их месторождений. — В кн.: Нефтебитуминозные породы ..., с. 48—54.
20. *Надилов Н. К.* Перспективы переработки и использования тяжелых нефтяных остатков в Казахстане. — В кн.: Проблемы переработки тяжелых нефтей : Мат. V Респ. науч.-техн. конф. по нефтехимии. Алма-Ата, 1980, с. 10—20.
21. *Надилов Н. К.* Нефтебитуминозные породы и перспективы их использования. — В кн.: Нефтебитуминозные породы ..., с. 5—10.
22. *Надилов Н. К., Терварганов М. А., Елькин В. Н. и др.* Тяжелые нефти и природные органические вяжущие. — Алма-Ата, 1983.
23. *Надилов Н. К.* Нефть: вчера, сегодня, завтра. — Алма-Ата, 1983.
24. *Липагова В. В., Светлакова Э. А., Трохименко М. С.* Местоскопление твердых битумов и высоковязких нефтей в юго-восточной части Прикаспийской впадины. — Нефтегазовая геология и геофизика. : Экспресс-информ., 1980, № 4, с. 7—10.
25. *Надилов Н. К., Уразгалиев Б. У. и др.* Подсолевые нефти Прикаспийской впадины. — Алма-Ата, 1983, с. 320.
26. *Надилов Н. К., Уразгалиев Б. У.* Новые нефти Западного Казахстана. — В кн.: Химический состав нефтей и нефтепродуктов : Тез. докл. Всесоюз. конф. Тбилиси, 1984, с. 9.
27. *Браун А. Е., Фадеев В. А., Шлыгин Д. А. и др.* Изучение органиче-

- ской и минеральной составляющих битуминозных пород, битумов и нефтей с помощью физико-химических методов. — В кн.: Нефтебитуминозные породы ..., с. 138—141.
28. Терварганов М. А., Рацен З. Э., Стрельникова В. Я., Елькин В. Н. Перспективы использования битуминозных пород Западного Казахстана для нужд дорожного строительства. — В кн.: Проблемы переработки тяжелых нефтей. Алма-Ата, 1980, с. 299—303.
 29. Елькин В. Н., Гохман Л. М., Стрельникова В. Я. и др. Использование в дорожном строительстве Казахстана местных органических вяжущих, полученных на основе окисления тяжелых нефтей. — Там же, с. 322—329.
 30. Камьянов В. Ф., Аксенов В. С., Титов В. И. Гетероатомные компоненты нефтей. — Новосибирск, 1983, с. 240.
 31. Ляпина Н. К. Химия и физико-химия сероорганических соединений нефтяных дистиллятов. — М., 1984, с. 120.
 32. Освоение скоплений природных битумов — резервуар увеличения нефтяных ресурсов. — М., 1981, с. 16 (Обзор. информ. / ВНИИОЭНГ, Сер. Нефтегазовая геология и геофизика).
 33. Heavy oil technology developed. — Oilweek, August, 13, 1979, 30, N 27, p. 22.
 34. Опыт разработки месторождений шахтным способом. — М., 1965, с. 65—72. (Темат. науч.-техн. обзоры. Сер. Добыча).
 35. Старшов М. И., Газизулин Р. Г., Старшов И. М. Извлечение высоковязких нефтей и природных битумов. — Изв. вузов. Сер. Нефть и газ, 1980, № 5, с. 50—53.
 36. Воцалевский Э. С., Грибков В. В., Гольдберг И. С. и др. Перспективы комплексного использования природных битумов и высоковязких нефтей Западного Казахстана. — В кн.: Нефтебитуминозные породы ..., с. 43—47.
 37. Алтаев Ш. А., Тумаков В. А., Мухтаров Т. М. и др. О способах и средствах разработки битуминозных пород Западного Казахстана. — Там же, с. 73—76.
 38. Oilweek, 1979, 30, N 1, p. 108.
 39. Oilweek, 1979, 30, N 26, p. 42.
 40. Western oil Reporter, 1980, 37, N 8.
 41. Зенинский А. М. Вопросы экономики использования битуминозных пород. — В кн.: Нефтебитуминозные породы ..., с. 54—57.
 42. Сюняев З. И., Гун Р. Б., Гурьев А. А., Печеный В. Г. О переработке высоковязких нефтей из битуминозных пород. — Там же, с. 34—40.

Академия наук Казахской ССР
г. Алма-Ата

Поступила в редакцию
28. 12. 1984

N. K. NADIROV, A. E. BRAUN

NATIVE BITUMENS AND HIGH-VISCOUS OILS AS POTENTIAL CHEMICAL AND FUEL SOURCES

This paper discusses alternative chemical and fuel sources. It has been established that native bitumens and high-viscous oils may serve for this purpose. These mineral resources have attracted specialists attention in our country and abroad for their large reserves, interesting chemical composition and compatibility with oil with respect to costs of prospecting, production and processing.

In this work, analysis of the current knowledge of methods and means of prospecting, production and processing of the above mineral resources is presented and their world and native reserves are estimated. Much attention is being paid to the problems of their complex use in different branches of national economy.

Academy of Sciences of the Kazakh SSR
Alma-Ata